

李卫国 赵丽花. 中高分辨率遥感影像在小麦监测中的比较 [J]. 江苏农业学报 2011 27(4) : 736-739.

中高分辨率遥感影像在小麦监测中的比较

李卫国¹, 赵丽花^{1 2}

(1. 江苏省农业科学院农业经济与信息研究所, 江苏 南京 210014; 2. 国土环境与灾害监测国家测绘局重点实验室, 中国矿业大学, 江苏 徐州 221116)

摘要: 利用中高分辨率影像进行农作物长势精确监测是农业遥感日益发展的需求。该研究选取相同大小的研究区域, 探讨了利用 10 m 分辨率的 ALOS 影像和 30 m 分辨率的 HJ 影像进行小麦长势监测的基本理论和方法。结果显示, 在利用 GPS 定点田间调查和人机交互式解译的基础上, 采用优化 ISODATA 分类法提取小麦种植面积, ALOS 遥感影像和 HJ 遥感影像的提取精度分别达到 93.97% 和 89.24%, 表明利用 ALOS 影像可以明显提高小麦面积监测的精度; 进一步对抽穗期小麦光谱特征进行分析, 依据小麦归一化差值植被指数(NDVI)与叶面积指数(LAI)的关系, 建立了 LAI 遥感监测模型, 分别为 $LAI_{ALOS} = 10.018 0NDVI + 1.050 7$ ($R^2 = 0.861 2$), $LAI_{HJ} = 12.340 0NDVI - 0.728 9$ ($R^2 = 0.809 0$)。结果表明, 利用该监测模型制作小麦抽穗期长势分级遥感信息图, 可对整个研究区域的小麦长势进行监测。

关键词: 小麦; 中高分辨率影像; 长势; 监测

中图分类号: S127; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2011)04-0736-04

Wheat growth monitoring based on medium and high resolution images

LI Wei-guo¹, ZHAO Li-hua^{1 2}

(1. Institute of Agricultural Economics and Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Key Laboratory for Land Environment and Disaster Monitoring, State Bureau of Surveying and Mapping, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Using medium and high resolution images in the crop growth precise monitoring meets the growing demand for agricultural remote sensing. In this study, same size study areas were selected and wheat growth was monitored by 10-m-resolution ALOS image and 30-m-resolution HJ image, respectively. Based on GPS field survey and optimized ISO-DATA classification for extraction of wheat growth areas, the extraction accuracy were 93.97% and 89.24% for ALOS image and HJ image, respectively, indicating the ALOS image can significantly improve the monitoring accuracy of wheat areas. According to the analysis of spectral characteristics of wheat at heading stage, the LAI remote sensing monitoring model was established based on the relationship between NDVI and LAI which were $LAI_{ALOS} = 10.018 0NDVI + 1.050 7$ ($R^2 = 0.861 2$), $LAI_{HJ} = 12.340 0NDVI - 0.728 9$ ($R^2 = 0.809 0$). The remote sensing map made based on the model was successfully applied to monitor the wheat growth at heading stage in the whole studied areas.

Key words: wheat; medium and high resolution image; growth; monitoring

农作物长势监测是农业遥感的重要研究领域之

一。目前, 基于遥感技术的农作物长势监测以其时效性、广域性和客观性等特点已成为农业遥感发展的必然趋势^[1-4]。遥感根据作物物历, 在作物生长期, 通过分析光谱值或植被指数的大小, 及其与作物农学指标的关系来监测作物长势、分析评价作物长势好坏^[5]。高空遥感凭借其可以快速、精确、大范围地获取地物信息的优势, 已成为当今作物种植

收稿日期: 2011-01-10

基金项目: 国家“863”计划(2008AA10Z214); 公益性行业(农业)科研专项(200803037, 201003039)

作者简介: 李卫国(1967-), 男, 山西清徐人, 博士, 副研究员, 主要从事农作物遥感估产研究。(Tel) 025-84390195; (E-mail) jaaslwg@126.com

