

文章编号: 1671-8860(2003)03-0311-04

文献标识码: A

# 大型影像数据库中的色调调整方法<sup>\*</sup>

易尧华<sup>1</sup> 龚健雅<sup>2</sup> 秦前清<sup>2</sup>

(1 武汉大学新闻与传播学院, 武汉市珞珈山, 430072)

(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘 要:** 在详细分析造成大型影像库中色调差异成因的基础上, 通过比较几种影像数字镶嵌时常采用的色调过渡匹配平衡方法, 提出了一种充分考虑影像本身特征的相邻相关影像色调调整平滑过渡方法。同时为了减少大幅面影像调整时调整误差的空间传递性, 给出了基于四叉树的多次调整法。

**关键词:** 影像数据库; 色调调整; 相邻相关; 四叉树

**中图法分类号:** TP751

影像数据作为空间数据的一种载体在地理信息领域中的地位变得越来越重要。在建设国家空间数据基础设施中, 影像数据起着重要的基础数据信息层的作用。数字正射影像同时也是数字地球的重要组成部分, 数字地球的建立就是以 1m 分辨率的卫星影像为基础的。建设国家空间数据基础设施和数字地球都迫切需要建立能高效地管理多比例尺、多数据源的海量空间数据的大型影像数据库。目前基于大型商业数据库管理系统(如 Oracle, SQL Server)的大型无缝影像数据库, 无论是在管理海量影像数据的能力上, 还是在影像空间几何位置的拼接匹配上, 其理论研究和实现技术日趋成熟。但在建立大型的数字影像数据库时, 由于原始影像获取条件的差异, 如拍摄的时间不同导致地物的表面反射特性不同, 太阳的光照条件也不同, 这些都会导致影像整体色调出现严重的不均衡和偏差。另外, 即使是影像的获取条件差别不大, 由于地形(如高山的阴影、水域的不同角度对光线的反射与吸收)等各种因素的影响, 每幅影像本身也会出现局部的色调偏差。在大型(如省级甚至全国范围的)无缝影像数据库中, 虽然在影像数字镶嵌时通过对影像的拼接边界作各种色调过渡处理, 但由于整体影像的差异, 使得拼接后的大幅面影像很难保证影像整体上的色调一致。这些色调偏差的存在还导致同一地物在影像库中的色调不一, 严重影响了全数字化测图和 3S

系统中的地物判读以及大幅面影像输出图的整体外观。因此, 在生产实践中, 如何保证大型影像库中色调的均衡已成为建立大型影像数据库中影像数字镶嵌的关键技术之一。

## 1 常用影像色调平衡方法

常用的影像色调平衡方法都是以相邻影像的重叠区域为基础, 通过各种平滑过渡来消除人为的假边缘和拼接缝。常见的色调平衡方法主要有基于影像直方图、基于影像信息熵、基于相邻影像方差、均值的色调调整方法。

基于影像直方图的调整方法是利用影像的灰度直方图能客观地反映出一幅影像的灰度分布这一特征, 相邻影像的重叠区域的灰度直方图在理想条件下应是一致的。具体操作有两种处理方式: ①通过平移直方图的方法。假设左影像与右影像的平均灰度分别为  $\bar{g}_L$ 、 $\bar{g}_R$ , 如以左边影像的直方图作参考, 将右边影像的灰度直方图在灰度轴上平移。这种处理方式的计算量很小, 速度很快, 针对相邻影像重叠区域的直方图的形状在相近条件下效果较好。②基于一阶直方图映射的方法。利用影像的一阶直方图的色调平衡方法, 就是根据相邻影像灰度分布特征作灰度线性变换, 即将影像的直方图映射到另一直方图上, 从而使得相邻影像重叠区的灰度直方图形状尽可能

\* 收稿日期: 2003-01-25。

项目来源: 国家基础测绘科技基金资助项目。

相同。

基于影像信息熵的色调平衡方法是根据相邻图幅影像的重叠区域表示的是同名影像,故其平均信息量(即熵)应相同。对于实际上存在的色调差异,可以利用熵映射的方法来消除。假设左边影像的最大、最小灰度值和熵分别为  $g_{Lmax}$ 、 $g_{Lmin}$  和  $H_L$ ,右边影像的最大、最小灰度值和熵分别为  $g_{Rmax}$ 、 $g_{Rmin}$  和  $H_R$ ;左、右影像中第  $i$  灰度级的百分率分别为  $P_L(i)$ 、 $P_R(i)$ ,则

$$\begin{cases} H_L = - \sum_{g_{Lmin}}^{g_{Lmax}} P_L(i) \log_2 P_L(i) & (1) \\ H_R = - \sum_{g_{Rmin}}^{g_{Rmax}} P_R(i) \log_2 P_R(i) & (2) \end{cases}$$

