

面向无缝影像数据库应用的一种新的 光学遥感影像色彩平衡方法

王密,潘俊

(武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉 430079)

摘要:针对建立大型无缝影像数据库的影像数据特点,在深入分析与比较现有处理方法的基础上,基于 Wallis 变换,提出了一种改进的色彩平衡处理方法。该方法可以兼顾整体信息与局部信息,在处理大型无缝影像数据库色彩平衡问题时,既可以减小每张影像的处理误差,又可以消除处理误差的空间传递和积累问题,还便于辐射分辨率的保持。实验表明,该方法可以有效解决大型无缝影像数据库的色彩平衡问题。

关键词:光学遥感影像;无缝影像数据库;Wallis 变换;色彩平衡

中图分类号:TP 751 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2006)04-0010-04

0 引言

影像间的色彩平衡主要指区域范围内图幅与图幅之间的色彩一致性调整。数字正射影像是建立无缝影像数据库的主要数据源。在数字正射影像生产的过程中,根据生产要求,利用图像处理等工具软件可以保证影像色调的均匀性,但是,对于区域范围内多幅正射影像的总体色调,由于在生产过程中很难兼顾,仍然存在明显的色彩差异,这个问题对建立大范围无缝影像数据库来说显得尤为突出。因此,影像间的色彩平衡问题是建立无缝影像数据库需要解决的关键问题之一^[1]。

影像间的色彩平衡通常做法是基于相邻影像的重叠区,依次两两调整,相邻影像的映射关系由重叠区获得^[2,3]。一方面,这类方法在获得相邻影像的映射关系时只考虑了重叠区的信息,当非重叠区具有与重叠区不同的特征时,就不能得到较好的效果^[5];另一方面,对于数字正射影像产品,图幅与图幅之间的重叠很小,由于缺乏足够的样本而使基于重叠区的方法缺乏稳健性;同时,这种依次两两调整的处理顺序存在误差的空间积累和传递问题^[4],对于数字区域和数字城市来讲,需建库的影像有上千幅,由于误差的空间积累和传递,很难在整体上保证色彩

的一致性。文献[5]针对近景摄影像片提出了采用三次多项式的回归分析方法,该方法虽然在获取映射关系时兼顾了重叠区与非重叠区的信息,但对于建立大型无缝影像数据库而言,影像多,数据量大,对于参加计算像素的选取以及参数的确定极其困难,而且,这种方法仍然采用依次两两调整的处理顺序,也存在误差的空间积累和传递问题。为此,文献[4]提出了基于四叉树的多次调整方法,这种方法考虑到相邻影像间的相关性,在处理顺序上做了改进,但其采用的是一种类似于文献[6,7]中的接缝线过渡处理方法,当影像间色彩差异较大时,将难以取得较好的效果。文献[8]虽然从理论上证明该方法的处理结果不会受到处理顺序的影响,但这种方法仍然是基于重叠区的处理方法。近几年来,许多商业化遥感影像处理软件对区域范围内的影像色彩平衡问题都给以了极大关注,分别提供了相应的处理方法,但是,由于大型无缝影像数据库建立时自身的特点(建库的区域范围大,涉及的影像文件多;图幅与图幅间重叠范围小),目前各种处理方法在解决其影像间的色彩平衡问题时都存在一定问题,很难取得令人满意的效果。鉴于此,本文针对大型无缝影像数据库建立时的特点,基于 Wallis 变换提出了一种改进的色彩平衡处理方法。

