

用基于 IHS 变换的 SPOT-5 遥感图像融合进行作物识别

钱永兰^{1,2}, 杨邦杰², 雷廷武^{1,3}

(1. 中国科学院水土保持研究所, 杨凌, 712100; 2 农业部农业资源监测总站, 北京 100026; 3 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

摘要: 遥感图像融合可以发挥多源遥感数据的优势。但是由于遥感数据和融合模型的多样性, 目前仍难以找到一种适合于各种类型数据之间、各种应用需要的“万能”的融合算法, 而是根据特定图像、特定地表覆盖状况和特定应用的需要选择适合的融合模型。SPOT-5 图像是一种较新的高空间分辨率遥感图像, 目前已用于运行化农情遥感监测, 以弥补传统低空间分辨率遥感图像应用的不足。该文将 SPOT-5 多光谱和超模式全色图像进行融合, 以进行中国东北地区大豆识别。对实验数据分别做基于 IHS 变换和 PCA 变换的融合处理, 通过比较得出, 基于 IHS 变换的融合方法用于 SPOT-5 遥感图像融合更利于东北大豆的识别。

关键字: IHS 变换; PCA 变换; SPOT-5; 遥感图像融合; 数据融合; 象元级融合; 作物识别

中图分类号: TP79; S127

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)01-0102-04

0 引言

遥感图像融合可以充分发挥多源遥感数据的优势, 优化图像质量, 便于更好地进行目标识别和提高图像分类的精度。IHS 变换法和 PCA 变换法是目前人们最为常用的两种融合方法之一。IHS 变换法先将多光谱影像进行彩色变换, 分离出强度 I(Intension)、色度 H(Hue)和饱和度 S(Saturation)3 个分量, 然后将高分辨率全色影像与分离的强度分量进行直方图匹配, 使之与 I 分量有相同的直方图, 最后再将匹配后的全色影像代替 I 分量与分离的色度 H、饱和度 S 分量, 做 IHS 逆变换后得到 RGB 融合影像。PCA (Principal Components Analysis, 简称 PCA, 即主成分分析) 变换法则先对多波段图像做主成分变换, 用多个主成分表示原图像信息, 转换后的各主成分图像互不相关, 各自独立 (Jensen 1996; Faust, 1989); PCA 融合法用高分辨率图像来代替第一主成分, 再做主成分逆变换, 得到需要的融合图像。IHS 变换方法简单, 易于实现, 但只能 3 个波段参与融合过程, PCA 变换法则能够同时与多光谱影像的所有波段融合。由于被高分辨率图像替代的第一主分量 PCA-1 是由所有参与变换的波段共同确定的信息, 而 I 分量仅仅是由 3 个波段的信息获得, 因此一般来说, IHS 变换法比 PCA 变换法对光谱的扭曲大, 而后者能较好地保持多光谱图像的光谱特征。

但是, 由于进行融合的遥感图像往往涉及不同的时相、不同的传感器类型以及不同的空间分辨率, 同样的方法用于不同的遥感图像之间的融合往往产生不同的效果; 不同的情形下的最佳融合方式不能一概而论^[1,2]。因此, 哪种融合算法的效果最好, 需依据不同地域的地

表覆盖状况、不同的应用目标以及不同的数据源来确定, 以期在提高空间分辨率的同时, 最大限度地减小光谱扭曲, 从而提高地物识别与分类的精度。另外, SPOT-5 遥感图像已成为农情遥感监测中一种重要的数据源, 本文针对使用 SPOT-5 遥感图像进行秋季作物大豆识别这一特定目标, 通过实验比较的方法确定一种较合适的遥感图像融合方法, 并探讨其规律性, 更好地服务于运行化农情遥感监测。

1 数据源及研究区概况

不同的数据源, 不同的地表覆盖状况和应用目标会影响不同融合方法的选择和使用, 因此首先对本项研究使用的数据源和研究区做一介绍, 以对大豆识别的应用背景做更好的了解。

