

林子晶, 李卫国, 申双和, 等. HJ 星和 GF1 号数据在水稻种植面积提取中的应用[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 111-117.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2016.01.017

HJ 星和 GF1 号数据在水稻种植面积提取中的应用

林子晶^{1,2}, 李卫国², 申双和¹, 马剑凤²

(1. 南京信息工程大学应用气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 江苏省农业科学院农业经济与信息研究所, 江苏 南京 210014)

摘要: 利用中高空间分辨率遥感技术监测农作物生长已成为当今农业遥感研究的热点问题。本研究选用国产中空间分辨率卫星 HJ 星和高空间分辨率卫星 GF1 号遥感影像数据, 在分别对其进行大气校正、几何校正等预处理的基础上, 选用 PCA、Brovey、HPF 和 Wavelet 4 种融合方法对 HJ 星和 GF1 号遥感数据进行融合, 并对其融合效果进行定性和定量评价。通过计算融合影像的 *RVI* 和 *NDVI*, 比较其光谱特征的差异性, 并对筛选出的最适融合影像进行水稻种植面积的提取与精度验证。结果表明, 在 4 种遥感融合方法中, HPF 融合效果最佳, 其标准差和信息熵分别为 10.984 3 和 1.468 6, 信息量丰富, 与原始影像的交叉熵和相关系数分别为 1.848 5 和 0.370 2, 保真度较好, HPF 融合影像 *RVI* 和 *NDVI* 分别为 6.508 1 和 0.713 6, 与实测值最为接近, 近似率分别为 87.71% 和 98.63%, 利用水稻种植面积提取样方验证的精度为 98.08%。说明, 对 HJ 星和 GF1 号遥感影像进行 HPF 融合, 可以增强融合影像的信息量和光谱特征, 有利于县级水稻种植面积准确提取。

关键词: 多源遥感; 数据融合; 植被指数; 水稻面积监测

中图分类号: TP79; S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2016)01-0111-07

Application of HJ and GF1 image data to extract rice planting area

LIN Zi-jing^{1,2}, LI Wei-guo², SHEN Shuang-he¹, MA Jian-feng

(1. College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Institute of Agricultural Economy and Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Using the high spatial resolution remote sensing technology to monitor the growth of crop has been a hot issue in current agricultural remote sensing research. In this study, the data from two homemade satellites, HJ satellite with middle spatial resolution and GF1 with high spatial resolution were fused by means of PCA, Brovey, HPF and Wavelet after atmospheric correction and geometric correction. The fusion effectiveness qualitatively and quantitatively evaluated. Among the four fusion methods HPF fusion image presented richer information and better fidelity; its standard deviation and information entropy were 10.984 3 and 1.468 6, and the cross entropy and correlation coefficient between HPF and original image were 1.848 5 and 0.370 2. The *RVI* and *NDVI* of HPF fusion image were 6.508 1 and 0.713 6, the closest to the measured values, with their approximation rates of 87.71% and 98.63%. The accuracy of the HPF fusion image was 98.08%, verified by the rice planting area in the extracted samples. The research suggested that using HPF method to merge HJ image and GF1 image could enhance the infor-

收稿日期: 2015-05-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171336)

作者简介: 林子晶(1991-), 女, 江苏姜堰人, 硕士研究生, 研究方向为气象灾害遥感监测。(E-mail) 617227823@qq.com

通讯作者: 李卫国, (E-mail) jaaslw@126.com

mation content and spectral characteristics of the fusion image, favorable for improving the accuracy of rice planting area extraction in county level.