若以左边的影像为参考,对右边影像进行映射,则映射公式为:

$$g_{R(i,j)} = \frac{H_L}{H_R} (g_{R(i,j)} - g_{Rmin}) + g_{Lmin} \quad (3)$$

基于方差、均值的色调平衡方法,假设相邻的两幅影像为  $f(i,j)$ 、 $g(i,j)$ ,分别统计两幅影像的均值、方差、协方差。计算公式分别为:

$$M_g = \frac{1}{S} \iint_S g(x,y) dx dy, M_f = \frac{1}{S} \iint_S f(x,y) dx dy \quad (4)$$

$$\sigma_f^2 = \iint_S (f(x,y) - M_f)^2 dx dy \quad (5)$$

$$\sigma_g^2 = \iint_S (g(x,y) - M_g)(f(x,y) - M_f) dx dy \quad (6)$$

再对左边影像用以下公式计算:

$$f'(x,y) = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} (f(x,y) - M_f) + M_g \quad (7)$$

计算所得的结果在色调上应与右边影像保持一致。

以上介绍的这几种色调平衡方法都是建立在相邻影像之间的拼接缝选择上。在相邻影像重叠区域较大的情况下,对于两幅相邻影像拼接缝的消除都有一定的效果,但无法真正消除大幅面正射影像的色调差异。

2 相邻相关影像色调平衡方法

无论是航天还是航空遥感成像,都是按照预先规划好的航线进行。同一条航线中的影像之间为左右相邻关系,不同航线中的影像之间为上下相邻关系,如图 1 所示。正是由于正射影像是分条带来进行拍摄的,在作色调调整时,应充分考虑

同一条带内影像色调的相似与相近性。无论是对于左右相邻关系的影像,还是上下相邻关系的影像,相邻正射影像之间在色调上都表现为较大的相关性。

相邻相关的影像色调调整方法就是,首先根据国家地球空间数据交换标准格式,基于相邻正射影像的相关性特点,调整每一幅影像本身的局部色调偏差,对某些具有明显的内部色调偏差的单幅影像还可以进行匀光处理。在基本调整了每一单幅影像的色调偏差后,再对大幅面正射影像进行接边平滑处理,使各个正射影像图幅边界平滑过渡。这是以相邻影像之间重叠部分为标准,使重叠部分的色调一致,然后向重叠区域以外平滑过渡,达到影像平滑接边的目的。同时为了减少大幅面影像调整时调整误差的空间传递性,本文采用基于四叉树的多次调整方法。具体步骤如下。

1) 根据国家地球空间数据交换标准格式的影像元数据文件设置每个影像块的相邻关系,如图 1 所示。对某些具有明显的内部色调偏差的单幅影像块可以进行匀光处理。调整单块影像的亮度和反差,使同一影像块内部色调均衡。 $f_{max}$ 、 $f_{min}$  分别为影像最大与最小灰度值,计算公式为:

$$f'(x,y) = \frac{255}{f_{max} - f_{min}} (f(x,y) - f_{min}) \quad (8)$$

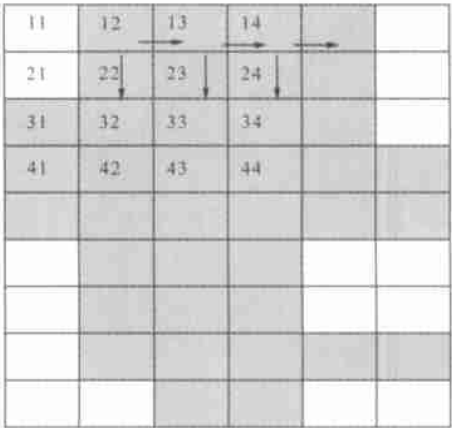


图 1 大幅面影像色调调整顺序

Fig. 1 Adjusting Sequence of Image Data

2) 分航带调整。同一航带内影像均为左右相邻关系,根据国家地球空间数据交换标准格式的影像元数据文件可以确定影像的拼接线,拼接缝的选择可以直接用图幅的边界或者用影像的实际大地坐标边界。如图 2 所示,以左边影像为参考,调整右边影像。 $f(i,j)$ 、 $g(i,j)$  分别为右、左