1 方法

1.1 Wallis 变换

Wallis 变换^[9,10]是一种比较特殊的滤波器,实际

$$f(x,y)=[g(x,y)-m_g]\frac{cs_f}{cs_g+(1-c)s_f}+bm_f+(1-b)m_g \tag{1}$$

式中 $g(x,y)$ 和 $f(x,y)$ 分别为原始影像和 Wallis 变换结果影像的灰度值; m_g 和 s_g 分别为原始影像的局部灰度均值与标准偏差; m_f 和 s_f 分别为结果影像局部灰度均值和标准偏差的目标值; $c \in [0,1]$,为影像方差的扩展常数; $b \in [0,1]$,为影像的亮度系数,当 $b \rightarrow 1$ 时,影像均值被强制到 m_f ,当 $b \rightarrow 0$ 时,影像均值被强制到 m_g 。式(1)也可以表示为

$$f(x,y)=g(x,y)r_1+r_0 \tag{2}$$

式中 $r_1=\frac{cs_f}{cs_g+(1-c)s_f}$; $r_0=bm_f+(1-b-r_1)m_g$ 。参数 r_1 、 r_0 分别为乘性系数和加性系数。在典型的 Wallis 变换中 $c=1$ 、 $b=1$,此时,式(1)变为

$$f(x,y)=[g(x,y)-m_g]\cdot(s_f/s_g)+m_f \tag{3}$$

1.2 兼顾整体信息与局部信息的处理方法

上述分析表明,在建立大型无缝影像库时,一种有效的色彩平衡处理方法应具备两个特点:①影像间色彩平衡处理不仅要考虑重叠区的信息,还要考虑非重叠区的信息,即要兼顾影像间的整体信息与重叠区的局部信息;②要消除大范围镶嵌色彩平衡处理时处理顺序可能导致的误差空间传递和积累问题,使影像在整个镶嵌范围内具有基本一致的色彩表现。鉴于此,本文基于 Wallis 变换提出了一种兼顾整体信息与局部信息的改进的色彩平衡处理方法,处理流程如图 1 所示。

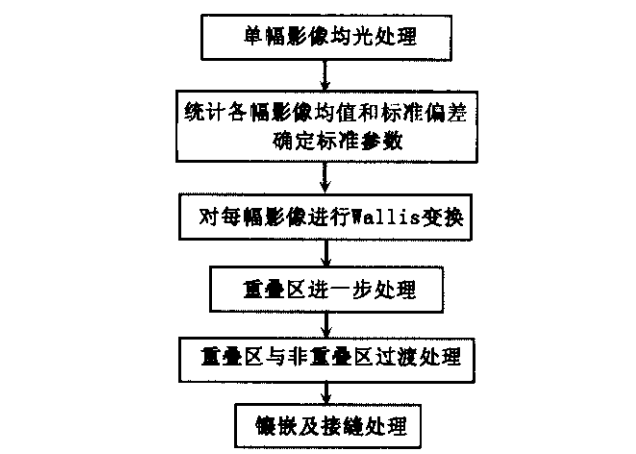


图 1 处理流程

(1)确定选据镶嵌的每幅影像内部的色彩平衡,

上,它是一种局部影像变换,该变换使影像在不同位置的灰度方差和均值具有近似相等的数值。目前已经广泛应用到图像处理领域,如影像匹配和影像融合等。Wallis 变换可以表示为

如果每幅影像内的局部色调和亮度等存在偏差,则需要进行匀光处理。

(2)统计各幅影像的均值和标准偏差,确定标准参数(目标均值和标准偏差)。为了避免灰度级的合并,选取的标准参数应保证 Wallis 变换的乘性系数 ≥ 1.0 ,这由目标的标准偏差决定;为了减少由于灰度级(0~255)存储限制而造成的信息直接损失,选取的标准参数应该使加性系数取合适的值,这由目标均值决定。选取各幅影像中标准偏差的最大值作为目标标准偏差。由于灰度级(0~255)的存储限制不可避免,因此,可采用两种方法来选取目标均值:一是参照文献[8]的做法,选取可以使加性系数 ≥ 0 的值,这样可避免灰度值小于 0 而被截断,当然,这样处理会使大于 255 的灰度级被截断;另一种方法是选取各幅影像均值的平均值,这样可使灰度级的截断较为平均地分布在两端。

(3)以标准参数作为目标参数,应用公式(3)对各幅影像进行处理,即在 Wallis 变换中取 $c=1$ 、 $b=1$,从而使各幅影像具有近似一致的均值和标准偏差。

