

ETM 全色与多光谱数据融合方法在地质调查中的比较研究

苗 军¹, 邓 钢², 杨家邦³

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 昆明理工大学 外事处, 云南 昆明 650093; 3. 西双版纳州水利水电勘测设计队, 云南 西双版纳 666100)

摘要:首先介绍了一些常用的融合方法, 主要包括主成分变换融合法(PCA)、Brovey 变换融合法以及改进的 IHS 变换融合法 3 种, 然后提出了一种基于边缘增强的 IHS 法, 最后以青海省两兰地区的 ETM 数据为例, 从视觉效果和定量分析两个角度出发, 对 3 种影像融合方法进行了比较得出, 改进的 IHS 融合法在提高空间分辨率的同时能有效地突出地物边缘信息和增强图像的信息量, 更有利于岩石类型的识别和构造信息的提取。

关键词: ETM; 影像融合; IHS 变换; 边缘增强

中图分类号: P 237

文献标识码: B

文章编号: 1007-9394(2008)01-0026-04

Contrasted Research in Geologic Survey by Using Fusion of ETM Panchromatic and Multi-spectral Data

MIAO Jun¹, DENG Gang², YANG Jia-bang³

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan 650093, China; 2. Foreign Affairs Section, Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan 650093, China; 3. Surveying and Designing Team of Irrigation Works and Hydroelectricity of Xishuangbanna Canton, Xishuangbanna Yunnan 666100, China)

Abstract: This article presents some common used image fusion ways, they are major constituent fusion method, Brovey transformation fusion method, and amendatory IHS fusion method. At last this paper brings forward IHS which based on brink enhancing. Taking ETM data of Lianlan area of Qinghai province for example, the three ways are compared from two angles of visual effect and quantitative analysis. Amendatory IHS could improve spatial resolution and meantime could stand out culture edge information and reinforce image's information amount, is more propitious to the recognition of rock type and the abstraction of tectonic information.

Key words: ETM; image fusion; IHS transformation; brink enhancing

0 引言

区域地质调查是一项综合性、公益性基础地质工作。随着计算机的飞速发展, 传统的区调工作方法必将融入先进的科学技术。遥感影像作为一种重要的区调填图的信息源, 其影像的质量将直接影响区域地质调查的结果。目前, 随着遥感技术的快速发展, 遥感影像的空间分辨率、波普分辨率得到了很大提高, 如何充分发挥遥感技术在区域地质调查中的优势, 将是区调填图面临的重要课题, 而影像融合技术是当今解决这一问题的关键技术。

影像融合是一个对多传感器的影像数据和其他信息的处理过程。它着重于把那些在空间和时间上冗余或互补的多源数据, 按一定的规则进行运算处理, 获得比任何单一数据更精确、更丰富的信息, 生成一幅具有新的空间、波普、时间特征的合成

影像。

遥感影像融合的关键就是选择合适的融合方法。然而, 不同的遥感数据有不同的波谱范围, 地物在不同波段具有不同的吸收和反射特性。因此, 对多种遥感数据进行综合利用时, 应根据融合目的、数据源类型及特点, 选择合适的融合方法。本文以 ETM 影像为例, 通过对比改进的 IHS 变换、主成分分析、Brovey 变换, 筛选出最适合 ETM 影像进行地质解译的融合方法。

1 各种融合方法介绍

1.1 主成分变换融合法

主成分变换(PCA)(又称 K-L 变换)就是一种除去波段之间的多余信息, 将多波段的影像信息压缩到比原波段更有效的少数几个转换波段的方法。采用主成分变换融合的步骤如下^[2]:

- 1)计算参与融合的 n 波段多光谱影像的相关矩阵 R ;
- 2)由相关矩阵 R 计算特征值 λ_i 和特征向量 $\phi_i (i=1,2,\cdots,n)$;
- 3)将特征值按由大到小的次序排列,即: $\lambda_1 > \lambda_2 > \cdots > \lambda_n$ 。特征向量 ϕ_i 也要作相应改变;
- 4)计算各主分量影像的公式为:

$$PC_k = \sum_{i=1}^n d_i \phi_{ik}$$

(1)

式中: k 为主分量序号($k=1,2,\cdots,n$); PC_k 为第 k 主分量; i 为输入波段序号; n 为总的波段数; d_i 为第 i 波段影像; ϕ_{ik} 为特征向量矩阵在 i 行、 k 列的元素。

