

基于 ARSIS 策略的 SAR 影像与多光谱遥感小波融合

李卫国¹, 蒋楠^{1,2}, 熊世为¹

(1. 江苏省农业科学院农业经济与信息所, 南京, 210014; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 徐州, 221116)

摘要: 针对南方多云多雨、光学遥感数据不易获取的特点, 在江苏省宝应县设置了区域试验, 探索了 ENVISAT/SAR 影像与 HJ-1A 星多光谱遥感融合的模式与效果。基于 ARSIS 策略, 利用 Mallat 小波变换和波段间交互构造模型 IBSM, 对 SAR 影像和 HJ-1A/CCD 影像进行小波分解与低频、高频系数重构, 然后通过小波逆变换得到信息融合影像。针对低频与高频影像的不同区域特征使用不同的融合规则, 以增强融合过程的自适应性。对融合影像进行了主观与相应的定量评价, 并与 PCA 变换、IHS 变换等传统方法进行比较。最后, 利用 GPS 矢量样点提取了小波融合前后影像的波段值与 NDVI 信息, 对融合效果做了进一步的分析与说明。结果表明, 小波融合、IHS 变换、PCA 变换影像光谱扭曲度平均值分别为 0.1016、0.3261、1.2772, 其中小波融合方法的值最小。三者的信息熵平均值分别为 14.7015、11.8993 和 13.2293, 以小波融合方法的值最高。说明小波融合方法在提高空间分辨率的同时, 较好的增强了光谱保持能力, 信息解译效果明显优于 PCA 变换和 IHS 变换 2 种方法。

关键词: 遥感, 小波变换, 信息融合, SAR 影像, 多光谱影像, ARSIS 策略

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.z1.027

中图分类号: X705

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-Supp.1-0158-06

李卫国, 蒋楠, 熊世为. 基于 ARSIS 策略的 SAR 影像与多光谱遥感小波融合[J]. 农业工程学报, 2012, 28(增刊 1): 158-163.

Li Weiguo, Jiang Nan, Xiong Shiwei. Multi-spectral and SAR wavelet fusion based on ARSIS strategy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(Supp.1): 158-163. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着遥感技术的发展, 多用途遥感卫星相继发射升空, 由于荷载传感器不同, 出现了多时相、多波段及多空间分辨率等的遥感影像。不同卫星遥感影像有其各自的优势与局限性, 通过遥感数据融合, 可以更充分发挥多元数据信息优势, 扩大遥感数据的应用范围。多光谱影像波段数较多(如 Landset/TM5、HJ-1A/B/CCD、CBERS/CCD 等), 光谱信息丰富, 利于人眼视觉判读, 但混合像元现象严重, 并且在南方多云多雨天气下往往不易获得^[1-3]。微波遥感能够穿透云雾、雨雪, 对土壤、植被也有一定的穿透能力, 因此, SAR 可不受天气条件约束, 具有全天时全天候工作的能力, 还可以提供光学遥感所不能提供的某些信息, 在多云雨的南方农作物遥感监测中越来越受到重视。但是, SAR 影像的几何失真较大, 光谱特征不明显, 噪声较多。若将 SAR 影像与多光谱影像进行融合, 可实现优势互补, 抑制各自缺点, 易于视觉分析与解译的目的, 还能为目标识别提供更多的光谱信息^[4-6]。

由于 SAR 与光学传感器成像机理不同, 各自影像的

光谱差异很大, 同时影像斑点噪声严重, 使用传统线性模型融合后常出现光谱信息丢失、对比度降低、光谱扭曲严重等现象。不同类型影像的兼容性较差, 数据之间呈非线性关系, 不能仅仅使用线性理论模型融合影像数据, 需要引用非线性理论和模型——小波变换^[7-8]。小波变换能将原始影像分解成一系列不同的空间域和频率域的细节与近似子影像, 可反映原始影像的局部变化特征。因此, 将经小波变换后低分辨率影像的近似影像代替到高分辨率影像的近似影像, 能够最大限度地保留多光谱数据的光谱信息^[9]。小波变换融合的不足之处在于, 由于多光谱影像与全色影像光谱相关性较低, 简单的低频信息替换会造成原多光谱影像光谱信息丢失, 对融合结果造成较差影响。