1.1 SPOT-5 遥感图像

SPOT-5 号卫星是 2002 年 5 月 4 日法国国家空间研究中心继 SPOT-4 号星之后发射的另一颗圆形近极地太阳同步轨道卫星。与 SPOT 系列其它卫星相比, SPOT-5 具有更高分辨率, 其中多光谱影像分辨率为 10 m, 常规全色影像分辨率为 5 m, 超模式影像分辨率为 2.5 m。本实验采用法国 SPOT-5 号卫星 HRG1 多光谱图像 (10 m) 和超模式全色图像 (2.5 m)。SPOT-5 遥感图像的有关参数和本次使用的数据参数详见表 1 和表 2。

表 1 SPOT-5 遥感图像常用波段参数

Table 1 Commonly used bands for SPOT-5 images

图像类型及格式	传感器	通道及波段	波长/ μm	空间分辨率/ m
全色	HRG1	1 蓝至红的可见光	0.49~0.69	2.5*
		1 近红外	0.78~0.89	
		2 红	0.61~0.68	10
		3 绿	0.50~0.59	
多光谱	HRG1	4 短波红外	1.58~1.75	20

*: 超模式全色波段的分辨率为 2.5 m, 由两幅同时获取的 5 m 分辨率常规全色影像结合, 沿航迹方向转换并且每隔 2.5 m 重采样获得。

收稿日期: 2004-07-08 修订日期: 2004-09-13

作者简介: 钱永兰, 博士生, 主要从事遥感和地理信息系统应用工作。Email: soyoilq@sina.com

通讯作者: 杨邦杰, 工学博士, 研究员, 副院长, 总工程师, 北京市朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院农业资源监测总站, 100026, Email: bjyang@agri.gov.cn



表 2 试验所用 SPOT-5 遥感图像说明

Table 2 SPOT-5 images used in this study

图像类型	获取时间(2003-08-12)	K/J	模式	产品级别	象元大小/m	影像大小/像元	景中心坐标/L · G ⁻¹
全色	02: 36: 43	294- 262	T	2A	2.5	24000 × 24000	E124.380613/N43.674214
多光谱	02: 36: 45	294- 262	J	2A	10	6000 × 6000	E124.380150/N43.673532

1.2 研究区概况

该研究区域位于吉林省梨树和辽宁省昌图两县境内, SPOT-5 294- 262 景图像基本全覆盖两县; 本研究以大豆识别为例。

该区域为中国东北大豆主产区(黑龙江、吉林、辽宁和内蒙东部)的一小部分。但该区大豆种植分散, 地块小, 与玉米及其他作物或幼林地的间套种普遍, 同时, 该区秋收作物种类繁多, 种植结构也相当复杂, 用低空间分辨率遥感图像进行大豆识别存在困难, 其精度难以保证, 用遥感图像融合则可缓解这种矛盾。

2 试验目标与方案设计

试验使用 8 月中旬 SPOT-5 遥感图像, 通过野外调查和室内分析, 此时大豆的解译标志呈现较为单一的颜色; 该试验的目标是通过图像融合, 增强图像中作物的纹理特征, 使得从同期作物中更容易识别出大豆, 以便于人工解译。

SPOT-5 2A 级产品已经过系统级的几何校正。首先对两幅 SPOT-5 遥感图像进行配准, 用全色图像配准多光谱图像; 由于 IHS 变换法只能采用 3 个波段参与融合, 在融合前要筛选出最佳的 3 个波段参与融合; 而为最大限度地保留原多光谱图像的信息, PCA 变换法采用所有 4 个波段进行图像融合, 以体现其优势。图像融合之后, 通过视觉效果比较和定量评价, 选出较优的融合模型。具体方案见图 1。



