

# 航测 DCM 影像常用融合方法对比分析

黄军<sup>1</sup>, 张智安<sup>2</sup>, 王霞<sup>1</sup>, 王爱华<sup>1</sup>, 柏永青<sup>1</sup>, 邢兆波<sup>3</sup>

(1. 山东省国土测绘院, 山东 济南 250013; 2. 山东省遥感技术应用中心, 山东 济南 250013; 3. 费县国土资源局, 山东 临沂 273400)

**摘要:**借助 ENVI 图像处理系统, 分别应用色彩空间变换、比值变换、主成分变换法, 对利用航测 DCM 相机获取的多光谱影像和全色光波段影像进行融合, 并利用主观分析和定量比较的方法, 分别从视觉角度和统计指标角度对比分析了 3 种方法融合图像的优缺点, 认为色彩空间变换方法效果较好, 为 DCM 高分影像的增强处理提供了依据。

**关键词:**航测; 影像融合; 图像增强; 对比分析

**中图分类号:** P208      **文献标识码:** B

**引文格式:**黄军, 张智安, 王霞, 等. 航测 DCM 影像常用融合方法对比分析[J]. 山东国土资源, 2015, 31(1): 65-68.

HUANG Jun, ZHANG Zhíán, WANG Xia, etc. Comparison and Contrast of Frequently Used Fusion Methods in DCM Aerial Images[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(1): 65-68.

随着航空摄影测量和遥感技术在土地管理、减灾救灾、环境监测、工程勘察、资源利用管理、社会可持续发展等领域的广泛应用, 航空影像获取、处理、判读和分析等技术取得了显著进步<sup>[1]</sup>。在现有传感器精度下如何获取更高质量的影像信息对遥感影像处理技术提出了更高的要求。遥感和航测图像融合按照融合方法实施的不同技术层次分为: 像素级融合、特征级融合、决策级融合 3 类<sup>[2-4]</sup>。其中像素级融合分为: 色彩变换、加权融合法、乘积融合法、主分量变换、比值变换融合、小波变换、高通滤波等<sup>[5]</sup>。该研究是基于航测 DCM 相机多光谱影像与该平台的高分辨率的全色光波段, 通过色彩空间变换、主成分变换、比值变换 3 种像素级融合方法, 借助 ENVI 影像处理系统对图像进行增强处理, 并从定性的主观评价和定量统计的客观评价 2 种评价方式对融合结果进行了对比分析。

## 1 图像融合数据与方法

DMC 数字航测相机, 具有很高的分辨率与精度, 是美国的 Z/I 公司研制的专门用于航测的影像平台, 是现代摄影测量设备最常配备的数码镜头之

一, 它能够满足基本的中高精度的地理测绘生产应用, 在获得全色数据的同时, 获得 RGB 多光谱红外数据。该研究是基于航测 DCM 相机获取多光谱数据 (RGB 和远红外) 和全色光数据, 空间分辨率分别为 2 m 和 0.5 m, 进行像素级融合及其评价。

### 1.1 色彩空间变换法

计算机图像处理中一般用红绿蓝 (RGB) 3 种色彩合成显示图像颜色, 摄影测量获取的多光谱影像直接合成的 RGB 影像虽然利于电脑模拟显示, 但不利于影像的解译和分析。HSV 空间中的 3 个分量色度、饱和度、亮度相关性较低, 属独立分量, 改变某一个各分量时, 不影响其他分量。因此, 把 RGB 空间转换成 HSV 空间, 利用高分辨率的影像在 HSV 空间中进行融合。色彩空间变换是先通过色彩变换分离出 HSV 的 3 个分量, 经过直方图拉伸将高空间分辨率的全色光影像和亮度分量进行匹配; 最后, 将匹配后的全色光影像替换原 HSV 空间中的亮度分量, 进行色彩空间反变换, 进行色彩合成<sup>[6-7]</sup>, 流程图见图 1。

