

文章编号:1671-8860(2007)08-0667-04

文献标志码:A

# 一种定量确定遥感融合图像空间分辨率的方法

闫利<sup>1</sup> 岳昔娟<sup>1</sup> 崔晨风<sup>1</sup>

(1 武汉大学测绘学院,武汉市珞喻路129号,430079)

**摘要:**提出了一种利用多分辨率图像模板库来定量确定遥感融合图像真实空间分辨率的方法。实验结果表明,该方法简单实用、易于实现。

**关键词:**遥感融合图像;真实空间分辨率;定量评价

**中图法分类号:**P237.3

遥感图像融合在图像质量改善、变化检测等方面得到了广泛应用。影像融合质量评价是一个非常复杂的问题,特别是定量评价。融合方法的选择取决于融合影像的应用,但迄今还没有普适的融合算法能够满足所有的应用目的,这也意味着融合影像质量评价应该与具体应用相联系,应选择不同的定量评价指标和方法。高空间分辨率遥感影像和高光谱遥感影像的融合旨在生成具有高空间分辨率和高光谱分辨率特性的遥感影像,融合影像空间分辨率的定量评价则是这类应用中的一个关键技术问题。

多源遥感图像的质量、配准精度、融合方法决定了融合图像的空间分辨率,在融合过程中辐射分辨率的变化将影响融合图像的空间分辨率,遥感成像过程中的复杂因素也将影响遥感图像的真实空间分辨率。从频率域分析,多分辨率图像融合过程中,低分辨率图像对高分辨率图像存在低通效应,高分辨率图像的高频部分受到抑制,必将造成融合图像空间分辨率的下降。目前所提到的遥感融合图像的空间分辨率,一般是指高分辨率图像的空间分辨率,而不是能够反映融合图像质量的真实空间分辨率。如何从融合图像本身来定量评价图像融合后真实的空间分辨率一直是遥感图像处理领域的一个难题,目前还没有统一的解决方法<sup>[2]</sup>。

遥感图像空间分辨率的评价方法可分为定量和定性两类。遥感图像的真实空间分辨率对于遥感图像应用中的质量指标控制具有重要的意义。

配准精度与融合图像空间分辨率的定量关系、图像辐射增强算法(例如直方图匹配、直方图均衡等)对融合图像空间分辨率的影响等这些问题都是融合图像空间分辨率定量评价方面值得研究的问题。

## 1 基于多分辨率图像模板库的空间分辨率定量评价方法

一般而言,遥感图像真实空间分辨率的定量评价方法可分为以下两个方面:①利用地面几何和辐射标定场的人工标志确定真实空间分辨率。这种方法准确可靠,但由于标定场的位置限制而无法对任意位置的遥感影像进行评定。②利用遥感影像中的明显人工地物确定真实空间分辨率。在没有明显人工地物以及人工地物尺寸未知的情况下,这种方法也将受到限制。

本文通过建立多空间分辨率图像模板库,利用图像匹配方法,在模板库里寻找与融合图像最相似的图像,对应的空间分辨率将作为融合图像的评价结果,建立多分辨率图像模板库以及图像匹配算法是其中两个关键的技术问题。从理论上讲,模板库应该符合:①包含与评价对象相同的图像类型,例如光学图像、SAR图像;②包含评价对象所在位置的多分辨率图像;③具有与评价对象时尽可能接近的图像。

上述三个条件说明,模板库应该具有多源、多分辨率、多时相、任意位置的图像,显然,这是不可

行的。针对图像融合这一具体应用,本文利用参加融合的高分辨率遥感图像生成多分辨率的图像,自动建立模板库。匹配算法采用相关系数和偏差指数,定量确定遥感融合图像真实的空间分辨率。定量评价流程如图1所示。