图 1 试验方案设计流程

Fig. 1 Experiment design flow chart

3 试验处理过程

3.1 最佳波段组合

多光谱图像的几个波段往往具有一定的相关性。因此, 可选取其中几个波段组合进行融合或分类等数据处理, 一方面可以减少数据冗余, 加快运算速度, 节省存储空间; 另一方面, 选取最佳波段组合可以突出影像特征, 提高目视解译的精度。对于 IHS 融合法, 最佳波段筛选是必要的的数据准备过程。

最佳波段组合可以通过比较波段间的统计参数决

定。相关系数可以反映波段间信息的冗余程度。选取相关性较小的波段进行组合。

通过计算 SPOT-5 的 4 个波段的相关系数(见表 3)发现, 波段 1 与 2, 3, 4 的相关系数较小, 说明波段 1 的图像信息具有较强的独立性, 因此波段 1 为必选波段; 波段 2, 3 相关系数较高, 二者选一, 则 1, 4 为必选波段; 由于 2, 3 波段相关性较高, 因此与波段 4 的相关系数很接近, 波段 2 与 4 的相关系数更小, 如果波段 3 不具有其它方面的优势, 则选 2 波段稍好。

表 3 SPOT-5 4 个波段相关系数表

Table 3 Coefficients of different SPOT-5 bands

波段	B1	B2	B3	B4
B1	1			
B2	- 0.26	1		
B3	- 0.13	0.97	1	
B4	0.16	0.75	0.79	1

各波段所包含的地物信息量可以采用各波段图像覆盖的辐射量化级, 即亮度范围或亮度差(最大、最小亮度值的代数差)^[4]和方差或标准差来衡量(见表 4)。亮度范围和标准差越大, 则信息量越丰富。从下表可以看出, 亮度范围和方差较大的是 2, 3, 4 波段, 而最大的是波段 2, 说明波段 2 包含的地物信息量更丰富。结合前面相关系数分析, 选波段 2 较波段 3 更好。

表 4 SPOT-5 各波段统计参数

Table 4 Statistics of parameters of different SPOT-5 band images

波段	最小值	最大值	均值	标准差	亮度值范围
1	17	156	96.663	12.559	139
2	29	232	55.725	18.994	203
3	50	247	77.848	13.464	197
4	21	187	91.712	17.172	166

通过以上分析, 使用 SPOT-5 多光谱图像的 1, 2, 4 三个波段能最大限度地反映地物的信息量, 而且避免数据冗余。

3.2 几何配准

SPOT-5 的多光谱图像和全色图像的融合属于原始数据级的融合(常被称为象元级融合), 这种图像融合过程对于待融合数据的空间匹配有严格的要求, 所以在融合前首先对两幅图像进行空间配准。为了最大限度地保留原始信息, 进行融合的多光谱图像和全色图像最好选用 1A 级产品, 以避免几何纠正重采样引进的误差。

在 ERDAS 软件中, 以全色波段图像为参照, 通过选取两幅图像对应的地面控制点, 采用二次多项式法对多光谱图像进行校正。本次实验选取控制点的平均

RM S 误差约为 0.006 个象元。为避免图像原始灰度值被修改,最大限度地保留其原始信息,可选用最邻近法;本实验图像用于人工解译,从视觉效果考虑,选用三次卷积法对图像进行重采样,可锐化图像。对于已进行过几何纠正的图像,图像统计时忽略对灰度零值的计算,以消除与地物光谱无关的图像背景值对图像运算的影响。对原始图像进行重采样之后,即完成多光谱图像与全色图像的配准。

3.3 图像融合

进行空间配准后,选用 1, 4, 2 波段分别对应 R, G, B 通道采用 IHS 变换法对 SPOT-5 多光谱图像和超模式全色图像进行融合;为最大限度保留原始信息,输入全部波段进行 PCA 变换法融合两副图像。