### 1.2 比值变换法

比值变换 (Brovey) 是针对 3 个波段同时与高分

收稿日期: 2013-12-22; 修订日期: 2014-04-11; 编辑: 王秀元

作者简介: 黄军 (1973—), 男, 山东济南人, 高级工程师, 主要从事基础地理信息数据生产研究工作; E-mail: Huangx8j@163.com

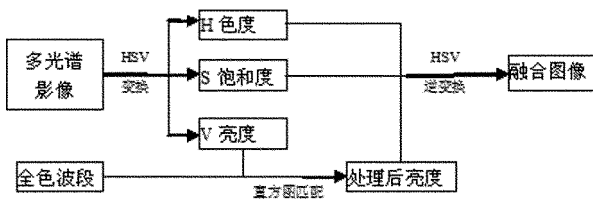


图1 HSV变换流程图

分辨率影像进行融合运算,计算公式为<sup>[8,9]</sup>:

$$Bi_{new} = [Bi_m / Br_m + Bg_m + Bb_m] \times Bh$$

式中: $Bi_{new}$ 为融合以后的波段值( $i = 1, 2, 3$ ); $Br_m$ ,  $Bg_m$ ,  $Bb_m$ 分别为多波段影像中的红、绿、蓝波段数值; $Bi_m$ 分别表示红、绿、蓝波段, $Bh$ 为高分辨率遥感影像。

### 1.3 主成分变换法

主成分变换(PCA)是一种基于多波段图像统计特性的正交变换,通常在数学计算中又被称为K-L变换。是通过多维矩阵正交变换的方法将一组相关变量变换成与原始变量无相关性的线性组合,有利于把各个波段的光谱信息很大程度上集中到第一主分量图像上,这样变换后的影像就能够最大限度的保持原始影像的光谱信息,贡献给新图像<sup>[7-10]</sup>。

主成分变换法主要分为3步:首先根据原始多光谱的3个波段的像元矩阵,计算出影像矩阵的特征向量;第二步,根据特征向量特征值的大小提取出主分量波段;最后,以主分量波段的均值和方差为标准相匹配对全色光影像(保持分辨率不变)进行直方图拉伸匹配,用匹配后的全色光影像替换第一主分量,通过逆变换即可得到融合影像<sup>[9,11,12]</sup>。

## 2 变换后结果和评价

评价方法对结果的评定有很大的影响,该研究从定性和定量的角度,对融合结果进行了评定。所谓定量评价即是通过人眼直接感知颜色、亮度、地物可分辨程度和地表纹理清晰度等方面对融合前多光谱和融合后影像进行比较,从主观上对3种融合后影像的分辨率、清晰度有一个定性的对比认识<sup>[13]</sup>。定量评价主要通过融合后各波段数学统计特征进行对比分析,该研究统计标准差、偏差、相关系数和信息熵4个基本的图像指标作为定量评价指标。

### 2.1 图像效果主观评价

融合前进行假色彩合成生成彩色图像(图2a),与融合后影像(图2b,2c,2d)进行显示对比。



图2 融合前后图像效果对比

从图像纹理清晰度比较,融合后影像继承了全色影像的高空间分辨率的特征和多光谱影像丰富的光谱特征,可见融合后图像的计算机显示效果、图像清晰度、地物的可分辨性都有了显著的改变。但是3种融合影像特征也有明显差异,主成分变换融合后的影像对多光谱影像的色调改变较大,说明主成分变换对信息扭曲严重。通过图2对比发现,主成分变换融合显示效果明显低于色彩空间和比值变换,虽然有一定的亮度差异,但从视觉效果上难以区别图像融合质量的高低。利用光谱统计信息定量分析能够更详尽的对比3种影像变换效果。

### 2.2 定量评价方法

#### 2.2.1 相关系数

融合前后各个波段间的相关系数( $\rho$ )能反映融合后影像光谱保持能力。融合后多光谱影像空间分辨率的改善情况,可以通过融合影像与高空间分辨率的全色光影像的相关系数体现出来<sup>[14]</sup>。

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [(M(i,j)) - \bar{M}(i,j)] (F(i,j) - \bar{F}(i,j))}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} ((M(i,j)) - \bar{M}(i,j))^2 \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n ((F(i,j) - \bar{F}(i,j))^2}}$$

#### 2.2.2 标准差

在计算机图形分析中,影像矩阵的标准差总体反应了像元灰度值相对于灰度平均值的离散情况,标准差越小,则灰度分级越集中,代表该波段所包含的信息量越小;相反,标准差越大,表示相应波段所

涵盖的信息量越丰富,越有利于图像中地物的辨别<sup>[15]</sup>。计算公式为:

$$std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (F(i,j) - \bar{F}(i,j))^2}{m \times n}}$$

### 2.2.3 偏差度

原始每一波段影像灰度平均值与融合后对应波段的灰度平均值之差与该波段总像素(行列数乘积)之比叫偏差。它表示变换后的图像与变换前图像光谱信息的平均变化量,偏差度越大说明新影像光谱偏离原始影像的程度越大,光谱扭曲越严重。反之亦然。偏差度计算公式:

$$D = \bar{M}(i,j) - \bar{F}(i,j) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m | (M(i,j) - F(i,j)) |$$