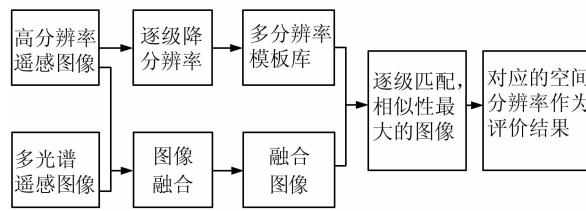


图1 遥感融合图像空间分辨率定量评价流程图

Fig. 1 Flowchart of Quantitatively Determining Spatial Resolution of Remote Sensing Fused Image

对10 m分辨率的SPOT全色图像进行重采样,获得不同分辨率的图像,分辨率分别为11 m、12 m、13 m、…、30 m(在不考虑配准误差的情况下,融合图像的分辨率在融合图像数据源最高和最低分辨率之间),如图2所示。

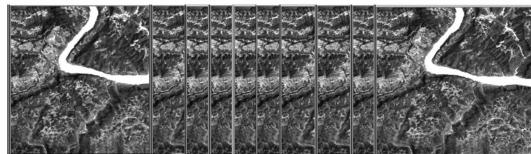
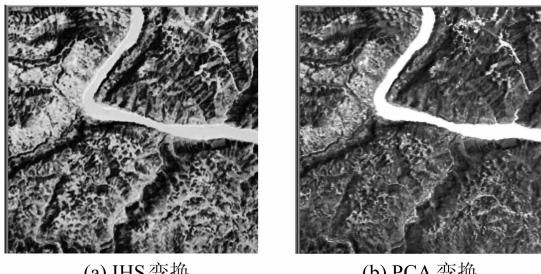


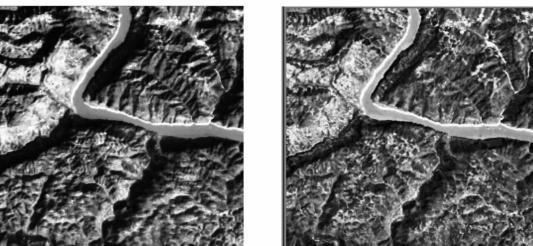
图2 不同空间分辨率的图像模板库

Fig. 2 Image Base of Different Spatial Resolution



(a) IHS变换

(b) PCA变换



(c) Multiplicative变换

(d) Brovey变换

图5 利用不同融合方法得到的融合图像

Fig. 5 Fused Image by Different Fusion Methods

## 2.3 定量确定融合图像真实空间分辨率的指标

1) 相关系数。描述两图像间的相似程度<sup>[4]</sup>:

$$r =$$

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_A(i, j) - \bar{f}_A)(f_B(i, j) - \bar{f}_B)}{\left[ \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_A(i, j) - \bar{f}_A)^2 \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f_B(i, j) - \bar{f}_B) \right]^{1/2}} \quad (1)$$

由上式计算不同空间分辨率的灰度图像与融合图像的相关系数,相关系数越高,则融合图像与

## 2 空间分辨率定量评价过程

### 2.1 实验数据

实验数据来自某地区的一幅10 m分辨率的SPOT全色图像(图3)和一幅30 m分辨率的Landsat 7 ETM<sup>+</sup>多光谱图像(743波段组合)(图4)。两幅图像已进行几何纠正和配准。

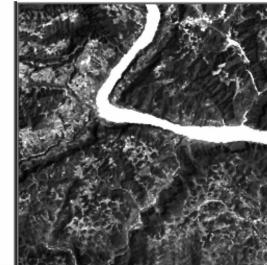


图3 SPOT(10 m)

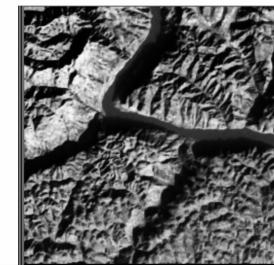


图4 743(30 m)

### 2.2 不同融合方法得到的融合图像

图像融合的方法主要有彩色模型变换法(IHS)、主分量变换法(principal component analysis, PCA)、乘积变换法(multiplicative)、比值变换法(brovey)等,不同的融合方法对空间分辨率的影响也不同。

