

# 土地利用动态遥感监测中 基于 IRS—P5/P6 影像的融合与评价

秦晓敏<sup>1</sup>, 殷昭国<sup>1</sup>, 张文信<sup>1</sup>, 杨珍<sup>2</sup>

(1. 山东省土地勘测规划院, 山东 济南 250014; 2. 解放军镇江舰艇学院, 江苏 镇江 212003)

**摘要:**数据融合是增强纹理处理的一种方法,是土地利用动态变化监测的重要基础,针对不同的应用目的与数据源应选择不同的融合算法。该文针对 IRS—P5/P6 影像在土地利用动态遥感监测中的应用,分别应用乘法、Brovey 变换、HIS 变换 3 种常规的融合方法进行了融合试验,并对融合质量从目视分析和定量分析 2 个方面进行了比较,认为 HIS 变换比较适合于 IRS—P5/P6 影像数据的融合。

**关键词:**IRS—P5/P6;影像融合与评价;土地利用动态;遥感监测

**中图分类号:**TP79

**文献标识码:**B

1999 年以来遥感监测主要用于大中城市,为国土资源管理提供最新的土地利用动态信息。在土地利用动态遥感监测中,一般使用分辨率比较高的数据源。印度的 IRS—P5 数据可以说具有显著的优越性,首先,具备真正 2.5 m 分辨率,应用尺度能够达到 1:1 万;其次,重访周期短,在遇到紧急需求时,卫星平台可以在纬度方向调整将周期缩短到 5 天的时间;第三,信息含量更丰富,数据量化值为 10 位,在很大程度上增加了影像的信息量,不但有利于影像的判读,而且也提高了影像匹配的精度及准确度。在土地利用动态监测工作中,鉴于数据来源连续与稳定性考虑,IRS—P5 突显出优越的应用潜力<sup>[1]</sup>。在实际工作中,如何利用全色数据和多光谱数据进行融合以提高影像质量是制作遥感监测工作底图中最关键的一步。数据融合是通过将监测区内不同时相不同传感器的高光谱分辨率的多光谱数据与高空空间分辨率的全色数据融合,使影像在具备高空空间分辨率的同时,融入了更多的光谱信息,从而增强了影像地类判读的准确性和便捷性。不同的融合目的和数据源,应选择不同的融合算法。该文即是针对土地利用动态遥感监测,研究适于 IRS—P5/P6 影像的融合方法。

## 1 IRS—P5/P6 卫星简介

IRS—P5 又名 Cartosat—1,发射于 2005 年 5 月 5 日。它搭载有 2 个分辨率为 2.5 m 的全色传感器,连续推扫,形成同轨立体像对,数据主要用于地形图制图、高程建模、地籍制图以及资源调查等。Cartosat—1 设计寿命 5 年,目前卫星运行等各项指标正处于最好的时期,数据质量稳定可靠。

IRS—P6 又名 RESOURCESAT—1,发射于 2003 年 10 月 17 日。从 2005 年 4 月 22 日起中国遥感卫星地面站正式分发该卫星数据,将为我国遥感监测土地利用情况增添新的数据源。P6 卫星携带 3 台传感器:1 台高分辨率线性成像扫描仪 LISS—IV,1 台中等分辨率 LISS—III 传感器,1 台高级广角传感器 AWiFS。其中 LISS—III 传感器为多光谱工作模式,有红、绿、近红、短波红外 4 个波段数据,幅宽为 141 km,几何分辨率为 23.5 m。

## 2 融合技术

### 2.1 融合方法

按照信息表征层次不同,融合技术可分为像素

\* 收稿日期:2009-08-07;修订日期:2010-05-18;编辑:陶卫卫

作者简介:秦晓敏(1981—),女,山东莘县人,工程师,主要从事土地资源调查与监测和土地规划工作;E-mail:qinxiao76@126.com。

级、特征级和决策级融合 3 个层次,由于像素级融合能较多地保持原始数据信息,提高判读水平、分类精度、多时相监测能力和制作专题图的精度<sup>[3]</sup>,因此在土地动态遥感监测中采用像素级融合技术。像素级融合是采用一定的方法直接对参与融合的各景遥感数据的像素值进行运算的过程,主要有基于空间域的乘积融合、平均值、加权运算和 Brovey 变换,基于频率域的高通滤波和小波变换,基于变换域的主成分变换和 HIS 变换。

数据融合的技术关键在于选择适当的融合算法,最大限度地利用多源遥感数据中的有用信息。在土地利用动态遥感监测工作中,考虑到及时快速及成果的现势性等方面的需求,要求方法简便易行,以及融合图像能模拟自然真彩色,该文采用了乘法变换、Brovey 变换和 HIS 变换 3 种常规的方法进行融合试验和比较,选择较为合适的方法。