面积量算和长势监测的主要依托技术^[6-8]。

近年来,国内外学者在小麦遥感长势监测中以使用覆盖周期短而面积大的 NOAA(分辨率 1.1 km) 和 MODIS(分辨率 250 m) 影像居多^[9-12]。这些影像数据虽具有监测范围广、时间分辨率高、价格低廉的特点,但较低的空间分辨率仍不能满足对于地形复杂、耕作制度多样麦区的小麦长势监测精度的需求。随着卫星遥感技术的不断发展,有学者使用 LANDSAT5、CBERS 等中分辨遥感影像来监测小麦长势^[13-14],虽取得了一定的研究效果,但仍存在混合象元的问题,影响解译精度,尤其在水网密布、耕作范围小、地势起伏不定的南方地区。因此,使用高分辨率的卫星影像(如 ALOS、IKONOS、SPOT5 等)有助于进一步提高监测精度。考虑到遥感监测成本和数据获取周期等,本研究拟利用 10 m 分辨率的 ALOS 卫星和 30 m 分辨率的 HJ 卫星,将地面 GPS 定位调查与小麦长势分析相结合,探讨基于中高分辨率影像的小麦长势监测基础理论与方法,旨在建立适合南方地区小麦长势遥感监测方法,为小麦的调优栽培提供信息支持。

1 材料与方法

ALOS 卫星是日本于 2006 年发射的卫星,轨道高度为 691.65 km,卫星上载有先进的可见光与近红外辐射计(AVNIR-2),用于精确陆地观测,星下点空间分辨率为 10 m,波谱范围覆盖蓝光(0.42~0.50 μm)、绿光(0.52~0.60 μm)、红光(0.61~6.9 μm)、近红外(0.76~0.89 μm),AVNIR-2 幅宽为 70 km。

中国 HJ-A/B 卫星,轨道高度为 650 km。两颗星上均装有多光谱可见光相机(CCD 相机)。CCD 相机 4 d 对全球覆盖 1 次(HJ-1A 与 HJ-1B 卫星组网后为 2 d),波谱范围覆盖蓝光(0.43~0.52 μm)、绿光(0.52~0.60 μm)、红光(0.63~6.90 μm)、近红外(0.76~0.90 μm),地面分辨率为 30 m,单台 CCD 相机的幅宽为 360 km(两台幅宽为 710 km)。

本研究利用小麦处于抽穗期 2010 年 5 月 25 日的 ALOS 影像和 2010 年 5 月 24 日的 HJ-A 影像。影像数据处理,先利用地形图对卫星影像进行几何纠正,然后再利用地面 GPS 试验样点(地面控制点)进行几何精校正,确保校正误差小于 1 个像素点。大气辐射校正和反射率转换是利用地面定标体的实测反射率数据和对应的卫星影像的原始 DN 值,采用经验线性法转换获取。分别在 ALOS 和 HJ 裁剪相同范围大小的研究区域。地面实测控制点是采用美国 Trimble 公司的 Juno ST 手持 GPS 接收机,在研究区

小麦种植面积较大的地方选择 16 个试验样点和 5 个 200 m \times 200 m 的小麦样方,采集地理坐标并记录小麦的品种和叶面积指数(LAI)等生长状况数据,其中小麦样方主要用于检验小麦种植面积的提取精度。

2 结果

2.1 小麦种植面积

采用 ISODATA 分类方法,结合人机交互解译等操作,提取 ALOS/AVNIR-2 影像和 HJ/CCD 影像中研究区域的小麦种植面积。根据研究需要,共提取水体、建筑(包括道路)、小麦、其他农作物、林草地 5 类面积信息。由于分辨率的较大差异,从解译结果可看出,ALOS/AVNIR-2 影像的解译精度远高于 HJ 卫星,ALOS/AVNIR-2 影像提取的小麦面积为 24 143.04 hm^2 ,HJ/CCD 影像提取小麦面积为 26 471.36 hm^2 。经实际调查样方检验,ALOS/AVNIR-2 影像小麦解译精度为 93.97%,HJ/CCD 影像解译精度为 89.24%。由于研究区中有一些小麦种植田块相对分布零散,地块破碎无规则,HJ/CCD 影像空间分辨率相对 ALOS/AVNIR-2 较低,易造成混合象元的影响,使得小麦的解译精度较低。