(4)重叠区的进一步处理。步骤(3)采用 Wallis 变换只是在整体上使不同影像具有了基本一致的色彩表现,但具体到重叠区的局部,相邻影像间仍可能具有一定的差别。为了消除重叠区仍可能存在的色彩差异,需要进一步处理。考虑到此时重叠区地物分布一致,尽管相邻影像重叠区色彩存在差异,但其直方图形状一般较为相似,所以,建议采用直方图匹配法。

(5)重叠区与非重叠区分界线处的过渡处理。步骤(4)的处理很可能在重叠区与非重叠区分界处产生新的接缝,因此需要做过渡处理。过渡处理根据像素距离重叠区与非重叠区分界线的距离,在一定范围内进行。

(6)镶嵌及接缝处理。经过上面的步骤后,在进行镶嵌处理时,在接缝处的灰度过渡仍然可能不光滑、不连续,因此,需要对接缝处进一步处理。具体处理方法参见文献[6,7]。

上述方法首先对每幅影像采用 Wallis 变换进行处理,使它们具有与标准影像近似一致的均值和标准偏差,这样所获得的映射关系能反映影像间的整体辐射差异。同时,由于每幅影像都具有十分接近的均值和标准偏差,因而也具有了基本一致的色彩表现,避免了处理顺序可能导致的误差空间传递和积累问题,使处理结果与处理顺序无关。

而对相邻影像重叠区的进一步处理则保证了重叠区同名影像具有尽可能一致的色彩表现,也使获得的映射关系进一步兼顾了重叠区的局部辐射差异,进一步减小了处理误差。这是因为,在镶嵌时,即使消除了相邻影像间的整体辐射差异,对于重叠区这个局部来说,相邻影像仍然可能存在一定程度的辐射差异,这仍然可能影响到整个镶嵌范围的色彩平衡处理效果。同时,对重叠区做进一步处理,也在很大程度上降低了色彩平衡处理对匀光处理效果的依赖性。这是因为,重叠区一般包含影像边缘部分,而这些边缘区域由于受光学透镜成像的不均匀性以及大气衰减等因素的影响^[1],其色调、亮度及方差等与中间部分相比,一般都会存在不同程度的差异,如果匀光处理的效果不好,重叠区仍然可能存在较大的辐射差异,仅仅采用拼接区域的过渡处理,可能会使拼接区域色彩过渡比较生硬,进而影响整个镶嵌范围内的色彩平衡。

1.3 分析

一幅影像的均值反映了它的色调与亮度,标准偏差则反映了它的灰度动态变化范围,并在一定程度上反映了它的反差。考虑到镶嵌范围内地物的相关性,理想情况下获取的用于镶嵌的不同影像在色彩空间上应该是连续的,应该具有近似一致的色调、亮度、反差以及灰度动态变化范围,因而,也应该具有近似一致的均值与标准偏差。因此,要实现不同影像间的色彩平衡,一般来说,应使不同影像具有近似一致的均值与标准偏差。而 Wallis 变换则可以将影像的局部灰度均值和方差映射到给定的灰度均值和方差值,所以可以将 Wallis 变换用于影像间的色彩平衡处理。

在真实场景中,地物的色彩信息在色彩空间上是连续的,因此在整个场景中,尽管不同影像范围内地物的色彩信息仍然存在差异,存在变化,但一般来说,这些差异、变化都是局部的,其整体信息的变化是很小的。而影像的整体信息可以通过整幅影像的均值、方差等统计参数反映出来,所以,我们可以对

获取影像间的整体映射关系。

反映影像间映射关系的方法有很多,如一阶直方图法、基于信息熵的调整方法、均值方差法及直方图匹配法等,在这些方法中,直方图匹配法是最具有代表性的方法,它被一些商业软件所采用,但本文采用了 Wallis 变换法,主要基于以下原因:

(1)直方图匹配法存在一些不可避免的缺点。虽然直方图匹配法也可以使不同影像具有与标准影像近似一致的均值和方差,但它是靠直接改变直方图的形状来实现的。当影像间存在不同特征时,在直方图上反映为直方图形状的差异,当这种差异较大时,直方图匹配会改变原有灰度级之间的相对距离:一方面,它会导致较多灰度级的合并,使原影像中某些细小反差消失;另一方面,它会增大原有灰度级之间的相对距离,使某些反差增大。由于直方图并不反映位置信息,这就会造成影像不同部分反差不一致;而且,由于不同影像间直方图差异情况不同,对彩色图像而言,这种原有灰度级之间相对距离的改变可能会使同种地物在不同影像中呈现出不同的色调,也可能组合出新的色调。

(2)Wallis 变换比直方图匹配法有更强的适用性。首先,它不要求影像间具有相似的直方图,也不要求影像间存在较大的重叠度,其处理效果只与真实场景中地物的信息有关,只要真实场景中不同影像范围内地物的整体信息变化不大,便可以取得好的效果;其次,它便于保持影像的辐射分辨率。实际上,它是一种线性变换,加性系数决定了偏移量,乘性系数决定了灰度级之间的相对距离。只要保证处理过程中乘性系数 ≥ 1.0 ,就可以避免灰度级的合并;加性系数 ≥ 0 ,就可以尽可能避免由于灰度级表示和存储范围的限制而导致的信息损失,可以有效地防止辐射分辨率的退化^[8]。

考虑到大型无缝影像数据库建立时区域范围很大和图幅与图幅之间重叠范围很小的问题,不同影像间直方图的形状必然差异较大,因此,本文采用了 Wallis 变换来获得影像间整体信息的映射关系。

2 色彩平衡实验

为了验证方法的实际处理效果,本文进行了大量实验。插页彩片 1 是其中的一个例子,影像处理按照上述方法分别在 RGB 3 个通道中进行。从插页彩片 1 可以看出,色彩平衡处理前,各幅影像色调、亮度和反差等差别很大,色彩平衡处理后,情况得到

了明显改善 整个测区内影像有了一致的色彩表现 , 实现了色彩平衡。

3 结论

(1)改进的色彩平衡处理方法可以兼顾整体信息与局部信息 ,在处理大型无缝影像数据库色彩平衡问题时 ,既可以减小每张影像的处理误差 ,又可以消除处理误差的空间传递和积累问题。此外 ,还便于保持影像的辐射分辨率 ,减少处理过程中可能导致的信息损失 ,可以有效地解决大型无缝影像数据库的色彩平衡问题。

(2)在实际应用中 ,影像中大面积的水域、云及雪等会对处理的效果产生很大影响 ,因此 ,在统计参数时应将其剔除。但如何自动检测出这些特殊区域 ,提高方法的稳健性与适应性 ,还需要做进一步研究。

参考文献

[1] 王 密. 大型无缝影像数据库系统(GeoImageDB)的研制与可量测虚拟现实(MVR)的可行性研究[D]. 武汉 武汉大学 2001.
[2] 晓 龙. 基于影像匹配接边纠正的数字正射影像的镶嵌技术[J]. 遥感学报 2001 5(2) :104 - 109.

[3] 万晓霞 ,易尧华. 全彩色遥感影像彩色合成效应的研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版) 2002 27(2) 203 - 206.
[4] 易尧华 ,龚健雅 ,秦前清. 大型影像数据库中的色调调整方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版) 2003 28(3) 311 - 314.
[5] Binh Pham , Glen Pringle. Color Correction for an Image Sequence [J]. IEEE Computer Graphics and Application , 1995 ,15(3) 38 - 42.
[6] 朱述龙 ,钱曾波. 遥感影像镶嵌时拼接缝的消除方法[J]. 遥感学报 2002 6(3) 183 - 187.
[7] 张永红 ,林宗坚 ,张继贤. 基于匹配与平差的镶嵌方法[J]. 中国图象图形学报 2001 6(4) 338 - 342.
[8] Du Yong , Cihlar Josef , Beaubien Jean , et al. Radiometric Normalization , Compositing , and Quality Control for Satellite High Resolution Image Mosaics over Large Areas[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2001 39(3) :623 - 634.
[9] 王智均 ,李德仁 ,李清泉. Wallis 变换在小波影像融合中的应用[J]. 武汉测绘科技大学学报 2000 25(4) 338 - 342.
[10] 张 力 ,张祖勋 ,张剑清. Wallis 滤波在影像匹配中的应用[J]. 武汉测绘科技大学学报 1999 24(1) 24 - 27.
[11] 朱述龙 ,张占睦. 遥感图像获取与分析[M]. 北京 科学出版社 , 2000.