- 5)将高分率影像与第一主分量进行直方图匹配;
- 6)用高分率影像替换第一主分量,与其余主分量作主成分逆变换得到融合影像。

1.2 Brovey 变换融合法

Brovey 变换法也称为彩色标准化变换。它是为 RGB 影像显示进行多光谱波段颜色归一化,将高分率全色影像与多光谱影像 R、G、B 波段的比重各自相乘完成融合。其计算公式为:

$$DNB_{i_new} = [DNB_i / (DNB_r + DNB_g + DNB_b)] * [DNhigh.image]$$

(2)

式中: DNB_{i_new} 代表融合后的波段数值($i=1,2,3$); DNB_r 、 DNB_g 、 DNB_b 分别代表低分辨率多光谱影像中的红、绿、蓝波段数值; DNB_i 表示红、绿、蓝 3 个波段中的任意一个; $DNhigh.image$ 代表高分率全色影像。

1.3 改进的 IHS 变换融合法

在色度学中,存在有两种彩色坐标系:一是由红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色构成的彩色(RGB)空间;二是由亮度(I)、色调(H)、饱和度(S)构成的色度(IHS)空间。这两种坐标系之间可以互相转换,这种转换即称 IHS 变换。

改进的 IHS 变换融合的算法如下:

- 1)选择最佳的组合波段组合成 RGB 彩色空间,并与高分率的 全色波段进行精确配准。
- 2)将 RGB 彩色空间变换到 IHS 色度空间。
- 3)将高分率的 全色波段进行边缘增强和低通滤波。
- 4)将高分率的 全色波段与亮度值 I 进行直方图匹配,得到新的亮度值 I'。
- 5)将匹配后的亮度值 I' 与原色调(H)和饱和度(S)一起反变换回 RGB 彩色空间。

2 试验与分析

2.1 数据预处理

ETM 影像获取时间为 1999 年 7 月 30 日。试验区为青海两兰地区(乌兰—都兰地区),位于青海省海西蒙古族藏族自治州东南部。该区地处青藏高原北部的高寒山地,属高原干旱地带,沟系发育,常年流水少,多为间歇河溪,植被稀少,多为裸岩地区。

首先将 ETM1-7 波段重采样成 15 m 的分辨率,然后再与 ETM8 波段进行几何校正,最后切取出试验区。

2.2 波段选择与影像融合

因为 IHS 变换只能进行 3 个波段影像的融合,所以首先要选择最佳的组合波段。本次试验根据美国查维茨提出的最佳指数公式(OIF)选择最佳组合波段。指数公式为:

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n |R_{ij}|}$$

(3)

式中: S_i 为 i 波段的标准差; R_{ij} 为 i,j 波段之间的相关系数;OIF 越大波段组合越优。

表 1 ETM 影像三波段组合的 OIF 值
Tab. 1 Combinational OIF value of ETM image in three wave band

波段组合	标准差和	相关系数和	OIF	波段组合	标准差和	相关系数和	OIF
1,2,3	109.481	2.986	36.665	2,3,4	112.282	2.390	46.980
1,2,4	89.814	2.378	37.769	2,3,5	122.957	2.902	42.370
1,2,5	100.489	2.892	34.747	2,3,7	126.671	2.955	42.867
1,2,7	104.203	2.948	35.347	2,4,5	103.290	2.476	41.716
1,3,4	104.887	2.350	44.633	2,4,7	107.004	2.395	44.678
1,3,5	115.552	2.884	40.066	2,5,7	117.679	2.914	40.384
1,3,7	119.266	2.945	40.498	3,4,5	118.353	2.446	48.386
1,4,5	95.883	2.426	39.523	3,4,7	122.067	2.370	51.505
1,4,7	99.599	2.353	42.328	3,5,7	132.742	2.909	45.631
1,5,7	110.274	2.894	38.104	4,5,7	113.075	2.499	45.248

从表 1 可以看出,(3,4,7)波段组合为最佳波段组合。将(7,4,3)波段构成 RGB 影像进行 IHS 融合和 Brovey 融合;输入全部波段进行 PCA 融合。

