

FY-3 250 m 分辨率数据的华北平原冬小麦提取

樊香所^{1,2}, 许文波¹, 范锦龙²

1. 电子科技大学 资源与环境学院, 四川 成都 611731;

2. 国家卫星气象中心, 北京 100081

摘 要: 冬小麦是中国最主要的粮食作物之一, 利用遥感技术提取冬小麦种植区是遥感应用研究的一个重要方向。2008 年以来发射的系列风云三号(FY-3) 卫星均携带着中分辨率光谱成像仪(MERSI), 该传感器有 5 个 250 m 分辨率的波段, 波段范围包括可见光、近红外和热红外, 观测数据包含丰富的地表信息, 为大范围冬小麦种植区提取提供了新的数据源。首先, 选取生长季前期多幅高质量的 MERSI 数据, 采用分层提取的方法, 对于不同的层次选用与待提取类别最为敏感的特征波段来构建相应的决策树, 从而将每一幅影像中冬小麦种植区提取出来, 然后, 将多幅数据融合为一幅生长季内的冬小麦种植区图。最后, 使用野外实地调查的数据进行精度验证, 面积提取精度为 90.8%。结果表明, 在春季返青后, 即可做出当季冬小麦种植分布图, 为农情监测提供及时的信息支撑。

关键词: 冬小麦, 分层提取, MERSI, 决策树, FY-3

中图分类号: S127 **文献标志码:** A

引用格式: 樊香所, 许文波, 范锦龙. 2015. FY-3 250 m 分辨率数据的华北平原冬小麦提取. 遥感学报, 19(4): 586–593

Fan X S, Xu W B and Fan J L. 2015. Mapping winter wheat growing areas in the North China Plain with FY-3 250 m resolution data. Journal of Remote Sensing, 19(4): 586–593 [DOI: 10.11834/jrs.20154135]

1 引 言

冬小麦是中国主要粮食作物之一, 主产区在中国华北平原。及时掌握华北平原的冬小麦种植分布情况, 对于宏观指导农业生产、合理采取农作物管理措施有重要的现实意义。遥感监测冬小麦是独立于农业统计报表和抽样调查法的一种技术手段, 逐渐成为国家农情监测的核心技术途径(梅安新等, 2001)。

冬小麦种植区监测是遥感科学关注的重要课题。最近几年, 研究人员多使用中分辨率 MODIS 数据开展冬小麦遥感监测研究。景毅刚等人(2010)采用 3 月、5 月、6 月 NDVI 的变化建立提取模型来获取冬小麦种植面积, 精度达到 91% 以上。杨小唤等人(2004)利用 3 月中旬到 8 月中旬不同作物的 NDVI 变化规律来获取多种作物种植面积, 总体精度达到 95% 以上。邹金秋等人(2007)利用 5 月与 10 月增强型植被指数(EVI)的差值提取冬小麦种植面积, 总体误差和平均误差均小于 5%。

自 2008 年以来, 中国也开始向用户提供自主的中分辨率卫星数据。风云三号(FY-3) 卫星上携带的 MERSI 传感器可以获取 5 个波段空间分辨率为 250 m 的数据, 波段范围包括可见光、近红外和热红外, 观测数据包含丰富的地表信息, 为大范围冬小麦种植区提取提供了新的数据源。

为了探究 MERSI 数据在农作物种植信息提取中的应用价值, 采取有别于上述研究的技术策略, 避开春季冬小麦生长中后期与其他农作物、果园等绿色植被易产生光谱混合的问题, 本文利用冬天和春季早期获取的 MERSI 数据, 在冬小麦春季返青之后不久即开始提取华北平原冬小麦种植分布。利用自主卫星数据方便快捷的获取和处理能力, 经过预处理后, 优选出冬小麦生长季前期多幅质量好的数据, 采用分层提取的方法, 对于不同的层次选用与待提取类别最为敏感的特征波段来构建相应的决策树, 从而提取出每一幅影像的冬小麦种植区, 然后将多幅数据融合为一幅生长季内的冬小麦种植区分布图, 即用于指导当季农业生产管理。

收稿日期: 2014-06-10; 修订日期: 2015-02-11; 优先数字出版日期: 2015-02-18

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41271429); 国家高技术研究发展计划(863 计划)(编号: 2012AA12A30705)

第一作者简介: 樊香所(1989—) 男, 硕士研究生, 主要从事遥感图像处理研究。E-mail: ffxs@163.com

通信作者简介: 范锦龙(1975—) 男, 副研究员, 主要从事地球观测研究, 已发表论文 20 余篇。E-mail: fanjl@cma.gov.cn

2 研究区及数据

2.1 研究区概述

研究区位于华北平原,跨越北京、天津、河北、河南、山东、安徽和江苏 7 个省市,介于 110°15'E—122°78'E 和 31°30'N—40°30'N。北抵燕山,南达大别山,西倚太行山-伏牛山,东临渤海和黄海。该区域地势平坦,土壤类型主要为黄潮土,土壤耕性良