2.2 小麦光谱特征分析

小麦的反射光谱特征可以综合地反映其生理生化过程,当生长条件不一样或发生变化时,小麦的光谱特征也会发生明显的变化。归一化差值植被指数(NDVI)能增强光谱反射对植被的响应能力,是目前应用最广的一种植被指数。ALOS/AVNIR-2 影像分辨率为 10 m,1 个象元实际面积为 10 m \times 10 m。HJ/CCD 影像分辨率为 30 m,1 个象元实际面积为 30 m \times 30 m,相当于包含 9 个 ALOS/AVNIR-2 影像象元。因此,在一些面积小于 900 m^2 的不规则小田块上,由于地块周边环境的影响,使得小麦的光谱特征发生了改变,NDVI 值不能准确反映田块小麦的长势状况。分别提取 ALOS/AVNIR-2 和 HJ/CCD 影像中 16 个取样点的 NDVI 值,分析其相关特征值如表 1 所示。经对比可知,ALOS/AVNIR-2 影像 16 个样点的 NDVI 值都分别小于 HJ/CCD 影像的 NDVI 值,ALOS/AVNIR-2 影像样点 NDVI 的变幅为 0.316 4~0.397 0,平均值为 0.358 9,变异系数为 6.46%;HJ/CCD 影像样点 NDVI 值的变幅为 0.406 0~0.467 2,平均值为 0.435 5,变异系数为 4.20%(表 1)。说明两种遥感影像的小麦光谱特征差异较大,ALOS/AVNIR-2 卫星的光谱特征变异性较 HJ/CCD 影像大,前者更有利于识别小麦的长势变化情况。HJ/CCD 影像的光谱特征对农田大小与

周边田埂环境的监测效果不明显,势必加大对小麦

长势监测的误差。

表1 影像样点归一化差值植被指数及特征值

Table 1 The NDVI data in different remote sensing images

样点	归一化差值植被指数			样点	归一化差值植被指数		
	ALOS	HJ	变化率(%)		ALOS	HJ	变化率(%)
1	0.387 6	0.455 1	14.83	9	0.375 7	0.437 0	14.03
2	0.391 0	0.442 3	11.60	10	0.337 8	0.422 7	20.09
3	0.373 0	0.446 9	16.54	11	0.347 7	0.433 1	19.72
4	0.369 2	0.429 1	13.96	12	0.397 0	0.460 1	13.71
5	0.351 8	0.428 4	17.88	13	0.372 3	0.467 2	20.31
6	0.344 3	0.448 0	23.15	14	0.316 4	0.406 0	22.31
7	0.327 6	0.408 1	19.73	15	0.339 2	0.425 9	20.36
8	0.356 2	0.446 9	20.30	16	0.354 5	0.411 3	13.81

2.3 区域长势监测

叶面积指数(LAI)是反映作物群体有效光合面积大小的重要农学参数,也是确定小麦长势优劣的重要群体指标。研究表明,LAI与NDVI呈正相关关系^[2],由此本研究利用NDVI曲线形态变化与LAI变化的响应关系,提取NDVI曲线的特征参数,建立LAI遥感监测模型,并结合当地小麦品种的生长指标,监测区域小麦的长势状况。

对ALOS/AVNIR-2和HJ影像小麦采样点的NDVI值进行相关对比分析,发现两组NDVI值的变化趋势基本一致,但数值大小相差不一。ALOS/AVNIR-2与HJ/CCD影像采样点的NDVI值之间的相关系数仅为0.5672,两者之间不能相互替代,但均与采样点LAI存在明显的响应关系。因此,为避免监测误差,应分别建立ALOS/AVNIR-2和HJ/CCD影像NDVI与LAI的转换模型。

