

基于多时相 HJ 卫星的冬小麦面积提取

赵丽花^{①②}, 李卫国^②, 杜培军^①

(^① 中国矿业大学国土环境与灾害监测国家测绘局重点实验室, 徐州 221116;

^② 江苏省农业科学院资源与环境所, 南京 210014)

摘要:我国环境与灾害监测预报小卫星 HJ 1A/B 具有较高的时间和空间分辨率, 在作物种植面积提取和长势监测等方面具有较大优势。本文以江苏省姜堰市为研究区, 根据冬小麦的物候规律和季相节律的差异性, 选取返青期和拔节期两个生育期的 HJ 卫星影像, 借鉴分层信息提取法原理, 综合利用监督分类和非监督分类法, 结合人机交互目视解译和实地定位调查等资料提取了姜堰市的冬小麦种植面积, 总体面积提取精度达到 90.22%, 样点空间匹配精度为 81.25%, 实验基地空间匹配精度为 80.34%。结果表明: HJ 卫星能够用于提取南方地区冬小麦种植面积和长势监测, 满足农情监测的需要, 且利用多时相遥感影像能有效地增加信息量, 实现信息互补, 有助于提高监测精度。

关键词: 冬小麦; HJ 卫星; 多时相遥感影像; 种植面积

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.02.008

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1000-3177(2011)114-0041-05

The Area Extraction of Winter Wheat Based on Multi-temporal HJ Remote Sensing Satellite Images

ZHAO Li hua^{①,②}, LI Wei guo^②, DU Pei jun^①

(^① Key Laboratory for Land Environment and Disaster Monitoring of State Bureau of Surveying and Mapping, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116;

^② Institute of resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

Abstract: Environment and disaster monitoring and forecasting satellites of our country, with higher time and spatial resolution, have a great advantage in extracting the crop area and monitoring crop growth. Taking the Jiangyan city of Jiangsu province as the study area, two HJ 1A/B images of the reviving and jointing growth stage of winter wheat are chose based on the law of winter wheat phenology and seasonal differences in rhythm. This paper references hierarchical information extraction method, and uses supervised classification and unsupervised classification comprehensively, and extracts accurately winter wheat area of Jiangyan city and its townships by twice refinement combining with human computer interaction visual interpretation and field investigation data. The extraction accuracy is 90.22%. The results show that HJ satellite is able to extract winter wheat area and monitor its growth in southern region, which can meet the needs of agricultural monitoring. And multi-temporal remote sensing images can increase and complement the information, which is helpful in improving the monitoring accuracy.

Key words: winter wheat; HJ satellite; multi-temporal remote sensing images; planting area.

收稿日期: 2010-07-20 修订日期: 2010-10-13

基金项目: 国家“863”计划(编号: 2008AA10Z214); 农业部行业科技项目(编号: 200803037); 江苏省农业科学院人才基金(编号: 6510805); 江苏省农业科学院基金项目(编号: 6110824)。

作者简介: 赵丽花(1985~), 女, 研究方向: 遥感应用技术。

E mail: king.hua.001@yeah.net.

1 引言

小麦是我国主要的粮食作物,也是重要的商品粮和战略性储备粮。及时、准确地获取小麦种植面积信息,有利于农业部门指导农业生产,调整农业结构,为区域冬小麦的产量估计和预测提供可靠依据。利用遥感技术提取作物种植面积是农情监测的主要内容之一,其重点在于作物种类的识别和面积量算的精度^[1-3]。因此,可靠的数据源和准确、有效的小麦种植面积提取方法是小麦面积遥感估算的关键。

虽然用于作物面积提取的遥感数据和方法比较多,但是也存在很多问题。如 NOAA、MODIS 数据分辨率较低,适合于大范围作物面积的遥感监测,但监测精度难以保证^[4-5]; TM、SPOT 等中高分辨率影像重访周期长,数据受天气影响较大,且高分辨率数据费用较高,难以在业务化工作中推广^[6]。相比之下,我国环境与灾害监测预报小卫星 HJ-1A/B 上装载的宽覆盖多光谱可见光相机可实现 48 小时对全球覆盖一次,星下点分辨率 30m, HJ-1A/B 以其重访周期短的特点在作物面积提取方面具有很大优势。