好,含有丰富的矿物养分,能为作物种植提供足够的养分。农作物的种植结构比较固定,两熟模式主要为冬小麦—夏玉米—冬小麦,一熟模式主要为春玉米和棉花。华北平原冬小麦种植面积和产量约占中国的 50% 左右,全年种植面积较大的农作物中夏收作物主要有冬小麦,秋收作物主要有春玉米、夏玉米和棉花等,其中冬小麦完整物候期经历出苗、分蘖、越冬、返青、起身、拔节、孕穗、扬花、灌浆和成熟期(张佳华等 2013)。研究区如图 1 所示。

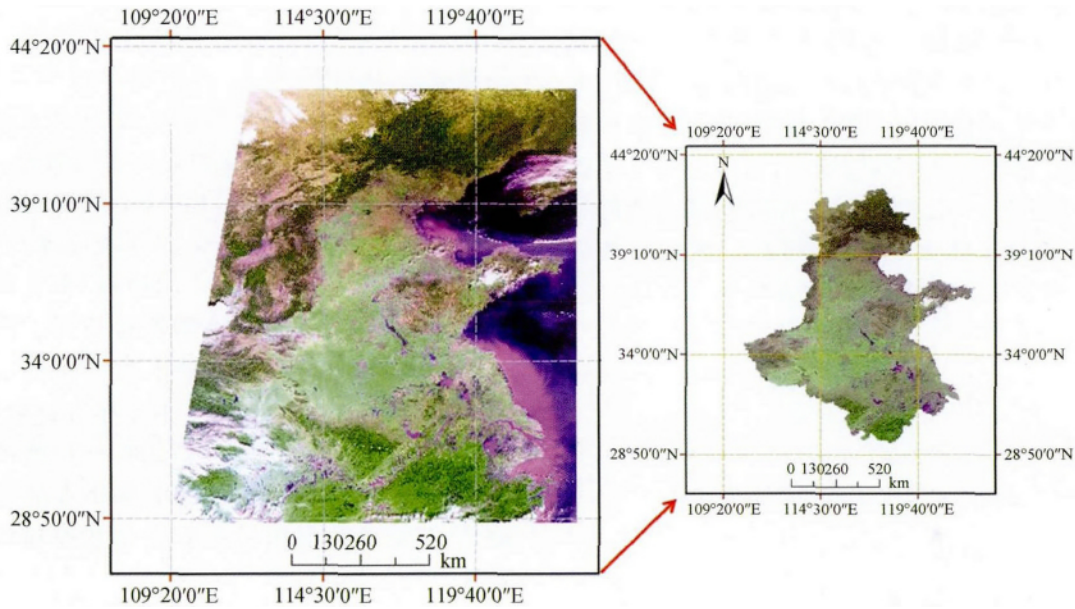


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Location of study area in China

2.2 遥感数据及预处理

本文使用 FY-3 250 m 分辨率的 MERSI 数据,从国家卫星气象中心数据存储服务器实时获取,该数据具有独特的 5 个 250 m 波段信息,包括蓝、绿、红、近红和热红外波段,各通道详细信息见表 1(杨军和董超华 2011)。针对 FY-3 每 5 min 一景数据的预处理包括地理几何校正、辐射校正、数据异常处理、数据质量控制等步骤,最终将同日不同时段

的影像拼接成投影体系为等经纬度投影,分辨率为 0.0025°(约合 250 m)的华北平原逐日图像。结合影像所呈现的地物信息及物候特征,从中优选出代表华北平原冬小麦生长季前期的 8 幅数据质量好的影像,分别为 2013 年 10 月 11 日、2013 年 11 月 30 日、2013 年 12 月 31 日、2014 年 1 月 22 日、2014 年 2 月 14 日、2014 年 3 月 13 日、2014 年 3 月 22 日、2014 年 3 月 27 日。

表 1 MERSI 250 m 分辨率通道特性

Table 1 The 250 m resolution channel specification of MERSI

通道号	中心波长/ μm	波段范围或宽度/ μm	波段名称	辐射灵敏度
1	11.25	10.0—12.5	热红外波段	0.40 K
2	0.47	0.44—0.495	蓝波段	0.30%
3	0.55	0.52—0.575	绿波段	0.30%
4	0.65	0.62—0.675	红波段	0.30%
5	0.865	0.84—0.890	近红波段	0.30%

利用 MERSI LIB 数据自带的经纬度信息进行几何纠正后,数据的空间绝对定位还存在较大的误差(杨何群等 2012),不同日期的图像之间还需要相互配准。为此,利用 Google 地图特征点和外业获取的 GPS 定位数据,先对 2013 年 11 月 30 日影像做精校正处理,再以其为基准选取控制点,对其他影像进行相对配准。针对选用的 MERSI 数据特点,本文结合原有的 5 个波段,还分别求取了植被指数(NDVI 和 EVI)和水体指数(NDWI)。植被指数能对地表覆盖信息进行简单、有效的度量,在一定程度上反映了不同地表类型的生物量和覆盖度等,因此选用最具代表性的 NDVI 这一植被指数,另外,为了弥补在高植被覆盖区 NDVI 易饱和,而在低植被覆盖区易受土壤背景影响的缺点,引入了 EVI 植被指数。考虑到归一化水体指数(NDWI)能有效抑制植被信息及与水体无关的背景信息,增强水体信息,故此,将它引入参与提取地表信息。具体公式如下:

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{nir}} + \rho_{\text{red}}} \quad (1)$$

$$\text{EVI} = 2.5 \times \frac{\rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{nir}} + 6.0 \times \rho_{\text{red}} - 7.5\rho_{\text{blue}} + 1} \quad (2)$$

$$\text{NDWI} = \frac{\rho_{\text{green}} - \rho_{\text{nir}}}{\rho_{\text{green}} + \rho_{\text{nir}}} \quad (3)$$

式中 ρ_{nir} 为近红波段反射率, ρ_{red} 为红波段反射率, ρ_{blue} 为蓝波段反射率, ρ_{green} 为绿波段反射率。

同时为了方便信息的提取,用 B_x 表示 MERSI 的不同特征波段,其中热红外 B1 波段亮温已从开尔文(K)转换成摄氏温度($^{\circ}\text{C}$),B2—B5 表示 MER-SI 4 个反射率波段,B6 表示 NDVI,B7 表示 EVI,B8 表示 NDWI。

2.3 地面数据采集

为了了解和掌握研究区主要地物类型的分布,如森林、建设用地、裸地、园地(果园和苗圃)、水体和其他地类,从 2013 年 12 月初到 2014 年 3 月底,前后共计 7 次进行了野外数据采集,采用流动和定点观测的方式,获取了地面覆盖类型的数据。流动方式主要是利用 GPS 相机在汽车行走的过程中拍照确定地物类型,定点的方式是本着样本随机分布、数量适中,且光谱特征均一的原则,事先规划好地理位置后,再考查确定地物覆盖情况。野外观测总计获取了 1141 个不同样本类型像素点的个数(表 2),其中在实地采集冬小麦样方过程中,优先选取长、宽大于 250 m 或是 250 m 倍数的连片种植区,且地物类型主要分布为冬小麦的地块进行测量,获取的数据用于积累先验知识和后期精度验证。

表 2 不同样本类型的 MERSI 像素点的个数

Table 2 The number of MERSI sample pixels of various land-cover types

	森林	建设用地	裸地	园地	冬小麦	水体	其他	总和
样本个数	175	184	164	145	185	126	162	1141

3 冬小麦种植区提取方法

3.1 光谱特征分析与选择

对所选的波段特征进行了组合处理,采用最大似然法验证不同的组合对冬小麦的提取精度,根据文献(刘勇洪和牛铮 2004)中对样本比例的安排,将总样本按 7:3 比例随机分成 2 部分,从总样本中按比例随机选取 799 个作为训练样本,再从总样本中随机选取 342 个作为验证样本,以此选用合适的波段信息作为影像文件的初始波段。

3.2 提取方法

本文选用华北平原冬小麦冬春生长季前期 8 个

日期的 MERSI 数据,时间跨度从 2013 年 10 月到 2014 年 3 月下旬。根据数据质量的情况,结合所选择的 5 个原有波段、NDVI、EVI 和 NDWI 作提取方法研究,遵循分层提取的原则,对于不同的层次选用与待提取类别最为敏感的特征波段来构建相应的决策树,第一层次优先检测云、阴影和水体区域,并利用掩膜技术将原始影像上相应区域掩掉,同时为去除其他地物类型对提取冬小麦种植区的干扰,需选用相应的特征波段来构建第二层次的决策树,主要去除非小麦种植区,如此反复直到提取出影像中的冬小麦种植区为止。最后将多幅数据融合为一幅生长季内的冬小麦种植区图,并采用野外 GPS 采集的样本对其进行精度验证。具体技术流程图如图 2 所示。

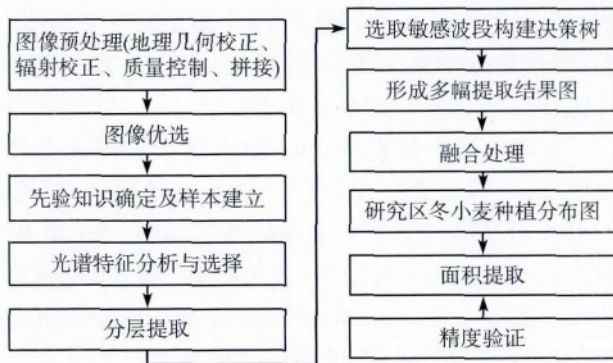


图2 技术流程图

Fig. 2 Technique flow chart

3.2.1 云、阴影和水体提取

在 MERSI 影像上选取一些云、阴影样本, 结合野外采集获取的水体样点做出各地物类型的均值如表 3。

表 3 地物样区统计表
Table 3 Statistical table of sample values

波段	类型		
	水体	云	阴影
B1 / °C	2.80	-2.95	-2.75
B2	0.08	0.58	0.06
B3	0.13	0.54	0.23
B4	0.07	0.48	0.10
B5	0.09	0.46	0.12
B6	-0.32	-0.21	-0.16
B7	-0.02	0.03	-0.02
B8	0.58	-0.02	0.13