两种方法的融合结果如图 2 所示。

4 结果评价与讨论

从视觉效果上看, IHS 变换法融合后的图像纹理更清晰,各种地物光谱基本与原多光谱图像一致,大豆(黄色)与其它地物的边界明显;而 PCA 变换法的纹理模糊,某些地物光谱与原多光谱不一致,尤其是道路和居民点等高反射值的地物,光谱变化剧烈(见图 2),大豆(黄色)与其它地物的边界模糊,难以分辨。



图 2 不同融合方法所得图像与原多光谱图像
Fig 2 From Left to Right: original multispectral image, and images using various techniques of PCA-based fusion, IHS-based fusion

评价融合效果的指标很多^[4-6],各有针对性和侧重性。在本研究中,由于两种方法采用的波段数不同,而且针对某一种作物识别,因此不适合采用熵、聚合熵等指标来进行评价和比较,而是选用融合前后图像的相关系数来进行评价^[7-10]。

通过计算融合图像与原始图像的光谱相关系数(见表 5),发现 PCA 方法得到的融合图像与原始多光谱图像的相关系数并未普遍偏高,在我们所用的 1, 2, 4 波段中,只有 1 波段相关系数绝对值较高,说明融合图像与原图像呈较强的线性相关;而 2, 4 波段的相关系数绝对值都低于 IHS 法,说明 PCA 变换法并没有体现出保留原图像光谱特性的优势;而且,PCA 法得到的 4 波段与原图像相关系数很小,2, 4 波段与原图像呈负相关,使得光谱变异大(见图 2)。通过计算融合图像与原始图像的空间相关系数(见表 6),发现 IHS 法得到的图像与全色图像的相关系数绝对值较高,说明 IHS 变换融合法空间特征增强效果好,图像纹理更清晰(见图 2)。

为进一步分析 PCA 法产生这种结果的原因,对原图像做主成分变换,分析其统计量。

表 5 不同方法产生的融合图像与原图像的光谱相关系数

Table 5 Coefficients between original multispectral image and different images merged by using various image fusion techniques

	B 1	B 2	B 3	B 4
PCA	0.971	-0.784	-0.770	-0.216
IHS	0.315	0.858		0.723

表 6 不同方法产生的融合图像与原图像的空间相关系数

Table 6 Coefficients between original panchromatic image and different images merged various image fusion techniques

	B 1	B 2	B 3	B 4
PCA	-0.087	-0.920	-0.938	-0.838
IHS	0.453	0.931		0.881

表 7 SPOT-5 多光谱图像主成分分析结果

Table 7 Principal component analysis results of SPOT-5 multispectral images

特征值	贡献率	特征向量			
		B 1	B 2	B 3	B 4
759.332	0.758	0.055	0.848	0.512	-0.128
188.272	0.946	-0.678	-0.261	0.358	-0.587
49.527	0.996	-0.487	-0.058	0.348	0.799
4.419	1	-0.548	0.459	-0.699	0.004

对 SPOT-5 多光谱图像做主成分分析,其结果如表 7 所示。在融合过程中被全色波段代替的是第一主分量,其特征向量值较高的是波段 2,即波段 2 在第一主分量中起主要作用,其次是波段 3,所以波段 1, 4 被相对弱化。而从前面的分析已知,波段 1 的信息具有较强的独立性,含有其它波段无法替代的信息。但是,对该 SPOT-5 多光谱图像进行主成分分析的过程中,第一主成分的信息却主要来源于 2, 3 波段,而其它波段尤其是第 1 波段,对于第一主成分的贡献率特别小;反过来当做 PCA 逆变换时,替代第一主成分的高分辨率图像对多光谱图像的贡献率也小,相当于在 PCA 逆变换过程中“丢失”了某些空间信息。所以从融合后的图像显示(表 5, 表 6)看,PCA 法融合图像与原图像的光谱相关性较大,与全色图像的相关性就较小,有的波段几乎不相关,就是这个原因。所以导致 PCA 融合图像纹理不清。