针对融合影像光谱信息丢失的问题, Ranchin 和 Wald 提出将 ARSIS 策略用于数据融合中, 意为通过增加结构而增强影像空间分辨率, 研究如何建立高空间分辨率影像(SAR 影像)与分辨率较低但光谱信息丰富的多光谱影像间的关系模型, 并成功应用于 HPF 变换及小波变换中^[10-12]。本文依据 ARSIS 策略, 对 SAR 影像与多光谱影像进行多种融合方法比较研究, 旨在建立适合南方农作物监测应用的遥感数据融合方法, 为作物面积提取与产量估测提供技术支持。

2 材料与方法

2.1 数据源及利用

研究区域选在江苏省宝应县, 是长江下游重要的稻

收稿日期: 2011-10-19 修订日期: 2012-02-23

基金项目: 国家自然科学基金(41171336); 江苏省农业科技自主创新项目(CX-11-2043); 江苏省自然科学基金(BK2011684)

作者简介: 李卫国(1967-), 男, 山西清徐人, 博士, 研究员, 研究方向为农情与农业灾害遥感监测。南京 江苏省农业科学院农业经济与信息所, 210014。Email: jaaslwg@126.com

麦产区。研究区具有农田、城镇建筑用地、河流等多种地物类型，坐标范围纬度 $33^{\circ}0'11.66'' \sim 33^{\circ}3'33.66''N$ ，经度 $119^{\circ}5'38.64'' \sim 119^{\circ}9'46.90''E$ 。SAR 影像选用 2010-08-12 的 ENVISAT/ASAR 影像，分辨率为 12.5 m，具有较好的空间特性；多光谱影像分别选用 2010 年 8 月 4 日和 8 月 13 日的 HJ-1A/CCD 影像，CCD 影像共 4 个波段，空间分辨率 30 m，具有良好的光谱特性。利用 GPS 接收机在研究区域水稻种植面积较大的田块中随机建立 16 个监测样点，采集地理坐标并记录了水稻生长参数指标。样点数据主要用于几何精校正和融合结果验证。8 月 4 日 CCD 影像和 SAR 影像用于数据融合方法研究，8 月 13 日的 CCD 影像用于同小波融合数据间光谱特征与植被指数的比较研究。

在数据融合前，先进行影像的大气校正与几何校正，几何校正的投影参数为 Krasovsky 参考椭球下的 Albers 投影，精度控制在一个像元内。随后选用 lee-sigma 滤波器进行 ENVISAT 数据的噪声滤波，并对两幅影像进行直方图匹配，以保证较好的融合精度。为便于小波融合效果的分析比较，同时使用了 PCA 变换和 IHS 变换 2 种方法进行融合^[13-14]。

2.2 基于 ARSIS 策略的小波融合方法

ARSIS 策略^[10-12]，首先是提取 A 影像中的高频信息，并假设这些高频信息是 B 影像所缺失的，将其代入 B 影像中，构建既具有 A 影像高空间分辨率也具有 B 影像光谱特征的融合影像。其框架中包含了 3 种模型：多尺度模型 (Multiscale Model, MSM)、波段间交互构建模型 (Inter-Band Structure Model, IBSM) 与高分辨率波段间交互构造模型 (High Resolution Inter-Band Structure Model, HRIBSM)。基于 ARSIS 策略的小波融合过程为：第一步，利用 MSM 模型进行尺度为 n 的 Mallat 小波正变换，均分解为 $3n$ 幅高频细节影像和 1 幅低频近似影像；第二步，通过 IBSM 模型，选用适合的融合规则，构建每层影像的融合系数，分别进行 A、B 影像细节与近似影像的融合；第三步，利用 HRIBSM 模型将 A 细节影像叠加到 IBSM 融合影像中；第四步，进行 MSM 模型的小波逆变换，生成最终的融合结果 B^* 影像。

2.3 小波系数融合规则

现有的研究通常对源影像采用单一融合规则（如基于像素、窗口或区域的融合测度指标），而实际上不同的影像区域（平滑区域、边缘与纹理等）应采用不同的融合规则。这就需要将图像不同区域分别对待，并且 MSM 分解得到的高频细节信息与低频近似信息的物理意义不同，针对其特性需采用不同的融合规则，实现影像多分辨率系数的自适应融合。

2.3.1 低频信息融合规则

正确选择低频信息融合规则对提高影像质量与目视效果十分重要。本研究在 Burt 等人^[15]研究的基础上提出一种基于区域特征选择的加权平均算法作为低频信息的融合规则，可在不同区域中进行小波系数自适应融合。领域大小的选择与参与融合图像的特点有关，本文领域