Key words: multi-source remote sensing; data fusion; vegetation index; rice area monitoring

水稻作为江苏省的主要农作物之一,准确获取其种植面积及其分布状况有助于给政府部门提供科学的辅助决策信息。近年来,卫星遥感监测技术因其具有宏观、快速、准确、动态等优点在农业上得到较多应用,主要用于作物的长势监测、产量估算、病虫害监测预报等方面^[1-4]。如赵丽花等^[5]利用 HJ-1A、1B/CCD 提取冬小麦种植面积,李卫国等^[6]利用 Landsat/TM 监测冬小麦长势及氮素含量,Shen 等^[7]利用 ENVISAT/ASAR 数据估测区域水稻产量。不同农作物生长信息遥感监测对遥感影像的时空分辨率等要求不一,对于县级区域农作物遥感监测,高精度、高时效性、高质量的遥感影像更有利于全面精确地获取农田作物生长与环境信息。

随着遥感技术的发展,单一的遥感影像数据已不能满足农作物生长监测的需求,需要通过遥感影像融合,消除多传感器之间的冗余性、增加各种数据之间的互补性,从而更加有效地利用多种遥感影像数据^[8]。如熊育久等^[9]利用多源遥感数据融合分析了其对植被识别的影响,李石华等^[10]在植烟生态研究中和钱永兰等^[11]在作物识别上均利用了遥感影像融合技术。在理想融合情况下,融合影像可以保留多光谱影像的光谱特征和全色影像的高空间分辨优势,即在丰富信息量的同时,保留原始影像的光谱信息和空间信息。

目前,遥感影像融合主要利用国外遥感影像数据,如 LANDSAT/TM、Quickbird/CCD、SPOT/HRS、EOS-Terra/MODIS 和 ENVISAT/ASAR 等。中国自主研发的卫星遥感数据应用较少,在农作物监测上主要使用 HJ-1A、1B/CCD 遥感影像。如葛广秀等^[12]利用 HJ-1A/CCD 遥感影像提取冬小麦种植面积, Li 等^[13]利用 HJ-1A 对水稻进行估产;王玲等^[14]利用 HJ 卫星 IRS 遥感数据提取秸秆火点;熊世为等^[15]利用 HJ-1B 反演小麦冠层温度。而有关利用 HJ 星和 GF1 号遥感影像数据共同监测农作物的研究则鲜有报道。本研究以江苏省水稻为研究对象,选用国产 HJ-1B/CCD 和 GF1/PMS1 卫星影像,利用主成分变换(PCA)、比值变换(Brovey)、高通滤波融合(HPF)和小波融合(Wavelet)等 4 种融合方法进

行融合,在对融合影像进行融合效果评价的基础上,选用 *RVI* 和 *NDVI* 植被指数进一步分析融合影像的光谱特征,并对最佳融合影像进行水稻种植面积提取和精度验证,旨在筛选适用于水稻种植面积提取的 HJ 星和 GF1 号遥感影像融合方法,为农业部门决策提供较好的技术支撑。

1 材料和方法

1.1 研究区域及材料

研究区域选择江苏省南通市如皋市,区域中心经纬度分别为 120.737 °E 和 32.231 °N,区域轮廓为正方形,其宽度为 60 km,左上角经纬度为 120.598 0 °E 和 32.434 9 °N,左下角经纬度为 120.508 0 °E 和 32.100 8 °N,右上角经纬度为 120.969 0 °E 和 32.361 8 °N,右下角经纬度为 120.877 0 °E 和 32.027 8 °N。南通市位于江苏省东南部,东临黄海,南临长江,属北亚热带湿润性气候区,季风影响明显,雨水充沛,无霜期长,年平均气温约 15 °C,年日照时数 2 000~2 200 h,年降水量 1 000~1 100 mm,且雨热同季,夏季雨量约占全年雨量的 40%~50%,常年雨日平均 120 d 左右。南通市主要农作物为水稻、小麦、玉米、花生、油菜等,研究区域内八月中旬水稻、玉米、花生等均有种植,城镇、河流、湖泊等也有覆盖,具有一定的区域代表性。