地物的复杂性以及“同物异谱”、“同谱异物”等现象使得仅依靠单一时相提取小麦面积存在明显不足,难以达到精度要求,多时相组合通过数据间的综合分析和相互补充,增加了信息量,有利于提高小麦面积提取精度。Hlavaka^[7]认为多时相数据能够提高不同农作物之间的区分能力; Conese 等^[3]通过比较单时相与多时相的分类结果,发现多时相信息能够极大地改善分类精度; 齐腊等^[8]依据多时相的中巴资源卫星,研究认为时相是影响冬小麦分类的主要因素。而较多的研究仅依靠时相组合变化从宏观上对作物进行分类识别,研究过程中缺乏野外实地等深入调查资料,使研究结果趋于理论性。因此,本文以多时相 HJ-1A/B 影像为数据源,借鉴分层信息提取法原理,综合监督分类、非监督分类法以及实地调查采样数据提取冬小麦种植面积,旨在建立一种适合南方地区冬小麦种植面积提取的方法和技术体系。

2 材料与方法

2.1 遥感数据

我国环境减灾 HJ 卫星包括 A、B 两颗光学小卫星,轨道高度 650km。其搭载的 CCD 相机星下点

分辨率 30m,波谱范围覆盖蓝光(0.43 μ m~0.52 μ m)、绿光(0.52 μ m~0.60 μ m)、红光(0.63 μ m~0.69 μ m)、近红外(0.76 μ m~0.9 μ m) 波段,单台 CCD 相机对地幅宽为 360km,4 天对全球覆盖一次,A、B 卫星组网后幅宽为 710km,重访周期缩短为 2 天。在江苏等南方地区,地块规模小,冬小麦和油菜等作物的物候期及长势接近,易出现空间和时间上的交错,影响提取精度。因此,重访周期缩短后的 HJ 卫星对于精细提取南方小规模地块的冬小麦面积具有无可比拟的优势。

根据研究区冬小麦的物候规律和季相节律的差异性,充分利用其时相变化信息,选用 2010 年 3 月 10 日 HJ-1B 和 2010 年 4 月 24 日 HJ-1A 两期影像提取冬小麦种植面积。3 月 10 日冬小麦处于返青期,4 月 24 日处于拔节期,两期影像过境时天气晴朗,影像质量较好,能够满足监测需求,根据姜堰市行政区域截取出的姜堰市研究区范围,HJ 卫星的标准假彩色影像如图 1 所示。

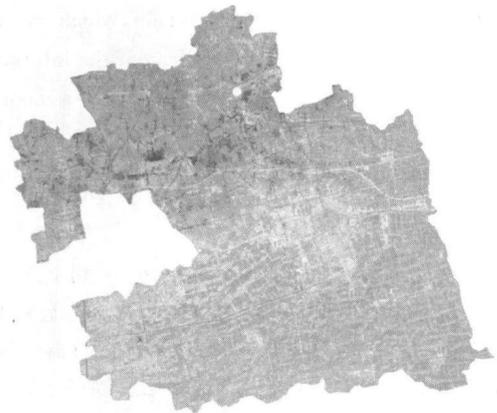
2.2 地面控制点的建立

采用美国 Trimble 公司的 Juno ST 手持 GPS 机,在姜堰市选择了 16 个实验样方点和 4 个面积较大的实验基地。利用 GPS 采集地理坐标,测量实际范围和面积,以及记录冬小麦品种和生长状况等。

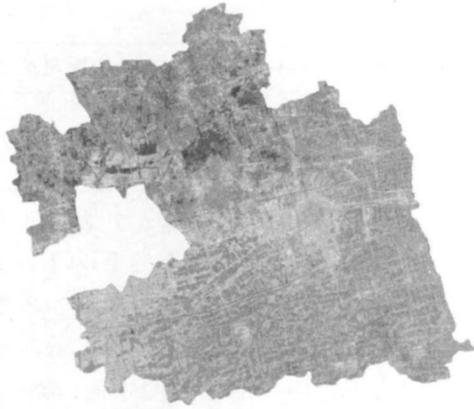
2.3 遥感数据处理

利用 1:100000 地形图对两幅 HJ-1 卫星影像进行几何粗纠正,再结合地面实测的 GPS 控制点对卫星影像进行几何精校正,确保校正误差小于 1 个像元。

归一化植被指数(NDVI)计算: $NDVI = (R_{NIR} - R_{RED}) / (R_{NIR} + R_{RED})$,其中 R_{NIR} 为 HJ-1A/B 卫星近红外波段的反射率, R_{RED} 为红波段的反射率。利用 ERDASIMAGINE 软件的 Model Maker 模块计算两期影像的 NDVI 值。