2.3 结果分析与评价

分析评价融合影像一般由目视对比和定量分析相结合。从视觉效果看,融合后的影像的分辨率都有所提高,影像比以前更

加清晰。其中图 4 的纹理细节得到了较大的增强,细微线性构造清晰可见,影像的色彩信息比图 1、2、3 还丰富,易于识别不同岩性。

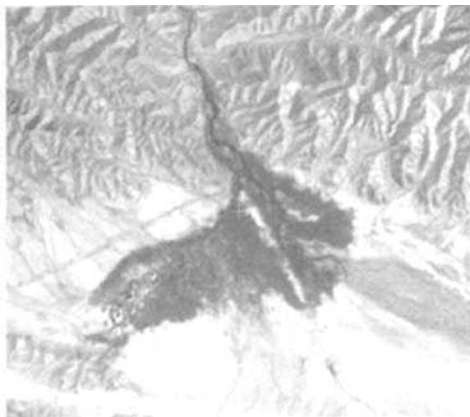


图 1 融合前多光谱影像

Fig. 1 Multi-spectrum image before fusion

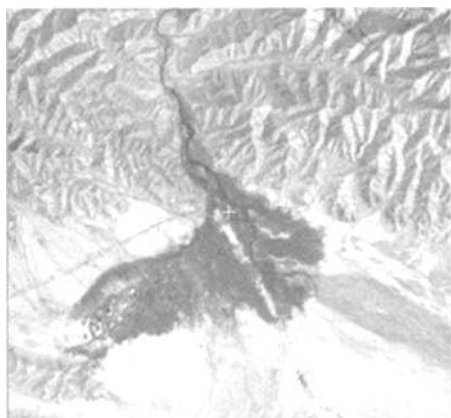


图 2 PCA 法融合影像

Fig. 2 PCA method fusion image



图 3 Brovey 法融合影像

Fig. 3 Brovey method fusion image



图 4 改进的 IHS 法融合影像

Fig. 4 Amendatory IHS method fusion image

评价融合效果的指标很多,各有其针对性。要使融合的影像更加有利于地质解译,本次研究从影像的均值、标准方差、清晰度和偏差指数来定量评价。

2.3.1 均值与标准方差

均值与标准方差计算公式:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu})^2 \quad (5)$$

式中: n 为样本总数; x_i 为第 i 个样本值。均值反映平均亮度,如果均值适中(灰度值在 128 附近),则视觉效果良好;标准差反映了灰度相对于灰度均值的离散情况,标准差越大,则灰度级分布越分散,包含的信息量就越大。

2.3.2 清晰度

影像质量的改进可以用平均梯度来表示,它反映了影像的清晰程度,同时还可以反映出影像中微小细节反差和纹理变换特征。影像的梯度计算公式为:

$$\bar{g} = \frac{1}{n} \sum \sqrt{\Delta_x f(i,j)^2 + \Delta_y f(i,j)^2} \quad (6)$$

式中: $\Delta_x f(i,j)$ 、 $\Delta_y f(i,j)$ 分别为像元 (i,j) 在 x, y 方向上的一阶差分; n 为影像的大小。若 \bar{g} 越大,则影像的清晰度越高。

2.3.3 偏差指数

偏差指数用来反映融合后影像与原多光谱影像在光谱信息上的匹配程度。偏差指数定义为:融合后影像的亮度值与原始影像的亮度值的差的绝对值与原始影像的亮度值的比值。即:

$$D = \frac{1}{mn} \sum_{i,j=1}^n \frac{|f'(i,j) - f(i,j)|}{f(i,j)} \quad (7)$$

如果偏差指数 D 较小,则说明融合后的影像在提高空间分辨率的同时,较好的保留了多光谱影像的光谱信息。

从表 2 的统计数据可以看出:PCA 法融合的效果不是很好。改进的 IHS 法融合影像的均值最适中,方差最大,清晰度最高,因此影像的视觉效果最好,纹理细节清晰。但偏差指数偏大,影像的光谱信息匹配稍差,可能是由于全色波段做了边缘增强,影像的低频信息有所丢失。Brovey 法融合影像的偏差指数最小,

很好的保留了原始影像的光谱信息,但是影像的纹理细节不如改进的 IHS 法融合影像。

表 2 ETM 影像融合前后多光谱波段的均值和标准方差以及清晰度和偏差指数表

Tab. 2 Multi-spectrum average value, standard square error, definition and deviation index before and after ETM image fusion