2013 年 8 月 15 日在研究区域内利用 GPS 定位测定 30 个点的光谱数据和水稻生长数据(包括株高、叶温、土壤温湿度、生物量、叶绿素含量、病虫害情况等,作为基本农情数据备用)。采用 Green Seeker 505 光谱仪(美国 NTECH 公司生产)测量水稻比值植被指数(*RVI*)和归一化植被指数(*NDVI*),每个样点测定 5 次,取其平均值。遥感影像数据选用国产卫星 HJ-1B 星 30 m 中分辨率的多光谱影像(传感器为 Charge-coupled device,简称 CCD)和高分一号(GF1)2 m 高分辨率的全色影像(传感器为 Passive Microwave Scanner,简称 PMS),影像信息如表 1 所示,其过境时间分别为 2013 年 8 月 11 日和 2013 年 8 月 13 日,影像采集时间相差 2 d,地物信

息变化较小,可以作为数据融合的基础影像。

表 1 基础影像信息

Table 1 Basic information of the images

参数	环境与灾害监测预报小卫星 (HJ 星)	高分 1 号 (GF1 号)
传感器	CCD-1B	PMS1
采集时间	2013-08-13	2013-08-11
光谱范围(μm)	0.43~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.90	全色 0.45~0.90
空间分辨率(m)	30	2
幅宽(km)	720	60

1.2 遥感数据预处理

首先,利用 ERDAS 和 ENVI 软件对两景影像分别进行大气校正、几何精校正等基本处理,其次,以 GF1/PMS1 影像为基准区域,利用 AOI(Area of interest)工具裁剪出 HJ-1B/CCD 影像相对应区域影像作为融合前的基本影像。利用 ERDAS 软件对处理后的 HJ-1B/CCD 多光谱影像和 GF1/PMS1 全色影像分别进行 PCA、Brovey、HPF 和 Wavelet 融合。在 ENVI 软件中利用 30 个 GPS 定位点分别提取四景融合影像红光波段和近红外波段的反射率数据。

1.3 融合影像效果评价方法

常用融合评价方法分为定性评价和定量评价,即主观的目视效果评价和量化的客观指标评价。本研究选用的客观融合评价指标为均值、标准差、信息熵、交叉熵、相关系数,能够简单直接地量化说明融合后影像的信息量、保真度等情况。

1.3.1 均值 影像像元的灰度平均值,反映融合后影像灰度的分布情况和亮度大小。均值适中,说明影像质量良好。定义公式为:

$$\mu = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N F(i, j)$$

1.3.2 标准差 反映了影像灰度值的离散程度,标准差越大,说明影像的灰度值分布越分散,信息量越多。定义公式为:

$$std = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [F(i, j) - \mu]^2}$$

1.3.3 信息熵 反映了影像的丰富程度,信息熵越大,说明影像的信息量越丰富,与标准差类似,均可

作为衡量影像信息丰富程度的定量评价指标。定义公式为:

$$e = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log_2(P_i)$$

1.3.4 交叉熵 反映融合影像的光谱信息量及其与原影像对应像元的差异程度。交叉熵越小,说明与原影像的差异越小,携带的信息量越多,细节越丰富,融合质量越好。定义公式为:

$$CE_{S,F} = \sum_{i=0}^{L-1} P_{S_i} \log_2 \frac{P_{S_i}}{P_{F_i}}$$

1.3.5 相关系数 表示融合影像和原影像的相关程度,可用于评价融合影像的光谱保真度。相关系数越大,表示融合影像与原影像越相关,即光谱保真度越佳。定义公式为:

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{ [F(i, j) - \bar{F}] \times [A(i, j) - \bar{A}] \}}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [F(i, j) - \bar{F}]^2 \times \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [A(i, j) - \bar{A}]^2}}$$

1.4 融合影像植被指数计算

植被指数是遥感领域中一个简单有效的度量参数,用来表征地表植被覆盖和生长状况。常用的植被指数有比值植被指数(RVI)、归一化植被指数(NDVI)、土壤调节植被指数(SAVI)、改进土壤修正植被指数(MASVI)、大气阻抗植被指数(ARVI)等。本研究选用 RVI 和 NDVI 比较融合影像的光谱特征。