大小为 3×3 。具体算法如下

$$\text{首先，定义权值矩阵 } M \times N = \begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{1}{16} & \frac{1}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{1}{2} & \frac{1}{16} \\ \frac{1}{16} & \frac{1}{16} & \frac{1}{16} \end{bmatrix} \text{ 为一个}$$

3×3 的窗口，其中 $\omega(q)$ 为权值。则 A 影像在 k 波段上的点 (i, j) 在此窗口内的局部信息量

$$E_{Ak}(i, j) = \sum_{m=-\frac{M-1}{2}}^{\frac{M-1}{2}} \sum_{n=-\frac{N-1}{2}}^{\frac{N-1}{2}} \omega(q) |A_k(i, j) - A_k(i+m, j+n)|^2 \quad (1)$$

同理得到 $E_{Bk}(i, j)$ 。并定义一个匹配矩阵

$$M(i, j) = \frac{2E_{Ak}(i, j)E_{Bk}(i, j)}{E_{Ak}(i, j) + E_{Bk}(i, j)} \quad (2)$$

匹配矩阵中各点的值在 $0 \sim 1$ 间变换。定义一个阈值 T ，在边缘及纹理区域内，匹配矩阵 $M(i, j)$ 接近于 0，两幅影像的相关程度低。即当 $M(i, j) \leq T$ 时，选用局部能量 E 较大低频信息影像系数作为融合影像系数。而在影像较为平滑的区域内， $M(i, j)$ 的值接近于 1，2 幅影像的相关程度高。即当 $M(i, j) > T$ 时，根据 E 的大小，对 2 幅低频信息影像系数进行加权计算。

本研究取阈值 $T=0.8$ ，若 $M(i, j) \leq T$ ，则低频信息融合影像

$$B_k^*(i, j) = \begin{cases} A_k(i, j), E_{Ak}(i, j) \geq E_{Bk}(i, j) \\ B_k(i, j), E_{Ak}(i, j) \leq E_{Bk}(i, j) \end{cases} \quad (3)$$

若 $M(i, j) > T$ ，则

$$B_k^*(i, j) = \begin{cases} W_{\max} A_k(i, j) + W_{\min} B_k(i, j), E_{Ak}(i, j) \geq E_{Bk}(i, j) \\ W_{\min} B_k(i, j) + W_{\max} A_k(i, j), E_{Ak}(i, j) \leq E_{Bk}(i, j) \end{cases} \quad (4)$$

其中，权值

$$W_{\min} = 0.5 - 0.5 \left(\frac{1 - M(i, j)}{1 - T} \right) \quad W_{\max} = 1 - W_{\min} \quad (5)$$

2.3.2 高频信息融合规则

小波变换将高频细节影像分为 3 个部分：水平、垂直和对角线方向的细节影像。融合高频信息时，采用通过检测与比较原始影像的区域边缘信息择优选取高频小波系数的方法。具体算法与晃锐等和王宏等人的方法相同^[16-17]，本文不再赘述。

2.4 融合效果评价

融合后，可通过人眼视觉对融合结果进行定性评价，但尤其是就影像光谱信息而言，目视评价往往不能精确说明融合结果的优劣。所以还需要采用一系列定量评价指标对进行效果评价。本研究采用 3 种评价指标——光谱扭曲度、相关系数和信息熵，分别从光谱失真度、光谱相关度及影像信息量 3 个方面对融合结果进行定量评价。

2.4.1 光谱扭曲度 (sd)

光谱扭曲度直接反映了融合影像比多光谱影像光谱

1.1348, 平均值仅有 0.1016; 各波段具有极高的相关系数, 范围为 0.9286~0.9626, 平均值为 0.9411; 信息熵也是最大的, 范围为 7.3177~22.0877, 平均值为 14.7015。显然, 这种方法的光谱与信息保持能力最强, 达到了理想效果, 各评价指标评价结果与目视效果较为一致。