HIS 变换是先将多光谱 RGB 图像进行 HIS 变换,得到亮度(I)、色调(H)和饱和度(S)图像,同时将高分辨率图像与亮度分量进行直方图匹配,然后将处理过的高分辨率图像作为新的 I 分量代入,再进行 HIS 反变换生成融合后的 RGB 图像。Brovey 变换是通过归一化后的多光谱波段与高分辨率影像乘积来融合影像的信息,乘积运算就是将高分辨率波段与多光谱 2 个灰度矩阵进行矩阵乘积。

## 2.2 融合评价体系

评判融合影像的质量应综合考虑空间细节信息的增强和光谱信息的保持,一般是先从视觉效果上进行定性分析,并结合基于数理统计的定量分析进行,定量分析结果一般应符合目视效果。常用的定量评价指标可归纳为 4 类:第 1 类反映亮度信息,如均值;第 2 类反映信息量,如标准差、熵、联合熵;第 3 类反映清晰度,如梯度与平均梯度;第 4 类反映光谱信息如扭曲程度、偏差指数和相关系数等<sup>[4]</sup>。一般认为图像表现明亮、所含信息量越大、图面越清晰,则图像空间细节信息表现越丰富;另外如果光谱信息再能比较好地保持原始光谱信息,则认为融合质量较好。

(1)均值与标准差:均值为影像灰度的平均值,对人眼反映为平均亮度,如果均值适中,则视觉效果良好。标准差反映了影像灰度值相对于均值的离散情况,标准差越大,则灰度级分布越分散,那么图像中所有灰度级出现的概率越趋于相等,包含的信息

量越趋于最大。公式定义为:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \hat{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu})^2$$

式中: $\hat{\mu}$  为图像的均值; $\hat{\sigma}$  为标准差; $n$  为图像大小; $x_i$  为第  $i$  个像素的灰度值。

(2)熵:是衡量融合影像信息丰富程度的重要指标,融合图像的熵值越大,说明融合图像携带的信息量越大。根据 Shannon 信息论的原理,一幅 8bit 表示的图 X 的熵为:

$$H(x) = - \sum_{i=0}^{255} P_i \log P_i$$

式中: $x$  为输入的图像变量; $P_i$  表示图像灰度值等于  $i$  的频数。

(3)平均梯度:梯度值就是图像灰度值显著变化的地方,可敏感地反映影像中微小细节反差和纹理变换特征。在图像中,某一方向的灰度级变化率大,它的梯度也就大,影像越清晰。因此,可以用平均梯度值来衡量图像的清晰度。计算公式为:

$$\bar{g} = \frac{1}{n} \sum \sqrt{\Delta I_x^2 + \Delta I_y^2}$$

式中: $\Delta I_x$ ,  $\Delta I_y$  分别为图像在  $x$  与  $y$  方向上的一阶差分;  $n$  为图像的大小。

(4)相关系数:描述融合影像与原多光谱影像的相似程度,相关系数越大,融合结果就越能保持原多光谱影像的光谱特征。第  $k$  个光谱分量融合前后的相关系数定义为:

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_1(i,j) - \bar{f}_1)(f_2(i,j) - \bar{f}_2)}{\sqrt{\left[ \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_1(i,j) - \bar{f}_1)^2 \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_2(i,j) - \bar{f}_2)^2 \right]}}$$

式中: $M$  与  $N$  分别为图像的总行、列数; $f_1(i,j)$  与  $f_2(i,j)$  分别为图像  $f_1$  与图像  $f_2$  在  $(i,j)$  位置的像素值; $\bar{f}_1$  与  $\bar{f}_2$  分别为图像  $f_1$  与图像  $f_2$  的平均灰度值。

## 3 融合试验

### 3.1 数据预处理

土地动态遥感监测项目主要是监测建设用地和耕地的变化情况,所以选择的试验区为变化多发区的城市近郊区,土地利用类型有耕地、建设用地和未利用地等。数据源:全色数据为 2007 年 10 月 14 日接收的 IRS-P5 影像,轨道号为 721~230;多光谱

数据为 2007 年 10 月 17 日接收的 P6 影像,轨道号为 132~044。经过影像配准、裁切得到大小为 3090 × 2783 的试验数据,配准误差满足土地动态遥感监测的技术要求。

### 3.1.1 波段选择

不同的波段组合对相同地物有着不同的显示效果,多光谱假彩色合成需要进行波段组合优化<sup>[5]</sup>。波段间的相关系数反映了 2 个波段间的信息重叠度,如果 2 个波段间的相关系数大,则说明它们的信息重叠度高<sup>[6]</sup>,因此一般选择相关性小的波段进行组合,重复性小,这样可以使得合成图像信息最为丰富。P6 数据有 4 个波段,需要选出 3 个波段进行假彩色合成。表 1 为 P6 影像 4 个波段的相关系数矩阵,可以看出 B<sub>2</sub> 和 B<sub>3</sub> 相关系数最大,所以波段组合应选择 B<sub>5</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>3</sub> (或 B<sub>2</sub>)。在这种方案下植被呈现绿色,水系呈现蓝色 (深蓝色或蓝黑色),地面呈现红色或褐色,接近自然颜色,适合于遥感影像制图。