1.4.1 RVI RVI 是第一个真正的植被指数,它是植被近红外反射率和红光反射率的比值,绿色植被的灵敏指示参数,与叶绿素含量有较高的相关性,当植被覆盖率较高时,RVI 对植被非常敏感,植被覆盖率越高,敏感性越强,RVI 值越高,表示植被覆盖率越高。RVI 定义为近红外波段反射率(R_{nir})与红光波段反射率(R_{red})的比值,计算公式为:

$$RVI = R_{nir} / R_{red}$$

1.4.2 NDVI NDVI 是目前国际上较为通用的一种植被指数,在表征植被特征方面有重要的意义,在多个领域均有应用,在农业上主要用于作物分类、长势监测等方面。NDVI 大致是 RVI 的一个非线性变换,当植被覆盖率较低时,NDVI 对植被覆盖率非常敏感,NDVI 值越高,表示植被覆盖率越高。定义公式为:

$$NDVI = (R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red})$$

1.5 融合影像水稻种植面积提取与验证

利用 GPS 建立近似 300 m×300 m 的水稻试验样方 2 个,对试验样方内房屋、道路、水体、水稻及其他植被等的空间信息进行统计,以获取样方水稻种植面积统计数据。利用 ERDAS 软件对最佳融合影像进行非监督分类,主要步骤为:初始分类、专题判别、分类合并、色彩确定、分类后处理、色彩重定义、栅格矢量转换以及统计分析。利用试验样方的矢量文件制作 AOI 文件,通过影像裁剪获取样方区融合影像,用 ERDAS 软件的 Raster Attribute Editor 功能统计其水稻种植面积数据,并与样方水稻种植统计面积进行比对和精度验证。定义融合影像水稻种植面积精度(A)验证的计算公式为:

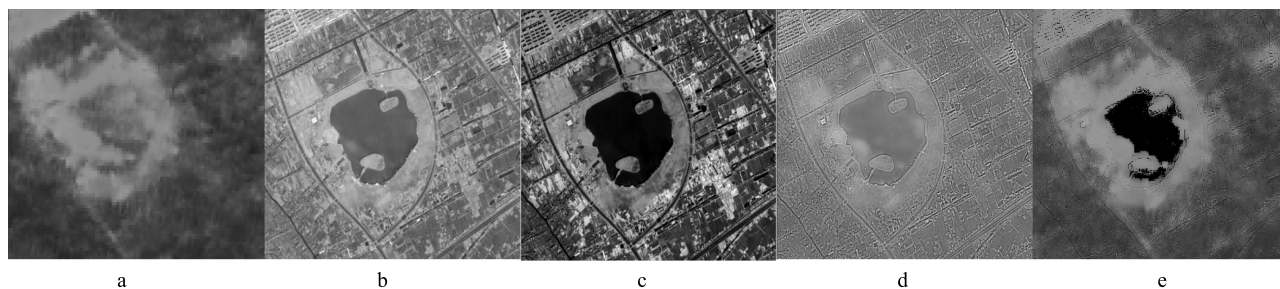
$$A = [1 - |S_{\text{merge}} - S_{\text{real}}| / S_{\text{real}}] \times 100\%$$

其中, S_{merge} 为样方区融合影像的水稻种植面积(m^2), S_{real} 为试验样方实测水稻种植面积(m^2)。

2 结果与分析

2.1 不同融合影像目视效果评价

利用 4 种方法对 HJ-1B/CCD 影像和 GF1/PMS1 全色影像进行融合,由于融合后影像空间分辨率均为 2 m,融合影像区域较大,为便于目视效果比较,放大后截取影像部分区域进行比较,如图 1 所示。其中,图 1 a 是 HJ-1B/CCD 预处理后的原始影像,图 1b、图 1c、图 1d 和图 1e 分别是经过 PCA、Brovey、HPF、Wavelet 融合后的影像。