A NEW COLOR BALANCE METHOD FOR
LARGE - SCALE SEAMLESS IMAGE DATABASE

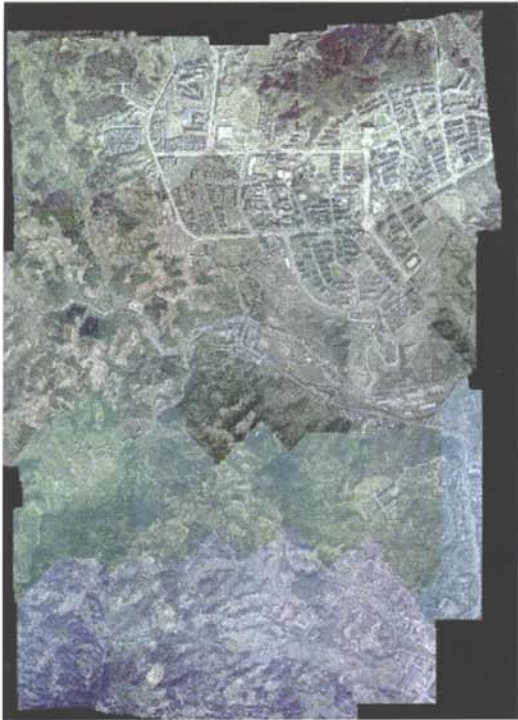
WANG Mi , PAN Jun

(State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying , Mapping and Remote Sensing , Wuhan University , Wuhan 430079 , China)

Abstract : Color balance between images is one of the key problems in building large - scale seamless image database. Based on analyzing characteristics of present methods for color balance and for building of large - scale seamless image database , this paper proposals an improved color balance method according to Wallis adaptive filter. Taking into account both local and global information , the method can not only diminish the processing error for each image but also remove the spatial transfer and the accumulation of the processing error. With this method , the preservation of the radiometric resolution becomes easy. Experiments show that this method can diminish the color differences between images and solve the color balance problem effectively.

Key words : Optical remote sensing images ; Seamless image database ; Wallis transformation ; Color balance
第一作者简介 :王 密(1974 -) ,男 ,博士 ,武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室副研究员。主要研究方向是海量空间数据管理、立体无缝影像数据库和可量测虚拟现实、基于摄影测量的数据快速更新方法以及卫星影像预处理关键技术 ,已经发表论文 30 余篇。

(责任编辑 :刁淑娟)



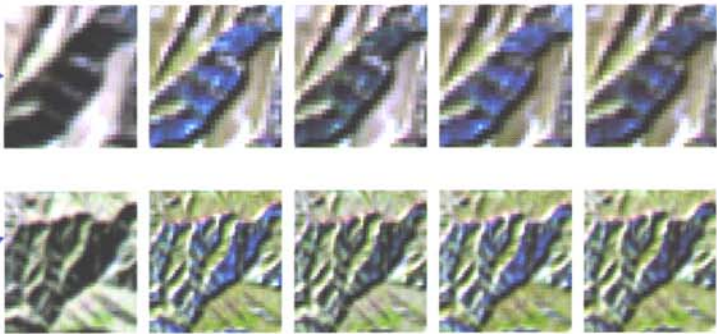
彩片1 影像间色彩平衡试验 (左: 色彩平衡前; 右: 色彩平衡后)



彩片2 融合后的ETM742彩色合成图像



彩片3 航片解译图



原始影像 余弦校正 C校正 SCS校正 SCS+C校正

彩片4 试验区影像部分区域校正结果的目视对比

(彩片2、3见洪友堂一文; 彩片4见钟耀武一文)