从表 3 看出: 波段 1 为热红外波段, 是地物常温的辐射峰值范围, 可用于反演地球表面和云顶温度, 云和阴影的温度在该波段表现为零下值; 第 6 波段, NDVI 对地表覆盖物为云、水时表现为负值, 水体最小; 第 8 波段, 由于引入归一化水体指数 NDWI, 增强了水体信息, 水体在该波段值最大。由此可知, 热红外波段能有效检测出云和阴影, 而 NDVI 和 NDWI 对水体比较敏感, 可有效区分出水体信息。经过分析云和阴影在 B1 波段的直方图, 将 $B1 \leq -2.5^{\circ}\text{C}$ 的像元划分为云和阴影; 分析水体在 B6 波段的直方图, 将 $B6 < -0.12$ 的像元定义为水体, 或将 $B8 \geq 0.18$ 的像元定义为水体, 构建决策树如图 3。其他影像可类似结合以上 3 个波段和根据影像中各自的阈值情况来构建决策树, 并提取信息。

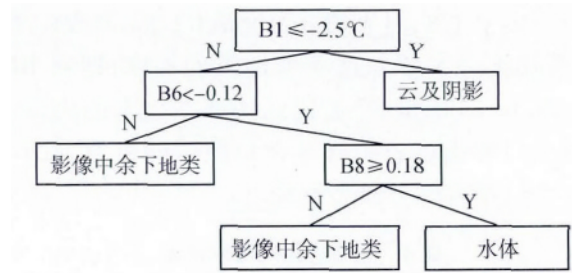


图3 决策树模型

Fig. 3 Model of decision tree

3.2.2 非小麦种植区、其他、冬小麦种植区的提取

首先运用掩膜技术将第一步提取出云、阴影和水体在原始影像上相应的区域掩膜掉, 影像中余下的地类包括: 非小麦种植区(森林、建设用地、园地、裸地)、其他(包括不确定地类等)和冬小麦种植区。其次, 结合野外获取的样本, 通过计算所选用样本间的 J-M 距离, 依据样本间距离大小来度量各特征对类别间的可分性, 可分性越高, 对相应地类提取越有效, 即对该地物越敏感。如图 4, 先将影像中 8 个特征进行组合处理, 为便于区别赋予相应的组合序号: 组合 1 代表 $B1 - B5$; 组合 2 代表 $B1 - B5 + B6$; 组合 3 代表 $B1 - B5 + B7$; 组合 4 代表 $B1 - B5 + B8$; 组合 5 代表 $B1 - B5 + B6 + B7$; 组合 6 代表 $B1 - B5 + B7 + B8$; 组合 7: $B1 - B5 + B6 + B8$; 组合 8 代表 $B1 - B4 + B6 + B7 + B8$; 组合 9 代表 $B1 + B3 - B8$; 组合 10 代表 $B1 - B3 + B5 - B8$; 组合 11 代表 $B2 - B8$; 组合 12 代表 $B1 - B2 + B4 - B8$; 组合 13 代表 $B1 - B8$ 。

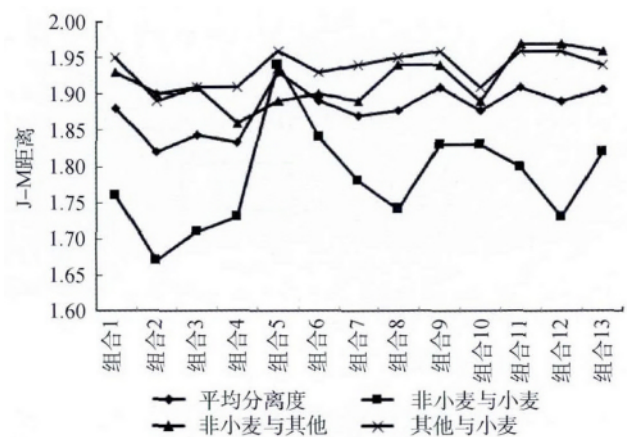


图4 各特征波段组合下的 J-M 距离

Fig. 4 J-M distance of band combination

Kavzoglu 和 Mather(2003) 表明, 当 J-M 距离大于 1.8 时表示样本间可分离性好, 小于 1.5 表示样本间可分离性差。组合 5 显示, 冬小麦与其他地类分

离度均大于 1.8,且平均分离度最大,达到 1.94。因此,采用组合 5 参与这 3 个地类的提取,即将 B1、B3、B4、B5、B6 和 B7 波段运用到本层次的决策树构建中。并统计各个样本在掩膜后的影像上的均值。统计结果如下表 4 所示。

表 4 地物样区均值统计表
Table 4 Average table of sample's spectral values

特征波段	非小麦种植区	其他	冬小麦种植区
B1/℃	6.60	5.30	3.30
B3	0.28	0.25	0.22
B4	0.31	0.36	0.12
B5	0.36	0.39	0.43
B6	0.19	0.12	0.38
B7	0.07	0.13	0.28