a 是 HJ-1B/CCD 预处理后的原始影像;b、c、d、e 分别是经过 PCA、Brovey、HPF、Wavelet 融合后的影像。

图 1 不同融合影像目视效果

Fig.1 The visual effects of original image and fused images

由图 1 看出,4 种融合方法均提高了 HJ-1B/CCD 影像的空间分辨率,在不同程度上改善了纹理信息和空间特征信息,使影像更为清晰。其中,图 1a 视觉效果模糊,边界特征不明显,隐约可区分田块、水域、道路;图 1b 明显提高了影像的清晰度和纹理特征,颜色偏暗;图 1c 和 1b 略微相近,部分地物略有失真,如水体中植被表现不明显,颜色偏绿;图 1d 清晰度较图 1b 略低,表现为田块间不同作物差异不明显,但其纹理特征尤为清晰,颜色偏亮;图 1e 较图 1a 信息略丰富,突出表现了水体、田块、空地的差异,但清晰度明显低于图 1b、图 1c、图 1d,且纹理特征模糊不清,失真度最大。由此可得,PCA 融合后的影像目视效果最佳,HPF 和 Brovey 融合后的影像次之,Wavelet 融合后的影像目视效果最差。

2.2 不同融合影像定量指标评价

利用定量指标评价公式分别计算融合前后影像

近红外波段(NIR)、红光波段(R)及绿光波段(G)的均值、标准差、信息熵、交叉熵和相关系数,计算结果如表 2 所示。

均值反映了影像的空间质量,一般情况下,均值适中,则融合效果较好。由表 2 可知,HJ-1B/CCD 原始影像的平均值为 60.257 6,PCA、Brovey、HPF 和 Wavelet 融合影像的平均值分别为 71.326 2、59.457 6、63.857 9、170.248 6,各方法融合影像的均值与原始影像相比,Wavelet 相差最大,Brovey 和 HPF 与原始影像最为接近,PCA 略有差异,从 3 个波段分别来看,HPF 融合后的影像与 HJ-1B/CCD 原始影像最为相近,PCA 次之。

标准差、信息熵是衡量影像信息丰富程度的重要指标,标准差越大、信息熵越大,视觉信息越明显,信息量越丰富,影像融合质量越好。由表 2 可知,4 种方法融合影像的标准差从大到小依次为 Wavelet>

表 2 融合影像效果定量评价指标
Table 2 The qualitative evaluation parameters of the fusion images

影像	波段	均值	标准差	信息熵	交叉熵	相关系数
HJ-1B/CCD 原始影像	NIR	92.705 2	12.656 1	—	—	—
	R	44.484 3	7.452 1	—	—	—
	G	43.583 2	4.776 6	—	—	—
	平均	60.257 6	8.294 9	—	—	—
PCA 融合影像	NIR	97.837 8	13.944 5	1.463 3	0.764 0	0.494 0
	R	56.357 4	10.647 4	1.375 5	2.155 7	0.715 0
	G	59.783 3	9.995 8	1.360 0	3.828 8	0.578 0
	平均	71.326 2	11.529 2	1.399 6	2.249 5	0.595 7
Brovey 融合影像	NIR	66.163 2	11.978 4	1.663 4	3.568 5	0.130 0
	R	54.868 2	10.710 3	1.607 0	1.502 8	0.358 0
	G	57.341 3	15.440 5	1.794 6	2.009 8	-0.547 0
	平均	59.457 6	12.709 7	1.688 3	2.360 4	-0.019 7
HPF 融合影像	NIR	92.324 5	11.974 3	1.415 9	0.630 1	0.581 0
	R	43.896 7	7.324 6	1.260 6	0.635 1	0.591 0
	G	43.081 3	4.572 0	1.126 8	0.628 6	0.596 0
	平均	63.857 9	10.984 3	1.468 6	1.848 5	0.370 2
Wavelet 融合影像	NIR	170.928 7	17.965 5	1.796 5	8.4613	-0.464 0
	R	170.034 8	23.480 2	1.917 4	9.182 6	0.872 0
	G	169.782 4	21.298 8	1.837 1	10.508 1	-0.510 0
	平均	170.248 6	20.914 8	1.850 3	9.384 0	-0.034 0