(a)2010年3月10日HJ-1B影像



(b)2010年4月24日HJ-1A影像

图1 HJ卫星标准假彩色图像—姜堰市

2.4 冬小麦面积提取

分层信息提取法针对各地物不同的信息特点,将图像按一定原则进行层层分解,可以在较大程度上避免传统分类方法因“同物异谱”或“异物同谱”现象而导致的分类精度不高的现象^[9]。本文借鉴分层信息提取法,先剔除建筑道路、水体等信息的干扰,提取姜堰市的耕地面积;然后在耕地面积的基础上,利用冬小麦在返青期和拔节期的光谱差异,以及冬小麦和油菜在不同物候期内NDVI时相的变化特点,对NDVI差值图像同时进行非监督分类和密度分割,结合人机交互目视解译和实地调查资料去除其他错分信息,更进一步准确提取冬小麦面积。

基于两期典型物候期HJ1卫星影像由粗到精提取冬小麦种植面积的技术流程图,如图2所示。

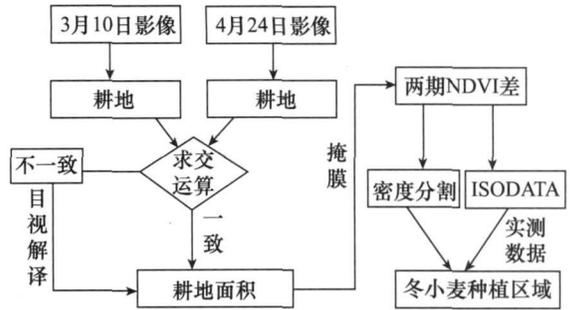


图2 冬小麦种植面积提取的技术流程图

3 结果与分析

3.1 耕地面积提取

根据姜堰市的土地利用情况以及研究的需要,利用最大似然法对两期影像进行监督分类,共分为建筑(包括道路和裸露的地表)、水体、林草地(包括绿化)和耕地4类。姜堰市春夏季作物种植模式比较单一,田间主要作物为冬小麦和油菜(实地调查发现大麦的种植面积较少,对于冬小麦面积提取影响较小,因此本文暂不考虑),且油菜作为经济作物,其种植面积要远小于冬小麦。为了避免漏分和错分,此次对两期影像的小麦和油菜不予细分,只提取出姜堰市的耕地面积,为下一步的细化做准备。

根据不同地物类型在HJ影像上的不同光谱反射特征以及地物的形态纹理等特点,利用HJ卫星的近红外、红色和绿色波段组成标准假彩色图像并选择地物类型的样本信息作为分类训练样本,每个类型样本点不少于100个。选择样本点的依据如表1所示,分类结果统计如表2所示。

表1 土地利用类型分类样本选择依据

分类类型	含义	形状纹理等特征	光谱特征
建筑	主要指居民聚集地的房屋、城市的道路交通网,以及待建的裸露地表。	房屋主要呈行列式或周边式排列较整齐,道路多呈条带状向外辐射。	房屋、道路等大都采用具有很强反射能力的水泥、沥青等材料,假彩色图像上呈亮青色或灰色。
水体	包括湖泊、河流和其他有大片水覆盖的水域。	主要表现为河流的线状、湖泊或大片水域的面状。	水体对近红外波段有很强的吸收率,在假彩色图像上,水体的颜色呈暗黑色。
林草地	包括树林、灌木丛和城市绿化地。	林草地分布较零散,多分布于城镇和农田,以及农田之间的交界处。	林草地在假彩色图像上呈类似于暗红的红色,比作物的颜色较深。
耕地	作物种植的区域	耕地主要呈整齐的田块状分布,纹理特征明显,大都位于房屋和水体周围。	作物植被在假彩色图像上呈红色。