3.3 基于光谱特征的数据融合效果验证与分析

利用试验所建立的 16 个监测样点的矢量数据, 分别提取融合影像、融合前 (8 月 4 日) CCD 多光谱影像以及对比 CCD 多光谱影像 (8 月 13 日) 的光谱波段信息与 NDVI 值, 并统计计算 3 幅间各波段的差值平均值、差值方差和相关系数, 结果列于表 2。从表中可以看出, 融合影像与融合前多光谱影像相比, 样点的各波段值差别很小, 近红外波段的差值较大, 平均值为 2.9308, 方差为 1.6089, 红光与绿光波段仅有细微差别。原因是作物在近红外波段光谱处于反射峰值, 对作物变化监测较为明显, 与 SAR 影像融合后其波段值波动较为明显。由此说明虽然融合影像在进行光谱增强的同时, 也极大的保留了原始光谱特征, 光谱失真较小, 这与影像定量评价反映出的效果是相一致的。另外, 2 幅影像 NDVI 的相关系数达到 0.9641, 说明融合影像也可以代替融合前多光谱影像进行使用; 将融合影像与对比多光谱影像 (8 月 13 日影像) 相比, 2 幅影像的波段值相差较为明显, 最大的为近红外波段, 平均值为 8.1917, 方差为 4.8122; 红光与绿光波段差值较小。两组影像波段与植被指数间的相关性依次为 NDVI > 近红外波段 > 红光波段 > 绿光波段, NDVI 的相关性最大, 相关系数为 0.9475。说明融合影像具有与对比 CCD 多光谱影像较为一致空间信息与光谱特征。

表 2 融合前后影像的统计值
Table 2 Statistics around image fusion

统计值	波段	融合影像与 8 月 4 日影像	融合影像与 8 月 13 日影像
差值平均值	NIR	2.9308	8.1907
	R	0.6162	1.2078
	G	0.7980	1.2101
	NDVI	0.0124	0.0393
差值方差	NIR	1.6089	4.8122
	R	0.4436	0.7538
	G	0.6815	0.9158
	NDVI	0.0098	0.0237
相关系数	NIR	0.9346	0.9027
	R	0.9553	0.8307
	G	0.8275	0.6978
	NDVI	0.9641	0.9475

将 3 幅影像 16 个监测样点 NDVI 值做图进行对比分析, 如图 2 所示。从图中可以看出, 融合影像、融合前影像和对比影像的 NDVI 值整体变化趋势较为一致, 3 幅影像的 NDVI 关联性较大。将融合影像和对比影像监测样点的 NDVI 值进行拟合, 可建立线性转换模型

$$Y = 1.1838X - 0.1235 \quad (13)$$

其中, Y 为对比影像 (8 月 13 日影像) 的 NDVI 值, X 为融合影像的 NDVI 值。该模型的决定系数为 0.8978。由此说明, 在南方多云雨天无法获取同期的多光谱影像时, 利用同期 SAR 影像与前期多光谱影像融合的方法, 可以得到近似同期多光谱影像的 NDVI 数据, 进而能实现监测同时期作物生长的目的。

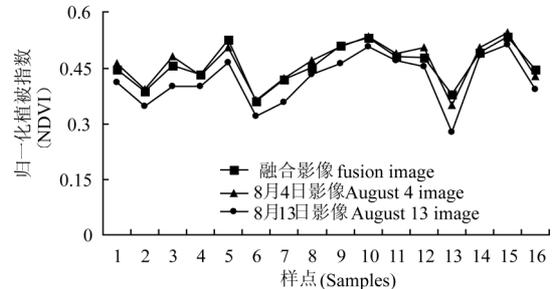


图 2 遥感影像融合前后 NDVI 对比分析
Fig.2 NDVI of fusion and non-fusion images

5 结论与讨论

依据 SAR 影像本身的特点及在南方农作物遥感监测中具有的优势, 将其与多光谱影像进行融合可以获取更加综合有用的地物信息。本研究利用 HJ-1A 卫星 CCD 多光谱数据与 ENVISAT 卫星 SAR 影像数据, 基于 ARSIS 策略, 利用小波变换将 SAR 影像空间信息与多光谱影像光谱信息进行融合, 使两幅影像信息进行替换与互补, 既提高了空间信息, 又具有丰富的光谱信息。针对现有融合规则的不足之处^[18-23], 改进并建立了适用于低频小波系数的影像区域特征选择的自适应融合规则, 使融合结果较 PCA、IHS 变换等传统融合方法不仅在视觉效果方面还是定量评价方面都具有明显的优越性。

提取样点的波段值, 并计算影像融合前后的光谱信息及 NDVI 值, 经过分析比较后发现, 融合影像光谱信息与融合前多光谱影像信息有明显的关联性, 较完整地保持了原多光谱影像的光谱信息, 这与融合客观评价结果是相吻合的。融合影像、融合前多光谱影像和同期 (对比) 多光谱影像样点的 NDVI 值也具有较好的相关性。因此, 利用小波融合方法得到的融合影像具有一定的实用性。