表 4 可知, B1: 非小麦 > 其他 > 冬小麦; B3: 非

小麦 > 其他 > 冬小麦; B4: 其他 > 非小麦 > 冬小麦; B5: 冬小麦 > 其他 > 非小麦; B6: 冬小麦 > 非小麦 > 其他; B7: 冬小麦 > 其他 > 非小麦。

根据上述关系发现: (1) 由于所选影像大部处于冬季,影像中其他植被类型叶片已经掉落,NDVI 和 EVI 贡献值主要是冬小麦种植区,而在 B6 和 B7 波段上冬小麦的均值最大,可根据 B6 和 B7 波段将冬小麦提取出来。(2) B1 和 B3 波段各地物均值排序一致,而在 B1 和 B5 波段中其他地类的均值介于两类之间,可借助 B1、B3 和 B5 将非小麦和冬小麦两类提取出来。(3) 非小麦区域提取出来后,可借助 B4 将剩余两类提取出来。根据以上关系,结合各地物在各波段上的统计值和直方图分布情况,建立决策树如图 5,并构建模型对信息进行提取。其他影像可类似结合以上波段和根据影像中各自的阈值情况来构建决策树。

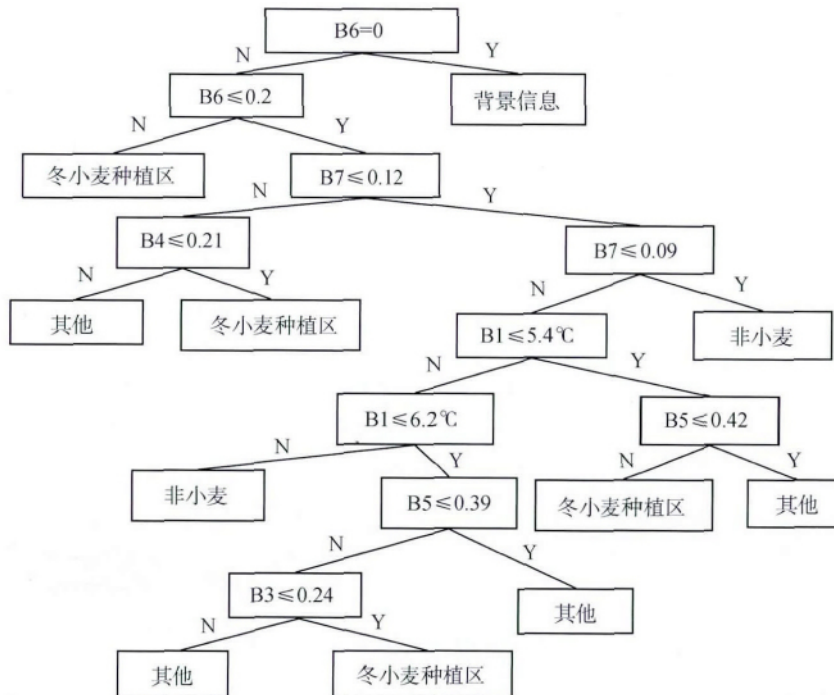


图 5 决策树模型

Fig. 5 Model of decision tree

3.2.3 融合处理

本文采用分层次构建决策树的方式,先将每幅影像中的云、阴影和水体区域掩膜掉,之后再利用与冬小麦种植区最敏感的特征波段构建提取模型,由于 2013 年 10 月 11 日的影像处于冬小麦的出苗期,冬小麦种植区表现为裸土特性,在第二层次提取过程中,单独把裸地保留下来,并标记为类号 1,将其他影像中的冬小麦种植区标记为类号 2,便于

后续处理。最终将每幅影像的提取结果按照时间的先后顺序组合成一个数据文件,波段顺序依次为 2013 年 10 月 11 日结果图、2013 年 11 月 30 日结果图、2013 年 12 月 31 日结果图、2014 年 1 月 22 日结果图、2014 年 2 月 14 日结果图、2014 年 3 月 13 日结果图、2014 年 3 月 22 日结果图、2014 年 3 月 27 日结果图。然后对该数据文件进行逐像元判断,并建立相应的类别判别规则,在第一波段中读取到某

个像元的 $DN = 1$ (裸土类号) 的条件下, 如果其他波段同一地理位置上的像元累计记录到 $DN = 2$ (冬小麦类号) 的次数超过 3 次, 那么就将该像元判定为冬小麦种植区。根据该判别模型, 最终形成一幅生长季内的冬小麦种植区图(图 6)。