上述公式中: $M(i,j)$ ,  $\bar{M}(i,j)$  分别为新影像某一波段像素值和平均像素值(即灰度值);  $F(i,j)$ ,  $\bar{F}(i,j)$  分别为变换前光谱某一波段的像素值和像素平均值;  $mn$  为图像行列号的乘积(即总像素值)。

### 2.2.4 信息熵

信息熵是香侬(C. E. Shannon)通讯数学论原理中评价信息冗余度的指标,该文用此指标评价影像的信息量,假设一幅比特(0~255 分级)影像  $x$  的熵为:

$$H(x) = - \sum_{j=0}^{255} P_i \log_2 P_i$$

式中: $P_i$  为某一波段影像出现灰度值为  $i$  像素的概率。熵  $H$  值越大,代表该波段所含地物信息越丰富;熵值越小,表示信息在图像中分布越均匀,不同地物间对比度越不明显。信息熵值在该研究中用来评价变换后影像信息量增加程度<sup>[11]</sup>。

## 2.3 定量评价

### 2.3.1 相关系数比较

根据 ENVI 提取出的相关统计信息,对融合后的影像进行比较(表1)。

表1 融合前后影像相关系数

元素	原始影像			比值变换			色彩空间变换			主成分变换		
	3	2	1	3(R)	2(G)	1(B)	3(R)	2(G)	1(b)	3(R)	2(G)	1(B)
原始多波段	1	1	1	0.96	0.97	0.92	0.98	0.97	0.94	0.97	0.95	0.92
全色	0.91	0.92	0.89	0.95	0.97	0.94	0.97	0.99	0.97	0.96	0.96	0.94

表1为3种变换后的影像与原多光谱和全色光波段相关系数,上述3种影像融合后各波段与全色光波段的相关系数相比都有明显增加,说明空间分辨率都有了相应的改善,改善最明显的是色彩空间变换,其次是比值变换。与原多光谱影像相关系数

对比发现色彩空间变换和比值变换融合明显大于主成分变换,相关系数越大说明该变换的光谱保持能力越强,主成分变换融合的光谱保持能力最差;这与图像显示对比结果保持一致。

### 2.3.2 偏差评定(评定结果)

通过对3种融合图像的偏差度进行对比分析,进而比较3种新图像融合后的光谱扭曲偏离程度结果(表2),发现色彩空间变换融合后的各个波段的偏差明显小于主成分变换融合;色彩空间变换融合与比值变换融合对比,红光和绿光波段偏差小于比值变换融合,偏差越小融合后光谱保持效果越好,分析可知:色彩变换融合的光谱保持能力比值变换后影像强,主分量变换的光谱扭曲最大。

表2 融合后的偏差度比较

偏差	色彩空间变换	比值变换	主成分变换
3(R)	0.073	0.075	0.090
2(G)	0.075	0.081	0.102
1(B)	0.051	0.050	0.057

### 2.3.3 标准差对比

标准差表示图像灰度值的平均离散程度,研究逐一统计融合前后每一波段的标准差(表3)。对比统计结果发现3种新影像的各波段标准差都明显的变小;HSV融合后3个波段标准差为最大,分别从原来的44.3,41.7,37.1降低到41.9,40.6,31.8。另外2种变换后标准差都小于40,特别是蓝光波段降到30以下,说明色彩空间变换后影像灰度的离散程度大于比值变换和主成分变换。主成分变换融合后的标准差在G,B两个波段都大于比值变换,但红光波段的标准差明显显小,所以在红光波段图像灰度分级不明显,从而大大降低了图像的分辨能力。

### 2.3.4 信息熵评定

融合后影像的信息熵值大小反映了融合后各波段包含的平均信息量的多少,信息量多少与信息熵成正比(表4)。

表3 标准差对比

均方差	原始影像	比值变换融合	色彩空间变换融合	主成分变换融合
3(R)	44.3	35.4	41.9	32.1
2(G)	41.7	32.3	40.6	39.7
1(B)	37.1	27.4	31.8	28.3

表4 融合后影像信息熵

熵	比值变换	色彩空间变换	主成分变换
R	7.71	7.54	7.44
G	7.61	7.62	7.32
B	7.48	7.65	7.16

由表4可知,比值变换融合和色彩空间变换融合后图像的信息熵明显大于主成分变换融合,包含的信息量比较丰富;其中,色彩空间变换融合后3个波段的熵大小分布较均匀,比值变换后红光波段的信息熵较高达到7.71,说明全色光影像在提升红光波段的信息量方面比较明显,各个波段间分布不均匀。