融合方法	B7				B4				B3			
	均值	标准方差	清晰度	偏差指数	均值	标准方差	清晰度	偏差指数	均值	标准方差	清晰度	偏差指数
原始 MS	144.901	43.726	5.204		149.927	29.337	4.618		153.969	49.004	4.941	
PCA 融合	143.978	44.244	18.527	0.231	149.204	29.673	18.526	0.226	152.994	49.517	19.457	0.215
Brovery 融合	136.253	47.504	18.024	0.208	144.377	30.143	18.227	0.213	134.012	50.754	19.138	0.201
改进的 IHS 融合	130.110	76.424	19.425	0.213	142.609	70.328	19.842	0.217	126.918	76.673	20.239	0.227

4 结论

从视觉效果和定量分析两个角度出发,对 3 种影像融合方法进行比较研究表明:与 Brovery 变换法、PCA 法相比,改进的 IHS 融合法在提高空间分辨率的同时能有效地突出地物的边缘信息和增加图像的信息量,更加有利于细微构造的提取和岩性的识别。

[参 考 文 献]

[1] 高山.多源影像数据融合在区域地质调查中的应用[J].煤炭工程,2006,(7):72~73.

[2] 贾永红.多源遥感影像数据融合方法及其应用的研究[D].武汉:武汉大学,2001.
[3] 王建梅,李德仁.QuickBird 全色与多光谱数据融合方法用于土地覆盖分类中的比较研究[J].测绘通报,2005,(10):37~40.
[4] 胡子付,曾志远,等.小波和 IHS 变换结合实现 ETM 影像波段融合[J].地球信息科学,2005,7(4):29~32.
[5] 孙蓉桦,郭德方.SPOT-5 全色与多光谱数据融合方法的比较研究[J].遥感技术与应用,2005,20(3):366~370.

作者简介:苗军(1982~),男,江苏淮安人,硕士研究生,主要研究方向:3S 综合集成应用研究。

(上接第 18 页)

地的现象不是很突出,说明石阡县经济发展速度较缓,总体经济实力较弱,还处在传统农业阶段,离现代化、工业化和产业结构升级还有较大的一段距离^[4]。

应用相关系数分析石阡县 8 种土地利用类型与信息熵之间的关联程度,结果表明耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用地与信息熵之间的相关系数(R²)分别为:0.937 9、0.615 3、0.867、0.760 9、0.963 7、0.914 3、0.855 5、0.546 1。可以看出居民点及工矿用地与信息熵的关联程度最高,其次为耕地,未利用地与信息熵的关联程度最小。这说明居民点及工矿用地、耕地等土地利用类型面积所占的比例高低是影响石阡县土地利用结构信息熵的主要因素^[4]。

5 结论

从整体上看,石阡县耕地、牧草地、未利用地面积所占比重呈下降趋势,园地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、林地的面积所占的比重呈上升趋势。

总的来说,石阡县土地利用结构信息熵值较低,虽然近年来有所增加,但由于增加幅度较小,土地利用结构仍保持在一个低

水平且有序状态,所以石阡县应该在坚持国家生态退耕政策、保护当地生态环境的前提下,加强居民点及工矿用地、交通用地的建设,才能发挥该地区土地利用结构的最佳效益。

[参 考 文 献]

[1] 刘筱非,周宝同,杨庆媛,赵姬奇,周滔.信息熵在区域土地利用结构研究中的应用——以重庆江北区为例[J].西南师范大学学报(自然科学版),2004,(6):1 062~1 065.
[2] 吴彦山,廖和平,等.优化城乡用地结构和布局研究——以重庆市开县为例[J].现代农业经济,2006,(11):172~175.
[3] 李江,郭庆胜.基于信息熵的城市用地结构动态演变分析[J].长江流域资源与环境,2002,11(5):393~397.
[4] 姬桂珍,吴承祯,等.武夷山市土地利用结构信息熵动态研究[J].安全与环境学报,2004,(4):40~44.
[5] 李新举.实用土地管理学[M].北京:中国农业出版社,1999.
[6] 石阡县统计局,石阡统计年鉴[Z].

作者简介:邵全强(1969~),男,贵州遵义人,工程师,现主要从事土地利用总体规划及 3S 技术应用研究工作。