通过以上分析得出,对于该时相该区 SPOT-5 图像,采用 IHS 变换法的效果优于 PCA 变换法。

5 结论

- 1) 由于遥感数据类型的多样性和时相差异性,必须针对特定地表覆盖状况的地域,特定的识别目标与应用的选取适当的融合算法。
- 2) 采用诸如 IHS 变换法等只能输入 3 个波段的融合方法时,应首先筛选出 3 个最佳波段,再进行融合。
- 3) 当原始图像各波段在第一主成分中的比重不均

衡时, PCA-1 不能很好地代表原始图像的亮度信息, 因此 PCA 逆变换时高空间分辨率图像的空间信息也难以完全融合到原始多光谱图像中, 这时不适于直接用 PCA 法进行图像融合。因此, 采用 SPOT-5 遥感图像数据进行东北地区大豆识别时, 采用 IHS 融合算法的融合效果优于 PCA 算法。

[参 考 文 献]

- [1] Pat S Chavez Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic [J] Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1991, 57(3): 259- 303
- [2] Garguet-Duport B, Girel J, Chassery JM, et al The use of multiresolution analysis and wavelets transform for merging SPOT panchromatic and multispectral image data [J] Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1996, 62(9): 1057- 1066
- [3] 戴昌达, 雷莉萍 TM 图像的光谱信息特征与最佳波段组合[J] 环境遥感, 1989, 4(4): 282- 292
- [4] 吴连喜, 王茂新 一种基于 IHS 变换的改进型图像融合的算法[J] 农业工程学报, 2003, 19(6).
- [5] 王海晖, 等 多源遥感图像融合效果评价方法研究[J] 计算机工程与应用, 2003, 25, 33- 37
- [6] 翁永玲, 田庆久 遥感数据融合方法分析与评价综述[J] 遥感信息, 2003, 3, 49- 54
- [7] Jorge N úez, Xavier Otazu, Octavi Fors, et al Multiresolution-based image fusion with additive wavelet decomposition [J] IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37(3): 1204- 1211
- [8] Nupoor Prasad, Sameer Saran, Kushwaha S P S, et al Evaluation of Various Image Fusion Techniques and Imaging Scales for Forest Features Interpretation [J] Current Science, 2001, 81(9): 1218- 1223
- [9] Westra T, Mertens K C, De Wulf R R. Wavelet-based fusion of SPOT/VEGETATION and ENVISAT/SAR Wide Swath data for wetland mapping [A] Second Presentation at the International SPOT/VEGETATION Users Conference [C] Antwerp, Belgium, 24 - 26 March, 2004
- [10] Vani K, Shammugavel S, Marruthachalam M. Fusion of RS-LISS III and Pan images using different resolution ratios [A] 22nd ASIAN conference on remote sensing [C], 5- 9 November 2001, Singapore

Intensity-hue-saturation model based image fusion of SPOT-5 HRG1 data for crop identification

Qian Yonglan^{1,2}, Yang Bangjie², Lei Tingwu^{1,3}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026, China;

3. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Image fusion can merge multi-source RS data outputting a better quality image. But the fusion model is dependent on the specific image type used, the specific temporal properties of the images, the specific land cover of the study area and what specific information to be extracted from the source images. SPOT-5 HRG1 image is a kind of new RS image at high spatial resolution that has been used in agricultural condition monitoring. In this study, SPOT-5 HRG1 multispectral and super mode panchromatic images were merged for soybean identification in Northeast China. Image fusions based on intensity-hue-saturation transformation (IHS) and Principal Component Analysis (PCA) were respectively done. The visual inspection and quantitative comparison of the two fusion images indicate that IHS model based image fusion of SPOT-5 HRG1 images was better for soybean identification than that of PCA model based.

Key words: IHS transform; PCA transform; SPOT-5; RS image fusion; data fusion; pixel fusion; crop identification

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

Qian Yonglan, Yang Bangjie, Lei Tingwu Intensity-hue-saturation model based image fusion of SPOT-5 HRG1 data for crop identification[J] Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 102- 105 (in Chinese with English abstract)