Brovey>PCA>HPF,信息熵从大到小依次为Wavelet>Brovey>HPF>PCA。Wavelet 标准差与信息熵较大,其余各融合影像间标准差及信息熵差异较小,但都大于 HJ-1B/CCD,说明 4 种融合方法均在不同程度上丰富了原始影像的光谱信息。

交叉熵和相关系数都是将融合影像和原始影像交叉计算,用于反映融合影像和原始影像的差异程度及光谱保真度,交叉熵越小,相关系数越大,说明和原始影像差异越小,携带的信息量越丰富,光谱保真效果越佳,融合效果越好。将 4 种融合后影像进行比较,交叉熵由小到大依次为 HPF<PCA<Brovey<Wavelet,相关系数由大到小依次为 PCA>HPF>Brovey>Wavelet,其中,PCA 和 HPF 保真度最高,与 HJ-1B/CCD 关联性最大。

综合分析 4 种融合方法,其中 Wavelet 融合后的影像信息最丰富,但与 HJ-1B/CCD 原始影像差异过大,即过于失真,不作考虑。Brovey 融合后的影像

在各项评价指标中均处于中间的状况,即信息量较为丰富,失真度较小,但其均值偏小,且各波段均值与 HJ-1B/CCD 原始影像差异较大,融合效果较差。PCA 和 HPF 融合后的影像与 HJ-1B/CCD 原始影像相关性较大,即保真度高,信息丰富程度虽然偏低,但与 Brovey 融合后的影像信息熵相比差异较小,且明显高于 HJ-1B/CCD 原始影像,融合效果较好,两者中 HPF 融合效果略佳。

2.3 不同融合影像植被指数比较

根据植被指数公式计算四景融合影像 30 个定位点的 RVI 和 NDVI,将研究区域内光谱仪测定的 30 个 GPS 定位样点的 RVI 和 NDVI 数据作为实测值,对四景融合影像和实测值均选取最大值、最小值,并计算平均值,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,四景融合影像的 RVI 和 NDVI 均低于实测值,这是由于大气效应降低了对植被的敏感度,通过大气校正,在一定程度上削弱了大气的影

表 3 不同融合影像的 *RVI* 和 *NDVI* ($n=30$)Table 3 *RVI* & *NDVI* of different fusion images

植被指数		实测值	PCA 融合影像	Brovey 融合影像	HPF 融合影像	Wavelet 融合影像
<i>RVI</i>	最小值	5.327 5	4.818 2	3.924 1	5.191 5	3.589 5
	最大值	8.249 3	7.641 0	5.386 4	7.937 5	4.518 5
	平均	7.419 7	6.136 2	4.282 4	6.508 1	4.044 7
<i>NDVI</i>	最小值	0.699 5	0.611 1	0.392 6	0.673 3	0.302 9
	最大值	0.802 2	0.750 7	0.561 9	0.795 1	0.355 9
	平均	0.723 5	0.699 5	0.523 5	0.713 6	0.326 5

但仍有一定的差值。*RVI* 和 *NDVI* 数值越大,说明植被覆盖度越高,当植被覆盖率较小时,*NDVI* 对植被叶绿素含量、叶面积指数等最为敏感,当植被覆盖率较大时,*RVI* 对植被叶绿素含量、叶面积指数等更为敏感,同时用这 2 种植被指数来比较,能够较为全面地表述融合影像的水稻像元光谱信息量。四景融合影像与实测值相比,其 *RVI* 近似率分别为 82.70%、57.72%、87.71%、54.51%,*NDVI* 的近似率分别为 96.68%、72.36%、98.63%、45.13%,*RVI* 的近似率低于 *NDVI*,*RVI* 融合影像显示 55%~85% 的光谱信息,*NDVI* 融合影像能显示 70%~97% 的光谱信息。