由于 SAR 的融合影像 NDVI 与同期 (对比) 多光谱影像的 NDVI 有较好的关联性, 能够建立拟合模型。当阴雨天气无法获取多光谱影像时, 可先将同期 SAR 影像与前期的多光谱影像融合, 得到融合影像的 NDVI 数据, 再利用影像间拟合模型进行转换, 获取近似同期多光谱影像的 NDVI 数据, 以实现利用雷达遥感数据监测同期作物的目的。本研究为阴雨天气较多的南方农作物长势监测预报与产量估测提供了良好的技术支撑或方法基础。但本研究仅针对作物同一生育期较短时间内的多源遥感数据融合方法及其效果进行了研究, 是否在同一生育期较长时间内或不同生长时期适合, 还需要利用更多的遥感数据与地面试验进行深入探索。

[参 考 文 献]

- [1] 李卫国, 李花. 利用 HJ-1A 卫星遥感进行水稻产量分级监测预报研究[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(4): 385—390.
Li Weiguo, Li hua. Estimating rice yield by HJ-1A satellite images[J]. Chinese journal of rice science, 2010, 24(4): 385—390. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张健康, 程彦培, 张发旺, 等. 基于多时相遥感影像的作物种植信息提取[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 134—141.
Zhang Jiankang, Cheng Yanpei, Zhang Fawang, et al. Crops planting information extraction based on multi-temporal remote sensing images[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(2): 134—141. (in Chinese with English abstract)
- [3] 李卫国, 李正金. 基于 CBERS 卫星遥感的冬小麦产量估测研究[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(5): 915—919.
Li Weiguo, Li Zhengjin. Study on estimating winter wheat yield by CBERS satellite images[J]. Journal of triticeae crops, 2010, 30(5): 915—919. (in Chinese with English abstract)
- [4] Gang H, Yun Z, Bryan M. A wavelet and IHS integration method to fuse high resolution SAR with moderate resolution multispectral images[J]. Journal of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2009, 75(10): 1213—1223.
- [5] 邓磊, 李京, 聂娟, 等. 抑制斑点噪声的 SAR 与多光谱图像融合方法[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(6): 87—90.
Deng Lei, Li Jing, Nie Juan, et al. A method fusing SAR with multi-spectral image and reducing speckle noise[J]. Journal of Natural Disasters, 2008, 17(6): 87—90. (in Chinese with English abstract)
- [6] 鲍艳松, 刘利, 孔令寅, 等. 基于 ASAR 的冬小麦不同生育期土壤湿度反演[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 224—232.
Bao Yansong, Liu Li, Kong Lingyin, et al. Soil moisture estimation at various growth stages of winter wheat based on ASAR data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(9): 224—232. (in Chinese with English abstract)
- [7] 李晖晖, 郭雷, 刘坤. 基于 Curvelet 变换的 SAR 与可见光图像融合研究[J]. 光电子·激光, 2009, 20(8): 1110—1113.
Li Huihui, Guo Lei, Liu Kun. SAR and optical image fusion based on curvelet transform[J]. Journal of Optoelectronics. Laser, 2009, 20(8), 1110—1113. (in Chinese with English abstract)
- [8] Genderen J L Van, Pohl C. Image fusion: Issues, techniques and applications[J]. Intelligent Image Fusion, Proceedings EARSEL Workshop, Strasbourg, France, 1994, (9): 18—26.
- [9] Yocky, D A. Image merging and data fusion using the discrete two dimensional wavelet transform[J]. Journal of Opt. Soc. Am. A., 1995, 12(9): 1834—1841.
- [10] Ranchin T, Wald L. Fusion of high spatial and spectral resolution images: the ARSIS concept and its implementation [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2000, 66(1): 49—61.
- [11] Thierry R, Bruno A, Luciano A. Image fusion-the ARSIS concept and some successful implementation schemes[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2003, (58): 4—18.
- [12] 孙小芳, 吴文英. 基于 ARSIS 概念的遥感影像小波包融合[J]. 遥感信息, 2007, 1: 15—17, 92.
Sun Xiaofang, Wu Wenying. Based on ARSIS concept remote sensing image wavelet packet fusion[J]. Remote Sensing Information, 2007, 1: 15—17, 92. (in Chinese with English abstract)
- [13] 姜芸, 臧淑英, 王军. 多源遥感影像数据融合技术研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2009, 32(2): 46—50.
Jiang Yun, Zang Shuying, Wang Jun. Research on the technology of multi-source remote sensing image data fusion[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2009, 32(2): 46—50. (in Chinese with English abstract)
- [14] 陈超, 秦其明, 王金梁, 等. 农地遥感图像融合质量评价方法比较[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 95—100.
Chen Chao, Qin Qiming, Wang Jinliang, et al. Comparison of quality evaluation methods for image fusion of farmland remote sensing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(10): 95—100. (in Chinese with English abstract)
- [15] Burt P J, Kolczynski R J. Enhanced Image Capture through Fusion. International Conference on Computer Vision[J]. 1993, 1: 173—182.
- [16] 晁锐, 张科, 李言俊. 一种基于小波变换的图像融合算法[J]. 电子学报, 2004, 32(5): 750—753.
Chao Rui, Zhang Ke, Li Yanjun. An image fusion algorithm using wavelet transform[J]. Acta Electronica Sinica, 2004, 32(5): 750—753. (in Chinese with English abstract)
- [17] 王宏, 敬忠良, 李建勋. 多分辨率图像融合的研究与发展[J]. 控制理论与应用, 2004, 21(1): 145—151.
Wang Hong, Jing Zhongliang, Li Jianxun. Research and development of multiresolution image fusion[J]. Control Theory & Applications, 2004, 21(1): 145—151. (in Chinese with English abstract)
- [18] 顾晓鹤, 韩立建, 王纪华, 等. 中低分辨率小波融合的玉米种植面积遥感估算[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 203—209.
Gu Xiaohe, Han Lijian, Wang Jihua, et al. Estimation of maize planting area based on wavelet fusion of multi-resolution images[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(3): 203—209. (in Chinese with English abstract)
- [19] 李卫国, 赵丽花. 中高分辨率遥感影像在小麦监测中的比较研究[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(4): 736—739.
Li Weiguo, Zhao Lihua. Wheat growth monitoring based on medium and high resolution images[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2011, 27(4): 736—739. (in Chinese with English abstract)
- [20] 唐鹏钦, 吴文斌, 姚艳敏, 等. 基于小波变换的华北平原耕地复种指数提取[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 220—225.