表 1 P6 影像 4 个波段的相关系数矩阵

波段	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>
B <sub>2</sub>	1.0000			
B <sub>3</sub>	0.9496	1.0000		
B <sub>4</sub>	0.4580	0.4477	1.0000	
B <sub>5</sub>	0.5427	0.6352	0.6774	1.0000

### 3.1.2 算法选择

在数据处理过程中,不同的过程选择不同的数学算法。配准重采样时选择双线性内插算法,因为双线性内插不具备灰度的非线性拉伸功能,能比较好地表现源数据的信息特征,在最大程度上保护源数据的光谱信息。在融合重采样中选用 3 次卷积算法,具有一般非线性拉伸功能,能够在最大程度上均衡红、绿、蓝 3 个波段的灰度值阈,在不同的高通滤波检测算子的作用下,能够在一定的自由度范围内进行边缘增强,使融合图像视觉效果更好<sup>[7]</sup>。

## 3.2 结果与分析

图 1 为原始影像,图 2 为用 ERDAS 软件分别采用乘法、Brovey 变换、HIS 变换 3 种方法融合后的结果。土地利用动态遥感监测工作底图要求融合图像应突出线性特征,建设用地和耕地边界清楚,光谱信息畸变小,融合后影像接近自然真彩色。

### 3.2.1 目视分析

从图面的亮度与空间细节特征来看,图 2(a)中影像整体色调较暗,图面稍微模糊,对于事物的立体

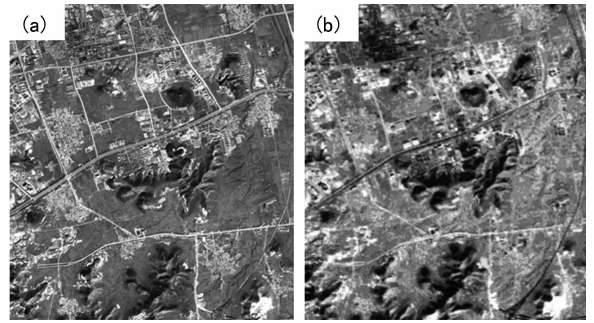


图 1 原始影像图

(a) 为 P5 影像;(b) 为 P6 影像

性表现弱,尤其对山体的起伏变化表现力差,这种简单的乘积处理会引起细节信息的丢失,造成边缘模糊。图 2(b)中影像比图 2(a)整体色调要亮,清晰度非常好,对细节部分的体现更明显,影像中的地物清晰可见。而图 2(c)影像色调最明亮,层次分明,信息量丰富,道路、建筑物轮廓和耕地边界非常清晰,容易辨识。

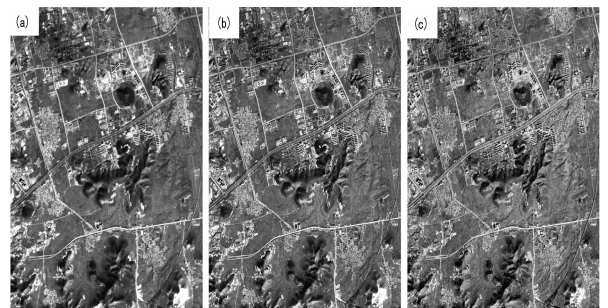


图 2 融合图像

(a) 为乘法融合结果;(b) 为 Brovey 变换融合结果;(c) 为 HIS 变换融合结果

从色彩方面来看,三者都比较接近自然真彩色,但是图 2(a)色彩生硬,图 2(c)最鲜艳,与原始多光谱图像色彩最接近,最能保留原始光谱的信息特征,但是整体色彩偏红,图 2(b)得出的结果,最能表现自然界事物的真实色彩。

### 3.2.2 定量分析

表 2 为统计的各影像评价指标,从反映亮度的指标来看,图 2(a)反映亮度的指标即均值最低,图 2(c)均值最大,图 2(b)均值居中。从反映清晰度的指标来看,图 2(a)图像平均梯度最小,图 2(b)图像平均梯度最大,使得图像细节信息和纹理变化特征的表达能力增强,图像的清晰度得到了大幅度提高。从反映信息量与光谱特征的指标来看,图 2(c)各波段标准差、熵都是最大,并且大于原始多光谱图像,与对应多光谱波段的相关系数也是最大,使得图

像的信息量增加,与原图像差异最小。图 2(b)