从数值上看,实测 *RVI* 为 7.419 7,融合影像的 *RVI* 与实测 *RVI* 近似率由大到小顺序为 HPF>PCA>Brovey>Wavelet,其中,HPF 融合影像的 *RVI* 为 6.508 1,与实测值最为接近,最好地保留了 HJ-1B/CCD 原始影像的光谱信息,PCA 融合影像的 *RVI* 为 6.136 2,仅次于 HPF 融合影像,表明其光谱信息较为丰富,而 Brovey 和 Wavelet 融合影像的 *RVI* 明显低于实测值,且差距较大,其中 Wavelet 融合影像的 *RVI* 最低,为 4.044 7,效果最差,最失真。

NDVI 实测均值为 0.723 5,HPF 融合影像的 *NDVI* 均值为 0.713 6,略低于实测值,融合影像的 *NDVI* 与实测 *NDVI* 近似率由大到小顺序为 HPF>PCA>Brovey>Wavelet,且 Brovey 和 Wavelet 明显小于 HPF 和 PCA。不同融合影像的光谱信息量程度不同,用植被指数具体表现为数值的大小以及和实测值的差距。数值越大,与实测值越接近,说明融合影像的光谱信息量越丰富。HPF 融合影像的 *RVI* 和 *NDVI* 均大于其他融合影像,且与实测值最为接近,近似率分别为 87.71% 和 98.63%,表明其光谱信息量最为丰富。

3 融合影像水稻种植面积提取精度验证

根据融合效果评价及植被指数的综合分析,HPF 融合较好地保留了 HJ-1B/CCD 原始影像的光谱信息和 GF1/PMS1 的高空间分辨率,信息量丰富,纹理特征明显,融合效果较好,其 *RVI* 和 *NDVI* 也较接近实测值。为进一步验证融合影像在区域水稻种植面积提取中的准确性,选取 HPF 融合影像进行非监督分类,提取研究区域水稻种植面积,将影像放大后截取研究区域内部分区域,结果如图 2 所示,其中灰色表示水稻种植像元,白色表示非水稻像元。



图 2 研究区域水稻分布

Fig.2 The rice distribution in the studied area

由图 2 可以明显地分辨出城镇、道路、河流等信息,纹理清晰,边际特征突出。据统计,2 个试验样方区域水稻种植面积分别为 515 m² 和 604 m²,利用 ERDAS 软件统计对应样方融合影像的水稻种植面积分别为 528 m² 和 612 m²,根据融合影像水稻种植面积精度验算公式计算得出,2 个试验样方的精度分别为 97.48% 和 98.68%,取其平均值为 98.08%,

表明 HPF 融合影像较为精确,融合效果较好,可以作为水稻种植面积监测的 HJ-1B/CCD 和 GF1/PMS1 遥感影像融合方法。

4 讨论

作为农作物面积提取和产量估测的前提和基础,作物遥感识别与信息获取已成为农业遥感监测的一项重要内容。为了更好地获取地物光谱信息,学者们选用国外卫星遥感数据,基于多种信息融合方法,针对不同分辨率遥感影像、不同作物开展了在农业领域的多种应用与研究。本研究选用中国自主研发的卫星遥感数据,研究适用于南方水稻种植面积提取的遥感影像融合方法。将 30 m 中分辨率的 HJ-1B/CCD 多光谱影像和 2 m 高分辨率的 GF1/PMS1 全色波段影像进行多种方式融合,综合评价效果显示,HPF 融合效果最佳,其标准差和信息熵分别为 10.984 3 和 1.468 6,信息量丰富,与原始影像的交叉熵和相关系数分别为 1.848 5 和 0.370 2,保真度较好。通过植被指数 RVI 和 $NDVI$ 比较融合影像的光谱特性发现,HPF 融合影像的 RVI 和 $NDVI$ 分别为 6.508 1 和 0.713 6,与实测值最为接近,且近似率分别达 87.71% 和 98.63%,表明其光谱特征保留程度最高,其中 $NDVI$ 能够更好地保留融合影像的光谱特性。最后利用比较影像和实测样方范围内水稻种植面积的方法验证最适融合影像的实际精度,HPF 融合影像的精度达 98.08%,表明 HPF 融合影像与实际情况基本符合。