- Tang Pengqin, Wu Wenbin, Yao Yanmin, et al. New method for extracting multiple cropping index of North China Plain based on wavelet transform[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(7): 220—225. (in Chinese with English abstract)
- [21] Wu Yanbin, Fu Meichen, Li Liangjun. Remote sensing image fusion by multi-ary wavelet transform combining multiple dimension texture features[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(12): 231—236. (in English)
- [22] 毛罕平, 李明喜, 张艳诚. 基于多光谱图像融合和形态重构的图像分割方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 174—178.
- Mao Hanping, Li Mingxi, Zhang Yancheng. Image segmentation method based on multi-spectral image fusion and morphology reconstruction [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(6): 174—178. (in Chinese with English abstract)
- [23] 余凡, 赵英时. 基于主被动遥感数据融合的土壤水分信息提取[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 187—192.
- Yu Fan, Zhao Yingshi. Soil moisture information extraction based on integration of active and passive remote sensing data [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(6): 187—192. (in Chinese with English abstract)

Multi-spectral and SAR wavelet fusion based on ARSIS strategy

Li Weiguo¹, Jiang Nan^{1,2}, Xiong Shiwei¹

(1 *Institute of Economy and Information, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014, China;* 2 *School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China*)

Abstract: Because of cloudy and rainy weather in south China, optical remote sensing images often can't be obtained easily. With the regional trial results in Baoying, Jiangsu province, the fusion model and effect of ENVISAT / SAR and HJ-1A satellite multispectral remote sensing images were explored in this paper. Based on the ARSIS strategy, using the wavelet transform and the interaction between the band structure models (IBSM), ENVISAT satellite SAR and the HJ-1A satellite CCD images wavelet decomposition, and low/high frequency coefficient reconstruction were progressed, and the fusion images through the inverse wavelet transform were obtained. In the light of low and high-frequency images have different characteristics in different areas we took different fusion rules which can enhance the integration process of self-adaptive. the PCA transformation, IHS transformation and other traditional methods were compared by subjective and the corresponding quantitative evaluation. The bands and NDVI values around the fusion with GPS samples were extracted, analyzed and the fusion effect was explained. The results showed that the spectral distortion of wavelet fusion, IHS transform, PCA transform images were 0.1016, 0.3261 and 1.2772, respectively and entropy were 14.7015, 11.8993 and 13.2293, respectively, the wavelet fusion was the highest. The method of wavelet maintained good spectral capability, and visual effects while improved the spatial resolution, the information interpretation effect was much better than other two methods.

Key words: remote sensing, wavelet transform, information fusion, SAR image, multi-spectral image, ARSIS strategy