### 3 结论

该研究初步利用3种常用融合方法对DCM航测影像进行光谱融合转换,结合计算机显示和统计结果的分析评价得出以下结论:对于该摄影测量平台的光谱影像质量提升效果,色彩空间变化后计算机显示和视觉效果最佳,比值变换效果其次,主成分变换的计算机显示、目视效果最差;从光谱信息的保持程度来看,也是色彩空间变换的保持能力最强。同样从融合影像各波段偏差度的差异分析可知:主成分变换融合的光谱扭曲最大。从图像灰度级分布角度比较,色彩空间变换融合优于比值变换融合优于主成分变换。根据融合后影像的信息熵可知色彩空间变换和比值变换融合各波段所包含的光谱信息量都要大于主成分变换,其中比值变换融合在提升红光的信息量方面比较明显。3种融合方法有各自的优缺点,但通过上述分析综合可知:色彩空间变换效果较好,所以,在该测量平台的影像具体应用中,应该根据图像对不同光谱的精度要求合理选择融合方式。

### 参考文献:

- [1] 李朋德. 国际遥感与摄影测量技术现状综述[J]. 测绘技术装备, 2008, 10(2): 1-2.
- [2] 韩玲. 多源遥感信息融合技术及多源信息在地学中的应用研究[D]. 西安: 西北大学, 2005.
- [3] 袁金国, 王卫. 多源遥感数据融合应用研究[J]. 地球信息科学, 2005, 7(3): 97-103.
- [4] 夏明革, 何友. 多传感器图像融合综述[J]. 光电与控制, 2002, 9(4): 1-7.
- [5] 窦闻, 李云浩, 何辉明. 光学遥感影像像素级融合的理论框架[J]. 测绘学报, 2009, 38(2): 131-137.
- [6] 常化文, 陈春香. 基于HSV变换与小波变换的遥感图像融合[J]. 计算机工程与设计, 2008, 28(23): 5682-5684.
- [7] 许辉熙. 遥感影像融合方法的精度评价. 测绘与空间地理信息[J]. 2009, 32(6): 11-14.
- [8] Liu, J. Smoothing filter - based intensity modulation: a spectral preserve image fusion technique for improving spatial details[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(18): 3461-3472.
- [9] 杨丽萍, 陈发虎. 国内多源遥感影像信息融合技术的新进展[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(1): 116-122.
- [10] 陈雪洋, 张治清. GeoEye-1影像数据融合方法评价[J]. 地理空间信息, 2011, 9(5): 105-108.
- [11] 陈丹. 基于PCA变换的多传感器图像融合质量评价[J]. 科技广场, 2009, (1): 133-135.
- [12] 罗朝明. 中巴资源卫星02星遥感影像数据融合研究[D]. 电子科技大学, 2008.
- [13] 杨丽萍, 夏敦胜. Landsat7ETM+全色与多光谱数据融合算法的比较[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2007, 43(4): 7-11, 96.
- [14] 贲培东, 曾永年, 历华. 不同遥感影像融合方法效果的定量评价研究[J]. 遥感信息, 2007, (4): 40-45.
- [15] 王耀南, 李树涛. 多传感器信息融合及其应用综述[J]. 控制与决策, 2001, 16(5): 518-522.

## Comparison and Contrast of Frequently Used Fusion Methods in DCM Aerial Images

HUANG Jun<sup>1</sup>, ZHANG Zhi'an<sup>2</sup>, WANG Xia<sup>1</sup>, WANG Aihua<sup>1</sup>, BAI Yongqing<sup>1</sup>, XING Yaobo<sup>3</sup>

(1. Shandong Land Surveying and Mapping Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Provincial Remote Sensing Technology Application Center, Shandong Jinan 250013, China; 3. Feixian Bureau of Land and Resources, Shandong Feixian 273400, China)

**Abstract:** By using ENVI image processing system, applying color space transform respectively, ratio transformation and principal component transformation method, multi-spectral images and panchromatic band images gained by using aerial DCM camera have been fusioned. Using subjective analysis and quantitative comparison method, from the visual angle and the angle of statistical index, the advantages and disadvantages of 3 kinds of image fusion methods have been carried out respectively. It is regarded that color space transformation method has better effect. It will provide the basis for high DCM image enhancement processing.

**Key words:** Aerial photography; image fusion; image enhancement