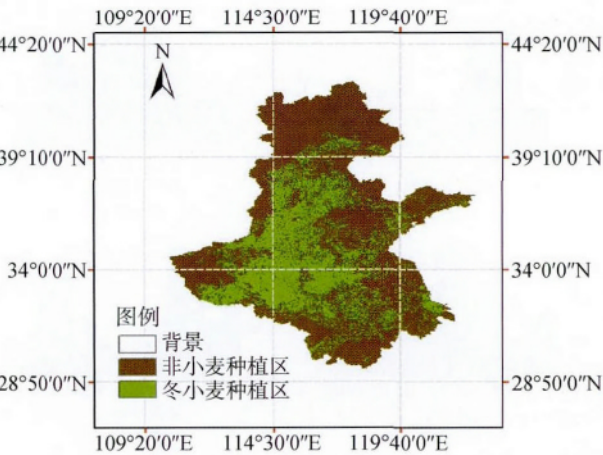


图 6 冬小麦种植区分布图
Fig. 6 Map of winter wheat

4 结果与分析

4.1 特征组合与精度分析

为验证所选用的波段特征的有效性(包括 5 个原有波段、2 个植被指数和 1 个水体指数), 采用最大似然法对所选的各分类特征进行了组合验证, 冬小麦及总体提取精度如表 5 所示。

由表 5 可知, 在 B1—B5 波段的基础上依次加入 EVI、NDWI、NDVI、明显改善了提取效果, 它们各自对冬小麦提取精度的增加贡献不同。NDVI 贡献最大, 提取精度为 85.1%, 增加了 5%; 再此基础上依次添加 NDWI 和 EVI 时, 冬小麦提取精度也不断提升, 从 B1—B5 + NDVI 组合的 85.1% 到组合的 86.5%, 较最初的 B1—B5 分类精度的 80.2% 提高了 6 个百分点。这可能是由于选用的 2013 年 11 月 30 日的影像时相处于冬小麦的分蘖期, 此时叶绿素含量高, 影像上 NDVI 主要是冬小麦的值, 而加入 EVI 也能有效弥补了冬小麦在低覆盖区易受土壤背景影响的缺点, 从而提高了提取精度。

表 5 在 B1—B5 波段基础上影像中加入不同特征后的冬小麦提取精度

Table 5 Accuracies under the different combinations of the spectra

/%

类别	不同特征组合下的提取精度							
	B1—B5	B1—B5 + EVI	B1—B5 + NDWI	B1—B5 + NDVI	B1—B5 + NDVI + NDWI	B1—B5 + NDVI + EVI	B1—B5 + EVI + NDWI	B1—B5 + NDVI + EVI + NDWI
冬小麦	80.2	83.9	82.8	85.1	85.8	86.5	84.1	84.2
总体	82.6	85.1	87.1	87.8	88.2	88.8	88.4	89.5

另一方面, 加入某些波段特征在一定程度上虽能提高总体提取精度, 但也降低了个别地类的提取精度, 如在 B1—B5 + NDVI + EVI 基础上加入 NDWI 特征, 降低了冬小麦提取精度。这说明加入 NDWI 后抑制了与水体无关的信息, 然而水体掩膜处理是影像处理前期的重要一步, 能有效降低了对目标地类的干扰, 也将其选入影像的初始特征波段。综上所述, 本文选用 MER-SI 原有 5 个原有波段、植被指数(NDVI + EVI) 和 NDWI 作为初始波段, 对提高信息提取精度是有效的。

4.2 精度验证

为比较分层构建决策树的优势, 本文利用野外采集的 185 个冬小麦样方数据分别对用最大似然法和决策树分层法提取的冬小麦种植面积进行精度验证。验证方法如下: 先分别将野外获取的 185 个冬小麦样方和两种方法提取出的冬小麦种植区进

行矢量化处理, 将样方矢量图与提取的冬小麦种植区矢量图导入 ARCGIS 中, 求取交集, 再求算重叠区域的面积, 即为 185 个样方数据下的提取面积。计算求得利用分层决策树提取的冬小麦面积相对精度为 90.8%, 最大似然法提取的面积相对精度为 84.3%, 具体数据见表 6。

由表 6 可知, 由于最大似然法是假定在每个波段中各类训练样本数据都呈正态分布时, 才能取得比较好的效果, 而当样本直方图具有两个或是多个波峰时, 采用最大似然法提取效果不佳。为此, 通过计算 185 个冬小麦样本在 MER-SI 影像中 8 个波段的反射率频率和正态分布曲线, 发现在热红外 B1 波段、绿波段 B3 和归一化水体指数 B8 波段中直方图出现两个波峰, 样本数据并非严格符合正态分布(图 7)。所以仅借助于最大似然法进行冬小麦种植区提取, 精度不是很好。

表 6 最大似然法与决策树分层提取结果分析

Table 6 Area accuracy comparison of MLC and the decision trees

方法	样本数据	样方面积/m ²	185 个样方数据下提取面积/m ²	相对精度/%
最大似然法	185	1.156E7	9.75E6	84.3
决策树	185	1.156E7	1.05E7	90.8