用以上不同的融合方法对图3和图4进行融合得到的融合图像如图5所示。



此图像的空间分辨率越接近。

2) 偏差指数。高分辨率图像与融合图像差值的绝对值与融合图像灰度值的比值,它反映两幅图像间的偏离程度,其公式如下<sup>[4]</sup>:

$$D = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \frac{|f_A(i, j) - f_B(i, j)|}{f_B(i, j)} \quad (2)$$

本文利用上式计算不同空间分辨率的灰度图像与融合图像差值的绝对值与融合图像灰度值的比值,计算出两幅图像间的偏离程度。偏离程度越小,则融合图像与此图像的空间分辨率越接近。

### 3 实验结果

本文通过计算融合图像与不同空间分辨率的图像模板库的偏差指数和相关系数,定量确定融合图像的空间分辨率。在计算相似性测度时,需将模板库中的图像重采样,以便和待评价图像的大小一致。由于模板库中的图像是通过降分辨率得到的,需将其重采样放大。尽管图像增大了,但其真实的空间分辨率并没有改变,也就是图像的放大操作不能提高图像的真实空间分辨。IHS、PCA、Multiplicative、Brovey 变换结果如表 1~表 4 所示。

表 1 IHS 变换结果

Tab. 1 Results of IHS Transformation

分辨率/m	偏差指数	相关系数
10	0.019 391	0.780 013
11	0.019 501	0.783 598
12	0.019 666	0.770 825
13	0.019 786	0.782 763
14	0.019 941	0.760 863
15	0.019 889	0.763 048
16	0.019 345	0.781 943
17	0.019 302	0.783 749
18	0.019 543	0.775 115
19	0.019 974	0.759 841
20	0.019 518	0.776 331

表 2 PCA 变换结果

Tab. 2 Results of PCA Transformation

分辨率/m	偏差指数	相关系数
10	0.064 791	0.967 980
11	0.064 767	0.960 864
12	0.064 929	0.958 670
13	0.064 795	0.961 822
14	0.065 087	0.948 486
15	0.065 073	0.950 037
16	0.064 782	0.967 982
17	0.064 744	0.969 986
18	0.064 893	0.961 347
19	0.065 109	0.947 314
20	0.064 905	0.964 362

从表 1 到表 4 可以看出,10 m 分辨率的 SPOT 全色图像和 30 m 分辨率的 TM 多光谱图像(第 7、4、3 三个波段,波段组合是 743)分别经过 IHS 变换、PCA 变换、Multiplicative 变换和 Brovey 变换得到的融合图像的空间分辨率与 17 m 空间分辨率的图像的偏差指数最小、相关系

表 3 Multiplicative 变换结果

Tab. 3 Results of Multiplicative Transformation

分辨率/m	偏差指数	相关系数
10	0.166 083	0.670 760
11	0.166 104	0.670 031
12	0.166 192	0.665 437
13	0.166 057	0.670 076
14	0.166 323	0.660 959
15	0.166 315	0.662 954
16	0.166 057	0.670 664
17	0.166 030	0.670 942
18	0.166 165	0.667 535
19	0.166 367	0.659 890
20	0.166 935	0.650 448

表 4 Brovey 变换结果

Tab. 4 Results of Brovey Transformation

分辨率/m	偏差指数	相关系数
10	0.108 042	0.945 704
11	0.108 078	0.945 791
12	0.108 242	0.933 972
13	0.108 052	0.945 702
14	0.108 413	0.922 659
15	0.108 398	0.924 924
16	0.108 076	0.944 646
17	0.108 038	0.946 523
18	0.108 204	0.937 007
19	0.108 443	0.921 004
20	0.108 334	0.932 918

数最大,由此判定经 IHS 变换、PCA 变换、Multiplicative 变换和 Brovey 变换得到的融合图像的真实空间分辨率为 17 m。在此实例中,4 种融合方法得到融合图像的空间分辨率是一样的,但其他算例表明,融合算法对融合图像的空间分辨率是有一定影响的。融合算法、配准精度对融合图像空间分辨率的影响将在后续研究中探讨。