影像对应的拼接行,  $k$  为调整宽度,  $d$  为离拼接线的距离。计算公式为:

$$f'(x,y)=\frac{\sum_{i=0}^kf(x,y)}{\sum_{i=0}^kg(x,y)}(f(x,y)-f_{\min})+\frac{k-d}{k}((\sum_{i=0}^kf(x,y)-\sum_{i=0}^kg(x,y))/k)\tag{9}$$

这样, 同一航带内的多幅影像的色调基本一致。

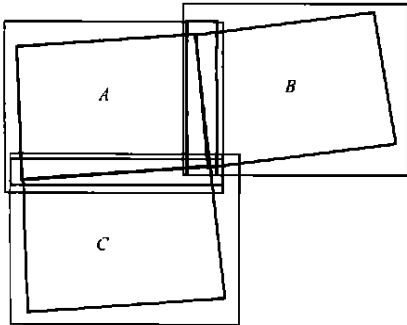


图 2 色调调整拼接缝的选择  
Fig. 2 Selection of Transition Boundary

3) 拼接缝的平滑过渡处理。拼接缝分为左右拼接缝与上下拼接缝, 由于左右与上下方向都有一定的重叠, 首先使相邻影像重叠部分的灰度(色彩)一致, 然后向重叠部分以外平滑过渡, 达到影像平滑接边的目的。平滑调整的顺序如图 1 所示。平滑算法可以用均值平均法或中值滤波法。

4) 基于四叉树的多次调整方法, 对于大范围的大型影像数据库, 大幅面的影像包含大量的图幅, 如果一直以左边影像作为色调调整的参考标准, 随着调整误差的空间传递和积累, 整幅的大幅面影像内部依然存在色调的不均匀。为了减少大幅面影像调整时调整误差的空间传递性, 本文采用基于四叉树的多次调整方法, 如图 3 所示。先按小图幅调整, 再把 4 个小图幅看成一个独立的图幅再与其左右或上下相邻的图幅调整。依此类推, 直到整个大幅面影像的色调调整为均衡, 并没有明显的拼接假边缘。

这种方法完全根据影像本身的相邻相关的特征来调整影像的色调差异与消除拼接缝, 不需要人工干预, 可以由计算机自动完成, 而且算法简单, 速度较快, 容易实现。为了节省调整的次数与时间, 根据国家地球空间数据交换文件格式标准确定图幅的位置关系, 分航带调整和拼接缝的平滑过渡处理还可以用批处理的办法完成。

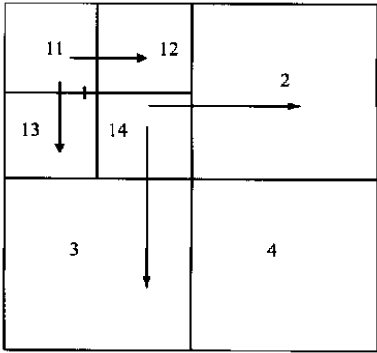


图 3 基于四叉树的调整顺序  
Fig. 3 Adjusting Sequence Based on Quadtree

3 试验与结论

为了检验文中提出的方法的效果, 本文选用具有比较典型的色调偏差的左右相邻的影像块。从原图(图 4)可以看出, 两幅相邻的影像块具有明显的色调偏差, 用本文提出的相邻相关影像色调平衡方法处理。图 5 为用本文方法处理后的结果。实践表明, 本文提出的方法能有效地消除这种色调偏差。