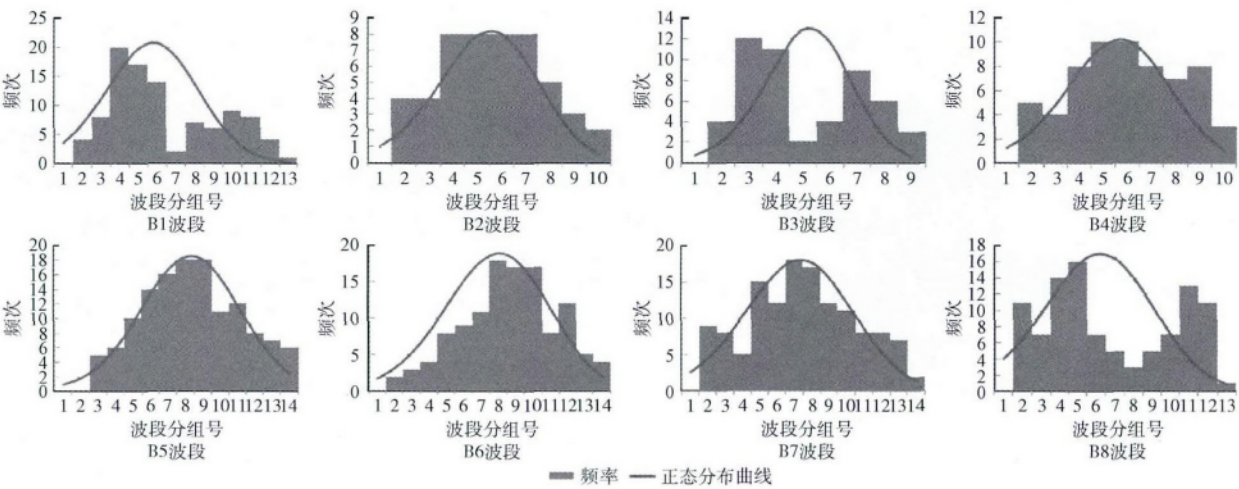


图 7 冬小麦样本在各波段的反射率频率和正态分布曲线

Fig. 7 Winter wheat in the reflectivity of the band frequency and the normal distribution curve

而采用决策树分层提取,结合在提取冬小麦种植区过程中,依据每幅影像的实际情况,采用 J-M 距离来度量各个波段对类别间的可分性,以此来寻求与冬小麦最敏感的特征波段,并结合各样本在各波段上的统计值和反射率在直方图上的密集程度,最终选定 B1、B3 和 B4—B7 组合来划定相应阈值区域构建决策树进行提取。其中热红外波段 B1 可根据辐射响应的差异来区别表层湿度,对于地表裸露或是与人工表面相关的地块温度较高,而对于冬小麦种植区,由于表层相对湿润,温度较低易于区分;绿波段 B3 位于绿色植物反射峰附近,对于健康植被的反射敏感,有利于区别植被类型;红波段 B4 为叶绿素主要吸收波段,反映不同植被的叶绿素吸收情况,利于区分植被种类和覆盖率;近红外波段 B5 对绿色植被类型差异最敏感;以及引入的 NDVI 和 EVI 都在一定程度上反映了不同地表类型的覆盖度。以上所选取的特征波段都有利于冬小麦种植的提取,取得比较好的精度,达到 90.81%,比利用最大似然法的提取精度高出 6%。

5 结 论

本文利用华北平原冬小麦冬春生长季前期多幅高质量的 FY-3A MERSI 数据,根据研究区内地物

类型分布特征结合 MERSI 原有 5 个波段、NDVI、EVI 和 NDWI,采用分层提取的方式构建决策树提取了华北平原冬小麦种植区。在提取过程中,建立不同层次的决策树,并根据决策树的结构逐级分层次地把待提取目标识别出来,构建决策树的每个节点都需找到区分类别最敏感的波段,并建立相应的阈值进行划分。决策树建立好后,将它们应用到不同层次的类型提取中,形成多幅提取结果图,并将它们融合成一幅华北平原生长季内的冬小麦种植区图。最后使用 GPS 野外采集的数据对提取结果进行精度验证,得出以下结论:

(1) 中国第二代极轨气象卫星中分辨率 MERSI 数据可以作为农作物种植信息提取的新数据源。根据华北平原冬小麦的生育期信息,选择冬小麦生长季前期高质量的 MERSI 数据,在春季返青之后很好的提取了华北平原的冬小麦种植分布,说明 MERSI 遥感数据在农作物种植信息提取中具有较大的应用潜力。

(2) 利用 250 m 分辨率的 MERSI 数据进行大范围冬小麦分布提取,分层提取法可以有效提高提取精度,提取的冬小麦精度可达到 90.8%,由于获取冬小麦种植分布信息及时和技术成本低廉,具有很好的应用价值。

上述提取结果是针对 250 m 分辨率 MERSI 数

据而言,选定的区域也仅限于华北平原,在决策树构建过程中,波段阈值的选取是经过统计样本点在各波段的值,反复试验确定的,只适用于这一特定区域的信息提取,应用于别的区域还需要试验确定;在信息处理过程中,主要选用地物光谱特征波段参与处理,下一步工作可加入纹理和空间特征等以提高提取精度;而对于混合像元的问题,也将是未来要开展的工作。

参考文献(References)