表 2 姜堰市土地利用情况监督分类

HJ 卫星影像	建筑(ha)	水体(ha)	林草地(ha)	耕地(ha)	耕地面积求交(ha)
3 月 10 日	48588	6753	7149	56546	55319
4 月 24 日	48629	5913	6876	57619	

对两期 HJ 影像提取结果进行求交运算, 一致的部分即可认为是姜堰市耕地面积, 对于两期影像提取不一致的地方进行人机交互目视解译重新判读, 从而准确提取姜堰市的耕地面积, 共提取耕地面积 55319ha。根据提取的结果采用二值化方法将姜堰市的土地利用情况分为耕地和非耕地两类, 生成耕地二值化图像, 如图 3。



图 3 姜堰市耕地二值化图像

3.2 冬小麦种植面积提取

研究区内油菜为小片种植, 大多种在居民房前屋后, 或是麦田周围, 分布零散, 种植面积远小于冬小麦的种植面积。以上提取的姜堰市耕地面积主要是冬小麦和油菜两种作物, 由于冬小麦和油菜春季长势较为相近, 且部分存在混种现象, 不容易区分, 给影像解译带来一定困难。利用植物的物候期差异来区分植物, 是植被遥感的重要方法之一^[10]。因此, 在提取的耕地面积基础上, 通过分析和比较冬小麦和油菜在两期 HJ 影像组合时的物候差异性和光谱特征差异性, 利用冬小麦和油菜在物候期的不同变化特点来提取冬小麦种植面积。

3 月 10 日姜堰市冬小麦处于返青期, 油菜处于始花期, 4 月 24 日冬小麦处于拔节期, 油菜处于盛花期。冬小麦返青到拔节期是重要的营养生长阶段, 期间多灌溉施肥, 生长速度很快, 到拔节期冬小麦生长量达到最大, 影像上冬小麦 NDVI 值达到峰值^[11], 所以这两个期间冬小麦 NDVI 值的变化幅度较大, 姜堰市野外实地 GPS 采样点数据表明冬小麦 NDVI 变化值平均在 0.198~ 0.407 之间。而油菜从始花期到盛花期, 营养生长减缓, 逐渐以生殖生长

为主, NDVI 值变化较小。根据冬小麦和油菜 NDVI 的不同变化特征, 将两期影像的 NDVI 差值图像用姜堰市耕地二值化图像做掩膜, 剔除非耕地区域的影响, 将监测提取范围缩小在姜堰市的耕地区域范围内。对缩小范围后的差值图像同时进行 ISO-DATA 非监督分类和密度分割(0.198~ 0.407), 将非监督分类结果叠加密度分割图、实地 GPS 采样点和样区冬小麦信息数据, 反复进行人机交互式的动态判读和目视解译, 不断剔除错分信息, 实现对冬小麦种植区域再次细化, 最终准确提取姜堰市的冬小麦种植面积, 提取结果如图 4 所示, 共提取冬小麦种植面积 46552ha。



图 4 姜堰市冬小麦种植区域

3.3 冬小麦长势监测

冬小麦在两生育期 NDVI 值的变化, 间接反映了姜堰市冬小麦从返青到拔节时期的长势的变化。根据 NDVI 值不同的变化幅度, 将冬小麦变化分为变化较小(wheat-I), 变化居中(wheat-II) 和变化较大(wheat-III) 3 个部分(见表 3), 结果如图 5 所示。从图 5 可以看出, 姜堰市冬小麦整体长势变化居中, 面积约 23338ha, 占总面积的 52.36%; 由于气候、管理等因素其中北部地区长势变化明显大于南部地区, 长势变化较大的冬小麦绝大多数分布于西北部地区, 约 3101ha, 占总面积的 6.96%; 而中部位于城镇周边的冬小麦受城市发展的影响, 长势变化较小, 约 18135ha, 约 40.68%。冬小麦长势变化信息反映了其生长现状和趋势, 为农业生产部门及时了解冬小麦产量和品质提供了科学的依据。