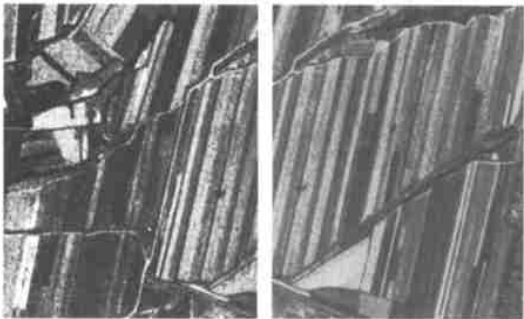


图 4 色调调整前的相邻影像  
Fig. 4 Border Imagery Before Adjusting Hue

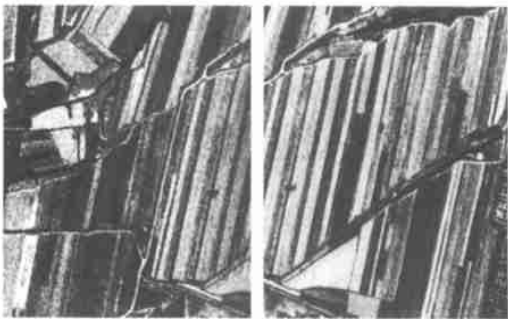


图 5 色调调整后的相邻影像  
Fig. 5 Border Imagery After Adjusting Hue

在数字正射影像库的建库中, 正射影像(DOM)的质量要求主要有两个方面: ①影像的色

调均匀,没有模糊重叠,各个镶嵌影像块的灰度过渡平滑;②相邻图幅影像的接边精度满足限差要求。本文提出的方法已应用于一些正射影像库的生产任务,图 6(a)是某一具体生产单位生产的数字正射影像图。可以看出,由于没有对色偏进行有效的处理,存在明显的“假边缘”与整体色调偏

差;图 6(b)为用本文提出的方法处理后的拼接结果。从视觉效果上看,本文提出的方法不仅能有效地消除“假边缘”,还能有效地消除整体色调偏差。大量的生产实践证明,这种方法在调整大型影像数据库中大范围影像色调整体偏差上具有良好的实际应用效果。

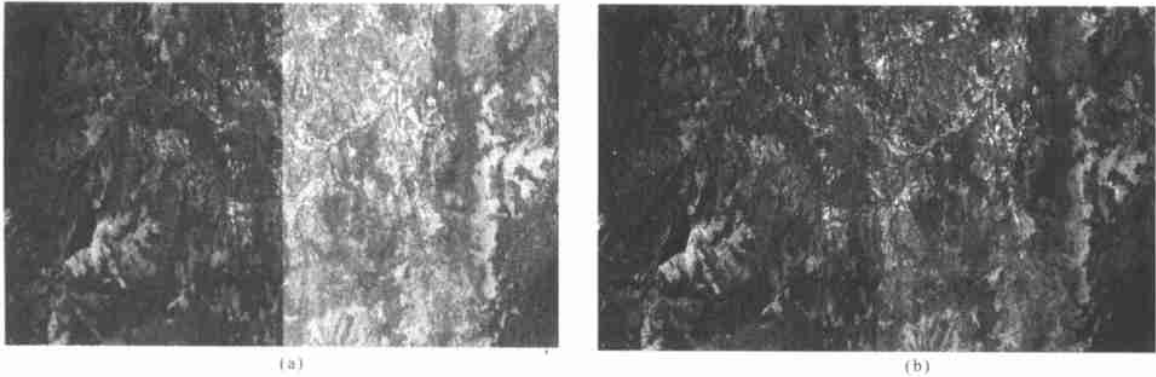


图 6 调整前后拼接的大范围影像  
Fig. 6 Large-Area Imagery Before & After Processing

参 考 文 献

1 刘晓龙. 基于影像匹配接边纠正的数字正射影像的镶嵌技术. 遥感学报, 2001, 5(2): 104~109  
2 黄文莉, 朱述龙, 陈虹. 镶嵌图像上拼接缝的消除方法. 郑州测绘学院学报, 2000, 17(1): 31~33  
3 王密. 大型无缝影像数据库的研制与可量测虚拟现实的可性研究:[博士论文]. 武汉: 武汉大学, 2001  
4 张永红, 林宗坚, 张继贤. 基于匹配与平差的影像镶嵌

方法. 中国图像图形学报, 2001, 6(4): 338~342  
5 许殿元, 丁树柏. 遥感图像信息处理. 北京: 宇航出版社, 1990  
6 李德仁, 邵巨良. 影像融合与复原的小波模型. 武汉测绘科技大学学报, 1996, 21(3): 213~217

第一作者简介: 易尧华, 讲师, 博士生. 主要研究方向为图像处理与分析.  
E-mail: yiyahua@hotmail.com

Hue Adjustment Method of Large-Scale Image Database

YI Yaohua<sup>1</sup> GONG Jianya<sup>2</sup> QIN Qianqing<sup>2</sup>

(1 School of Journalism and Communication, Wuhan University, Luojia Hill, Wuhan, China 430072 )  
(2 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

**Abstract:** This paper analyzes the reasons causing hue (or gray) difference of large-scale image database. Then on the basis of the comparison of some general methods, the paper presents a new hue (or gray) adjustment and smoothness transition method. Meanwhile, in order to reduce spatial transfer error caused by adjusting large-scale images, an innovative multi-time adjustment algorithm based on quad tree is put forward.  
**Key words:** image database; hue adjustment; neighboring and correlative; quadtree