分析小麦采样点ALOS/AVNIR-2和HJ/CCD影像NDVI的变化态势及其与LAI的相关关系,绘制NDVI与LAI变化关系的散点图,并进行方程拟合。结果显示,抽穗期小麦NDVI与LAI的相关性较好,呈显著的线性相关关系(图1、图2)。ALOS/AVNIR-2影像的拟合方程为: $LAI_{ALOS} = 10.018 0NDVI + 1.050 7$, $R^2 = 0.861 2$ 。

HJ/CCD影像的拟合方程为: $LAI_{HJ} = 12.340 0NDVI - 0.728 9$, $R^2 = 0.809 0$ 。

利用LAI遥感监测模型,将ALOS/AVNIR-2影像和HJ/CCD影像的NDVI数据转换获得研究区域小麦的LAI信息。分析可知:该区抽穗期小麦LAI大多集中在4.0与5.0之间,标准差为0.251,变异系数为5.40%,表明小麦长势存在明显差异。小麦长势的差异直接影响最终的品质和产量,依据当地小麦品种的LAI等级指标,对区域小麦LAI信息进

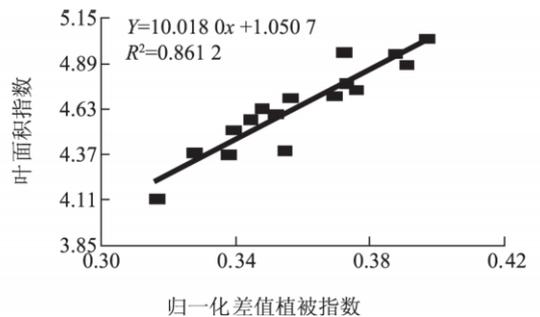


图1 ALOS/AVNIR-2影像NDVI与LAI的关系图

Fig. 1 The relationship between NDVI and LAI by ALOS/AVNIR-2 image

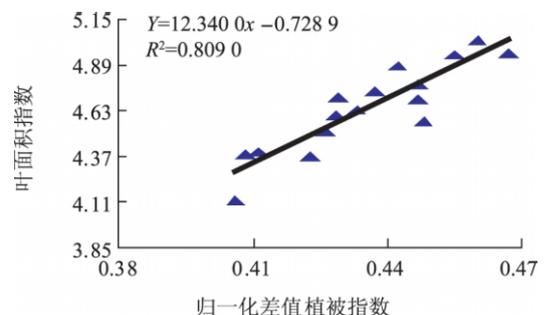


图2 HJ/CCD影像NDVI与LAI的关系图

Fig. 2 Relationship between NDVI and LAI by HJ/CCD image

行分级,同时叠加采样点信息和实际LAI进行修正,得到该区域的小麦长势分级遥感监测信息图。利用ArcGIS系统软件获得各等级长势的小麦面积分布情况(表2)。小麦长势分级遥感监测信息图的生成可为基层农业部门快速获取区域小麦长势信息、及时指导田间生产提供可靠的信息支持。

由表2可知,ALOS/AVNIR-2影像和HJ/CCD影像监测研究区域小麦整体长势正常,分别占整个研究区域的67.18%和68.54%。长势旺盛的地方

大部分位于研究区域的南部,即金湖县的东北部地区和宝应县的东南部,这里离市中心较远,地势平坦,较适合小麦的生长,其种植面积也相对较大,长势相对旺盛,分别占 11.88% 和 11.13%。长势偏弱

和较差的地方大多位于城镇周围,且分布零散,受到城镇建设的影响,小麦的长势较差,共占研究区域的 20% 以上。

表 2 研究区域小麦不同长势等级的面积分布

Table 2 Wheat area distribution of different growth levels in tested areas

图例	类别	叶面积指数	面积 (hm ²)		所占比例 (%)	
			ALOS	HJ	ALOS	HJ
Wheat_I	长势旺盛	>5.0	2 868.34	2 945.37	11.88	11.13
Wheat_II	长势正常	4.5~5.0	16 218.20	18 143.62	67.18	68.54
Wheat_III	长势偏弱	4.0~4.5	2 861.38	3 098.58	11.85	11.71
Wheat_IV	长势较差	<4.0	2 195.12	2 283.79	9.09	8.63