- Friedl M A, McIver D K, Hodges J C F, Zhang X Y, Muchoney D, Strahler A H, Woodcock C E, Gopal S, Schneider A, Cooper A, Baccini A, Gao F and Schaaf C. 2007. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. *Remote Sensing of Environment*, 83(1/2): 287 – 302 [DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00078-0]
- Huang X J, He W, Zhang Y B, Zhang Y X, Xia Y H and Li B B. 2011. Investigation winter wheat in some parts of area Jiangsu with TM satellite data. *Jiangsu Agricultural Science*, 12(4): 85 – 87 (黄晓军,何维,张云柏,张娅香,夏友桦,李秉柏. 2011. 利用 TM 卫星资料进行江苏部分地区小麦面积调查. *江苏农业科学*, 12(4): 85 – 87)
- Jing Y G. 2010. Mapping winter wheat in Shanxi province with EOS/MODIS data. *Shanxi Agricultural Science*, 12(2): 95 – 98 (景毅刚. 2010. 利用 EOS/MODIS 信息提取陕西冬小麦种植面积研究. *陕西农业科学*, 12(2): 95 – 98)
- Kavzoglu T and Mather P M. 2003. The use of backpropagating artificial neural networks in land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 24(23): 4907 – 4938 [DOI: 10.1080/0143116031000114851]
- Liu Y H and Niu Z. 2004. Regional land cover image classification and accuracy evaluation using MODIS data. *Remote Sensing Technology and Application*, 19(4): 217 – 224 (刘勇洪,牛铮. 2004. 基于 MODIS 遥感数据的宏观土地覆盖特征分类方法与精度分析研究. *遥感技术与应用*, 19(4): 217 – 224)
- Mei A X, Peng W L and Qin Q M. 2001. An Introduction to Remote Sensing. Beijing: Higher Education Press, 50 – 157 (梅安新,彭望录,秦其明. 2001. 遥感导论. 北京: 高等教育出版社, 50 – 157)
- Yang H Q, Zhou H M, Yin Q, Han T and Ge W Q. 2012. Fast pre-processing of MERSI data on FY-3 meteorological satellite using IDL. *Remote Sensing Technology and Application*, 27(4): 566 – 574 (杨何群,周红妹,尹球,韩涛,葛伟强. 2012. FY-3 气象卫星 MERSI 数据快速预处理的 IDL 实现. *遥感技术与应用*, 27(4): 566 – 574)
- Yang J and Dong C H. 2011. A New Generation of Cloud Polar Orbit Meteorological Satellite Products and Applications. Beijing: Science Press, 230 – 352 (杨军,董超华. 2011. 新一代风云极轨气象卫星业务产品及应用. 北京: 科学出版社, 230 – 352)
- Yang X H, Zhang X P and Jiang D. 2004. Extraction of multi-crop planting areas from MODIS data. *Resources Science*, 26(6): 17 – 22 (杨小唤,张相平,江东. 2004. 基于 MODIS 时序 NDVI 特征值提取多作物播种面积的方法. *资源科学*, 26(6): 17 – 22)
- Zhang J H, Hu X X, Liu X F and He Z M. 2013. Extraction of winter wheat planting areas based on the time-series MODIS data in typical region of North China. *Journal of University of Chinese Academy of Sciences*, 30(5): 93 – 99 (张佳华,胡小夏,刘学峰,何贞铭. 2013. 基于 MODIS 数据提取华北典型区冬小麦种植面积. *中国科学院大学学报*, 30(5): 93 – 99)
- Zou J Q, You Q, Uchida S, Wu W B, Xu W B and Xu W B. 2007. Method for extracting winter wheat area using Terra/MODIS data and its accuracy analysis. *Transactions of the CSAE*, 23(11): 195 – 200 (邹金秋,佑启, Uchida S, 吴文斌,许文波. 2007. 利用 Terra/MODIS 数据提取冬小麦面积及精度分析. *农业工程学报*, 23(11): 195 – 200)

Mapping winter wheat growing areas in the North China Plain with FY-3 250 m resolution data

FAN Xiangsuo^{1,2}, XU Wenbo¹, FAN Jinlong²

1. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China;

2. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China

Abstract: Winter wheat is one of the main crops in China. Mapping the winter wheat growing areas with remote sensing technology is one of key areas of remote sensing application. The FY-3 series polar orbiting satellites launched since 2008 were equipped a Medium Resolution Imaging Spectrometer(MERSI) which has five 250 m resolution channels, ranging from visible, near infrared to thermal band. The data may capture abundant land surface information and is a new data source for mapping winter wheat growing areas. We selected eight date MERSI data with high quality in the early stage of the winter wheat growing season. We adopted the hierarchical classification method to extract winter wheat area. For each class, we chose the most sensitive band or band composites to build the decision tree which is helpful to separate the classes on an image. After winter wheat area was extracted from all images, a data fusion process was followed. Finally, the winter wheat planting area map was made available. In comparison with the ground truth data, the winter wheat planting area map obtained a relative accuracy of 90.8%. The results showed that in early stage of the spring, mapping the winter wheat planting area with FY-3 MERSI data is feasible and it is also able to provide timely winter wheat planting area information for the agricultural management.

Key words: winter wheat, hierarchical classification, MERSI, decision tree, FY-3