表3 姜堰市冬小麦长势变化分级

类型	NDVI 变化	面积(ha)	百分比(%)
Wheat I	0.198~0.250	18135	40.68
Wheat II	0.250~0.355	23338	52.36
Wheat III	0.355~0.407	3101	6.96



图5 冬小麦的长势变化分级

3.4 提取精度验证

遥感图像监测作物种植信息精度检验主要包括面积精度检验和空间分布检验。

表4 冬小麦实验基地的空间分布检验

实验基地	小麦像元数	监测面积(ha)	实际面积(ha)	匹配精度	平均精度
1	41	3.69	3.05	82.66%	
2	43	3.87	3.11	80.36%	80.34%
3	37	3.33	3.86	86.27%	
4	33	2.97	2.14	72.05%	

综上所述,冬小麦面积提取的总体面积精度为90.22%,16个样点空间匹配精度为81.25%,4个实验基地的空间匹配平均精度为80.34%,精度验证表明,冬小麦面积提取精度较高,较容易满足监测需求,由于受到复杂地表和环境的影响使得实际的空间匹配精度要低于面积提取精度。因此,在提高冬小麦总体面积监测同时,也要注重改善和保证其空间匹配精度。

4 结束语

我国环境与灾害监测预报小卫星 HJ1A/B 的时间和空间分辨率都比较高,用于监测提取农作物种植面积,在控制成本的同时,也能满足实际农业生产遥感监测的需求。本文利用多时相的 HJ 卫星,采用分层信息提取法获取姜堰市冬小麦种植面积。

(1) 利用 HJ 遥感影像,依据冬小麦不同生育时

面积精度检验指的是遥感监测的冬小麦种植面积与实际播种面积之间的差异。本文最终提取姜堰市 2010 年冬小麦种植面积为 46552ha,而该市 2010 年实际冬小麦种植面积为 42000ha(该数据由当地农业部门提供),提取的总体面积精度为 90.22%。

空间分布检验是指遥感提取的冬小麦种植区域与小麦实际种植分布的空间匹配性。实地调查采样时 GPS 记录的数据包括 4 个实验基地的地理坐标和量测的面积,以及 16 个样方点的地理坐标。实际调查的实验基地的面积较大,样方点也都是选在麦田中央可保证像元的纯净,将 GPS 记录的路线以及采样点导入遥感影像,与分类提取的冬小麦种植面积进行匹配,从而对冬小麦面积提取结果进行空间分布检验。结果表明:16 个小麦样方点中,有 13 个在影像上被正确归类为小麦,样点的匹配精度为 81.25%。4 个实验基地的匹配结果如表 4 所示,由于混合像元或地形特点对实验基地的不同影响,1、2 和 4 号实验基地提取的冬小麦种植面积都大于实际面积,而 3 号实验基地提取的冬小麦种植面积小于实际面积,平均匹配精度为 80.34%。地物环境的复杂性使得大面积区域匹配的精度要小于样点匹配精度。

期的影像特征差异性,能够较准确地提取冬小麦种植面积,总体面积精度达到 90.22%,空间匹配精度为 80%左右,说明 HJ 卫星能够用于提取我国南方地区冬小麦面积,且多时相影像组合使相关信息相互补充,有利于去除其他地物的干扰,实现遥感目标的识别和测量,但也需要进一步地提高遥感冬小麦提取的空间匹配性;

(2) 研究中首先利用两期影像的监督分类结果提取了耕地面积,进一步根据冬小麦和油菜物候和光谱差异性,利用 NDVI 差值图像进行非监督分类,结合人机交互目视解译提取冬小麦种植面积。监督分类和非监督分类方法的结合避免了传统分类的缺点,在提高工作效率的同时又保证了提取的精度。

姜堰市地处江淮平原,内部水网密集,田块较为破碎,种植结构布局复杂。因此,融合(下转第 50 页)