表 2 各影像的评价指标统计

融合方法	波段	均值	标准差	波段信息熵	平均梯度	与对应多光谱波段的相关系数
全色		11.810	5.063	4.104	10.234	—
多光谱	R	33.329	5.295	4.340	—	1
	G	46.817	4.911	4.273	—	1
	B	50.458	7.128	4.846	—	1
	平均值	43.535	5.778	4.486	—	1
乘积法	R	14.031	6.127	4.416	8.649	0.767
	G	11.721	5.043	4.092	7.832	0.724
	B	12.824	6.465	4.449	8.901	0.821
	平均值	12.859	5.878	4.319	8.461	0.771
Brovey	R	16.522	4.404	4.035	7.785	0.751
	G	23.376	5.314	4.256	10.959	0.654
	B	25.304	6.711	4.560	12.134	0.743
	平均值	21.734	5.476	4.283	10.293	0.716
HIS	R	33.349	5.123	4.309	8.740	0.798
	G	46.907	5.245	4.392	9.729	0.732
	B	50.523	7.466	4.917	10.418	0.823
	平均值	43.593	5.945	4.539	9.629	0.784

各波段标准差、熵值以及与其对应多光谱波段的相关系数都比图 2(a)略小,但总体相差不大,而图 2(b)的平均梯度却远大于图 2(a),所以图 2(b)的图像质量表现比图 2(a)稍好。从视觉效果与统计指标综合分析来看,综合空间细节信息和光谱信息的比较,HIS 变换表现比较突出;Brovey 变换在融合全色波段的空间信息最好,但在光谱信息方面是最差的,该方法在空间信息获取方面有优势;乘积法综合表现最差。

## 4 结论

通过试验得出,对于 P5 和 P6 卫星数据在土地

# Data Fusion and Evaluation Based on IRS—P5/P6 Images in Dynamic Monitoring of Land Use

QIN Xiaomin<sup>1</sup>, YIN Zhaoguo<sup>1</sup>, ZHANG Wenxin<sup>1</sup>, YANG Zhen<sup>2</sup>

(1. Shandong institute of Land Planning and Surveying, Shandong Jinan 250014, China; 2. Zhenjiang Water Craft College of PLA, Jiangsu Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** Data fusion technology is an important component of remote sensing technology. It is the important foundation in dynamic monitoring of land use. Different fusion algorithms should be chosen due to different application aims and data sources. Based on the application of IRS—P5/P6 images in land use dynamic monitoring system, fusion experiment has been done by using three methods, such as multiplication, brovey transform and Hue—Intensity—Saturation. From the aspects of qualitative and quantitative, the fusion quality is compared. It is regarded that Hue—Intensity—Saturation is suitable for data fusion of IRS—P5/P6 images in land use dynamic monitoring system.

**Key words:** IRS—P5/P6 images; data fusion and evaluation; dynamic land use; remote—sensing monitoring system

动态遥感监测项目中应用时,适宜选择 HIS 变换的融合算法。此算法可以使融合影像具有较为丰富的信息量,能更好地显示融合影像模拟自然真彩色的优势,如果对其进行简单的亮度处理更能呈现很美观自然的视觉效果,可清晰分辨出耕地、建设用地和未利用地等,完全可应用于制作动态监测的工作底图,也可用于土地调查和规划的应用。通过试验也可以看出,不同的融合算法具有不同的特点,有的方法只能一次完成 3 个波段的融合,例如 Brovey 变换和 HIS 变换;而有的方法不受波段数目的限制,例如主成分分析和小波变换。在具体的融合过程中应根据处理对象和应用目的的不同,通过反复试验选择最佳的方法或者联合使用多个方法,以便最大可能地实现多源遥感数据的信息优势互补。

## 参考文献:

- [1] 曾菲,朱晓亮,黄菁,刘骞. IRS—P5 卫星应用于土地利用动态监测的可行性分析[J]. 国土资源信息化,2008,(6):18—20.
- [2] 吴海平,刘顺喜,黄世存. IRS—P6 卫星在土地利用动态遥感监测中应用的潜力分析[J]. 遥感技术与应用,2006,21(2):163—167.
- [3] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003:212—219.
- [4] 李弼程,魏俊,彭天强. 遥感影像融合效果的客观分析与评价[J]. 计算机工程与科学,2004,26(1):42—46.
- [5] 彭望球. 遥感概论[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [6] 杨金红,尹球,顾松山,等. 城区高光谱遥感数据假彩色波段组合研究[J]. 南京气象学院学报,2005,28(3):289—295.
- [7] 遥感影像数据融合的物理模式和数学算法选择以及精度检测[EB/OL]. [http://i.cn.yahoo.com/aptyls/blog/p\\_112/](http://i.cn.yahoo.com/aptyls/blog/p_112/).