利用 HPF 融合方法能够提高原始多光谱影像的空间分辨率和纹理特征,增强边缘特征,并较多地保留多光谱影像的光谱特性,使融合影像信息量丰富。此外,通过植被指数的比较发现, $NDVI$ 比 RVI 对融合影像的光谱特性有更好的表现力,除水稻种植面积监测外,也可利用 $NDVI$ 与植被叶面积指数、叶绿素含量等要素的相关性,将 HPF 融合 HJ-1B/CCD 和 GF1/PMS1 影像的方法应用于水稻长势监测、估产等方面。由于研究区域作物种类较多,为更

加准确地获取水稻种植分布信息,今后可以进一步考虑通过多时相遥感影像进行和值合成运算,以扩大水稻与其他作物的光谱区分度。此外,由于高分 1 号影像 60 km 幅宽的局限性,不利于县域以上大面积的水稻生长监测,但可作为中低分辨率影像的解译标识参考。

参考文献:

- [1] 张竞成,袁琳,王纪华,等. 作物病虫害遥感监测研究进展[J]. 农业工程学报, 2012, 28(20): 1-11.
- [2] 李卫国. 作物旱涝灾情遥感监测进展与思考[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(6): 1503-1506.
- [3] 吴炳方,张峰,刘成林,等. 农作物长势综合遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 498-513.
- [4] 王庆林,李卫国,王荣富. 基于不同时相遥感的冬小麦种植面积的提取[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(6): 1286-1291.
- [5] 赵丽花,李卫国,杜培军. 基于多时相 HJ 卫星的冬小麦面积提取[J]. 遥感信息, 2011(2): 41-45.
- [6] 李卫国,王纪华,赵春江,等. 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): 12-19.
- [7] SHEN S H, YANG S B, LI B B, et al. A scheme for regional rice yield estimation using ENVISAT ASAR data[J]. Sci China Ser D-Earth Sci, 2009, 39(6): 763-773.
- [8] LI W G, JIANG N, GE G X. Analysis of spectral characteristics based on optical remote sensing and sar image fusion[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(11): 2035-2038, 2040.
- [9] 熊育久,林辉,孙华,等. 多源遥感数据融合及其对植被识别的影响[J]. 林业资源管理, 2005, 5(4): 71-76.
- [10] 李石华,李佛琳,蒋朝臣,等. 卫星遥感融合技术在植烟生态研究中的应用[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(S2): 159-163, 177.
- [11] 钱永兰,杨邦杰,雷廷武. 用基于 IHS 变换的 SPOT-5 遥感图像融合进行作物识别[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 102-105.
- [12] 葛广秀,李卫国,景元书. 基于 $NDVI$ 密度分割的冬小麦种植面积提取[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(7): 997-1002.
- [13] LI W G, LI H, ZHAO L H. Estimating rice yield by HJ-1A satellite images[J]. Rice Science, 2011, 18(2): 142-147.
- [14] 王玲,田庆久,包颖. 基于 HJ 卫星 IRS 遥感数据的农作物秸秆火点提取模式研究[J]. 地理科学, 2011, 31(6): 661-667.
- [15] 熊世为,李卫国,景元书. 基于 HJ-1B 卫星遥感影像的小麦冠层温度的反演[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(6): 1466-1470.

(责任编辑:陈海霞)