3 讨论

中低分辨率影像用于作物遥感监测已取得了较大的成绩,同时也出现了诸多如“同物异谱”、“同谱异物”等尚未解决的问题。HJ/CCD 影像等中分辨率数据能够从大面积上宏观把握作物的分布,但是无法满足局部地区的精确监测,尤其是对于地形复杂、耕作田块小而无规则的南方地区。高分辨率影像恰能弥补这一缺陷,其分辨率高,细节表现力强,能够满足小范围精确监测的要求。因此,中高分辨率影像的联合监测能为作物长势精确监测提供一条很好的出路。

本研究中利用 ALOS/AVNIR-2 卫星提取研究区域小麦种植面积精度达到 93.97%,HJ/CCD 影像提取精度达到 89.24%,ALOS/AVNIR-2 卫星能够满足该区域小麦长势监测需要。经分析两类遥感数据光谱特征可知,研究区内田块间小麦长势均存在明显差异,且 ALOS/AVNIR-2 与 HJ/CCD 影像的 *NDVI* 值之间相关性不甚明显,虽均与 *LAI* 值存在不同的响应关系,但两者之间不能相互替代或转换,其原因仍需作深入探讨。依据采样点 *NDVI* 与 *LAI* 的相关关系,分别建立了 ALOS/AVNIR-2 和 HJ 影像的 *LAI* 遥感监测模型,实现了由点到面的尺度转换,并对研究区域小麦进行分级,得到研究区域小麦的长势分级遥感监测专题图。如何更好地将高分辨率影像和中分辨率影像进行融合,发挥二者的综合优势,是今后需要进一步研究的课题。

取及长势监测[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(4): 101-104.

- [2] 李正金,李卫国,申双和. 基于优化 ISODATA 法的冬小麦长势分级监测[J]. 江苏农业科学, 2009(2): 301-302.
- [3] 黄青,吴文斌,邓辉,等. 2009 年江苏省冬小麦和水稻种植面积信息遥感提取及长势监测[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 508-511.
- [4] 李建龙,刚成诚,干晓宇,等. 利用“3S”技术估测张家港市主要农作物生产力[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 512-515.
- [5] 李卫国,王纪华,李存军,等. 冬小麦花期生理形态指标与卫星遥感光谱特征的相关性分析[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(1): 79-82.
- [6] 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.
- [7] 黄晓军,李秉柏. 雷达遥感影像在水稻信息提取及估产方面的技术研究[J]. 江苏农业科学, 2009(6): 432-435.
- [8] 杨沈斌,赵小艳,谢晓金,等. 星载雷达在多云多雨地区水稻遥感监测中的应用[J]. 江苏农业科学, 2009(3): 360-362.
- [9] TOSHIHIRO S, MASAYUKI Y, HITOSHI T, et al. A crop phenology detection method using time series MODIS data [J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 96: 366-374.
- [10] 张明伟,周清波,陈仲新,等. 基于 MODIS EVI 时间序列的冬小麦长势监测[J]. 中国农业资源与区划, 2007, 28(2): 29-33.
- [11] 江 东,王乃斌,杨小映,等. *NDVI* 曲线与农作物长势的时序互动规律[J]. 生态学报, 2002, 22(2): 247-252.
- [12] 王正兴,刘 闯, HUETE A. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-*NDVI* 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979-987.
- [13] 李卫国,王纪华,赵春江,等. 冬小麦抽穗期长势遥感监测的初步研究[J]. 江苏农业学报, 2007, 23(5): 499-500.
- [14] 李卫国,李正金,杨 澄. 基于 CBERS 遥感的冬小麦长势分级监测[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(3): 1-5.

参考文献:

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

[1] 刘爱霞,王长耀,刘正军. 基于 RS 和 GIS 的干旱区棉花信息提