### 参 考 文 献

- [1] 刘纯平. 多源遥感信息融合方法及其应用研究[D]. 南京:南京理工大学,2002
- [2] 季统凯,赵忠明. 海啸地区遥感图像空间分辨率定量评价研究[J]. 遥感学报,2005,9(4):486-493
- [3] 杨静. 遥感多传感器图像融合中若干问题的研究[D]. 西安:中国科学院西安光学精密机械研究所,2003
- [4] 孙家炳. 遥感原理与应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2003

第一作者简介:闫利,教授,博士生导师。现从事摄影测量、遥感图像处理和三维激光成像扫描测量技术的研究。

E-mail:lyan@sgg.whu.edu.cn

## A Method to Quantitatively Determine Spatial Resolution of RS Fused Image

YAN Li<sup>1</sup> YUE Xijuan<sup>1</sup> CUI Chenfeng<sup>1</sup>

(1) School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Spatial resolution of remote sensing fused image is usually the spatial resolution of high

spatial resolution image which is not the real spatial resolution of the fused image. A method using correlation coefficient and bias index of different spatial resolution image base and fused image to quantitatively determine spatial resolution of remote sensing fused image is presented. The experiments show this method is not only plain and practical but also easy to realize.

**Key words:** remote sensing fused image; spatial resolution; quantitative assessment

**About the first author:** YAN Li, professor, Ph.D supervisor. His main research interests are remote sensing image processing and 3D laser imaging radar.

E-mail: lyan@sgg.whu.edu.cn

(上接第662页)

- [2] 袁修孝. GPS辅助空中三角测量原理与应用[M]. 北京: 测绘出版社, 2001
- [3] 刘徐德. GPS/INS组合导航文集[M]. 西安: 电子工业部第二十研究所, 1996
- [4] Friess P A. Simulation Study on the Improvement of Aerial Triangulation by Navigation Data[C]. The Symposium, Comm. III, ISPRS, Rovaniemi, 1986
- [5] Friess P. Aerial Triangulation with GPS-Methods, Experience, Exception[C]. The 43th Photogrammetric Week, Stuttgart, 1991
- [6] Konecny G, Li K R. Results of Combined Bundle Block Adjustment with GPS Data, ZPF, 1990, (1):
- [7] 乐荷卿. 建筑透视摄影[M]. 长沙: 湖南大学出版

社, 1987

- [8] Zhang Jianqing, Zhang Yong, Zhang Zunxun. The Feasibility Study on the Aerial Triangulation over Urban Area Constrained by Vertical Lines[C]. The 4th SPIE International Symposium Multispectral Image Processing and Pattern Recognition, Wuhan, 2005

**第一作者简介:** 张祖勋, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士, 国际欧亚科学院院士。现主要从事摄影测量与遥感、计算机视觉研究。代表成果为全数字化摄影测量系统 VirtuoZo 及专著《数字摄影测量学》、《摄影测量学》。

E-mail: zhangzx@supresoft.com.cn

## Study of the Vertical Lines Supported Aerial Triangulation over Urban Areas

ZHANG Zuxun<sup>1</sup> ZHANG Yong<sup>1</sup>

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** In this paper, the mathematical model of the vertical lines supported aerial triangulation has been established according to the theory of the vanishing point. Two relative problems, which are the layout of the ground control points and the side-overlap, have been studied in order to reveal the accuracy and the reliability of the vertical lines supported bundle block adjustment. The study and the test results show that the vertical lines could be introduced into the traditional bundle adjustment as additional height control conditions and could reduce the necessary height control points number significantly, thus the work presented in this paper provides a new way for the calculation of the aerial triangulation of the aerial imagery over urban areas.

**Key words:** vertical lines; vanishing point; aerial triangulation; block adjustment

**About the first author:** ZHANG Zuxun, professor, Ph.D supervisor, member of the Chinese Academy of Engineering, member of the Euro-Asia International Academy of Sciences. His research field includes photogrammetry, remote sensing and computer vision. His representative achievements are a fully digital photogrammetry system VirtuoZo and literature "Digital Photogrammetry" and "Photogrammetry".

E-mail: zhangzx@supresoft.com.cn