比例尺的山区, 破碎的地形), 其地形复杂度较大, 压缩比相应较小, 经过多次试验表明, 其平均压缩比也达到了 1:4 之上, 但压缩时间较长, 其平均压缩时间在 1.5s 左右, 由于解码时间和压缩时间大致相等, 这在客户解码端是不利的, 满足不了快速浏览的条件, 为此, 我们采取了 SevenZip 压缩, 尽管, 其压缩效率不如 Int53 小波压缩性能好, 但其压缩时间相对较短, 其平均压缩时间在 0.8s 左右, 能满足客户端显示的要求; 而且, 从表 4 中, 也可以看出, 对于不同分辨率的 DEM 数据, 分辨率越高, 其压缩比也越高, 压缩时间也越长。这是因为, 分辨率越高的 DEM 数据, 其数据之间具有大量的相似性, 其数据冗余度也越大, 从而, 压缩比也越高。另外, 就其损

失压缩精度来说, 损失误差控制在 2m 内, 达到了近无损的压缩效果。

6 结束语

本文设计了 SevenZip 结合 Int53 小波以及 SPIHT 编码的 DEM 数据压缩方案, 通过验证, 满足了应急三维 GIS 平台快速浏览的要求, 证明该压缩方案是可行的, 并达到了良好的压缩效果。近年来, JPEG2000 压缩标准的发布, 在压缩效率和压缩时间提出了更高的要求, 本文作者并没有考虑 DEM 边界数据的处理, SPHIT 算法也都是基于 2 的幂级数进行的压缩, 因此, 期望能进一步研究, 达到更好的压缩效果。

参考文献

- [1] 王康弘, 梁军. 基于 GIS 的电子政务信息资源平台建设[J]. 测绘科学, 2005(30): 27- 29.
- [2] 周启鸣, 刘学军. 数字地形分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 孙延奎编著. 小波分析及其应用[M]. 北京: 北京机械工业出版社, 2005.
- [4] 陈仁喜, 赵忠明, 等基于整型小波变换的 DEM 数据压缩[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006(6).
- [5] 李毅, 龚建华. 基于 SPIHT 小波的 DEM 自适应压缩方法研究[J]. 地理与地理信息科学, 2009(7).
- [6] Shapiro J. M. Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients[J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1993, 41(12): 3445- 3462.

(上接第 45 页)

高分辨率影像缓解混合像元等因素的影响, 以及在光谱分析的同时考虑 DEM、形状等地物特征辅助信息, 在一定程度上能够改进和提高作物遥感识别与

空间匹配精度, 这是今后需要进一步完善的工作。由于人力、物力和财力的限制, 使得实地采样验证数据较少, 今后也应加大实地野外调查和取样工作。

参考文献

- [1] Sakamoto T, Nguyen N V, Ohno H. Spatio-temporal distribution of rice phenology and cropping systems in the Mekong Delta with special reference to the seasonal water flow of the Mekong and Bassac rivers[J]. Remote Sensing of Environment, 2006(100): 1- 16.
- [2] 李卫国, 王纪华, 赵春江, 童庆禧, 刘良云. 基于 TM 影像的冬小麦苗期长势与植株氮素遥感监测研究[J]. 遥感信息, 2007(2): 12- 15.
- [3] CONESE, C., MASELLI, F. Use of multi temporal information to improve classification performance of TM scenes in complex terrain[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1991(46): 187- 197.
- [4] 王茂新, 裴志远, 吴全, 等. 用 NOAA 图像监测冬小麦面积的方法研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 84- 88.
- [5] 王长耀, 林文鹏. 基于 MODIS 的冬小麦产量遥感预测研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 90- 94.
- [6] 李卫国, 李花, 王纪华, 黄文江. 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.
- [7] HLAVAKA, C. A., HARALICK, R. M., CARLYLE, S. M., YOKOMA, R. The discrimination of winter wheat using a growth state signature[J]. Remote Sensing of Environment, 1980(9): 277- 294.
- [8] 齐腊, 赵春江, 李存军, 等. 基于多时相中巴资源卫星影像的冬小麦分类精度[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2201- 2208.
- [9] 向天梁, 汪小钦, 周小成, 等. 基于分层分析的 ASTER 影像土地利用/覆盖遥感监测研究[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(6): 527- 531.
- [10] 梅安新, 彭望球, 秦其明, 等. 遥感导论[M]. 高等教育出版社, 2001: 242- 243.
- [11] 李卫国, 赵春江, 王纪华, 等. 基于卫星遥感的冬小麦拔节期长势监测[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(3): 523- 527.