

航空影像色彩一致性处理算法研究

王邦松^①, 艾海滨^②, 安宏^③, 张力^②

(^①兰州交通大学数理与软件工程学院, 兰州 730070; ^②中国测绘科学研究院, 北京 10039;

^③中国人民解放军 68011 部队, 兰州 730020)

摘要:航空影像的色彩一致性处理, 又称影像匀光匀色, 是正射影像生产过程中的重要环节之一, 本文从色彩学、统计学、人体视觉等多角度出发, 通过适当地改变原始影像亮度、对比度, 提出了解决影像中大面积雾霭的方法, 对于影像拼接之后出现的不同影像间色彩反差明显的现象, 通过调整影像统计直方图, 取得了很好的效果。

关键词:航空影像; 色彩一致性; 匀光匀色; 统计直方图

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.01.009

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2011)113-0045-05

Research on Color Consistency Processing of Aerial Images

WANG Bang song^①, AI Hai bin^②, AN Hong^③, ZHANG Li^②

(^① Department of Mathematics and Software Engineering of Lanzhou Jiao Tong University Lanzhou 730070;

^② China Academy of Surveying & Mapping Beijing 100039;

^③ Troops 68011 of China People's Liberation Army Lanzhou 730020)

Abstract: The color consistency processing of aerial images, or brightness & color dodging, is an important part of processing in orthophoto production. In this paper, an algorithm is proposed to solve the images covered with large scale mist, referring of color science, statistics, human visual science and so on, through modifying brightness and contrast of original images appropriately. Regarding much more difference between the color of images after mosaics, an adjusting image histogram, as a good solution, is advanced. Both algorithms achieved wonderful results.

Key words: aerial images; color consistency; brightness & color Dodging; statistics histogram

1 引言

传感器技术与计算机图形图像处理技术的飞速发展, 使得航空摄影测量与遥感的户外数据采集的速度与质量有了翻天覆地的变化, 特别是无人飞机应用于摄影测量的数据采集领域, 促使遥感影像的价格大幅下降, 大量高重叠率的数字影像的获取成为可能, 数字正射影像产品的应用也愈趋普及。为了尽快实现航空正射影像生产流程的自动化、智能化目标, 有两个关键技术问题亟待解决: 一是怎样快速而高效的把数量巨大并且具有一定重叠度的影像

拼接成一幅影像图, 该问题目前的主要解决办法是将所有影像通过几何纠正变换到一个统一坐标系下, 然后再对所有影像逐幅进行镶嵌; 二是如何使拼接后的影像在主色调上拥有平滑的过渡, 以消除单幅影像内部以及不同影像之间灰度(或颜色)出现跃变的现象。本文将主要探讨后者的具体解决办法。

2 航空影像色彩一致性处理现状

传统的正射影像色彩一致性处理方法是依靠业界技术人员通过图像处理软件进行手工调节, 工作量大、主观性高, 很难满足正射影像的批量生产, 为

收稿日期: 2010-01-11

基金项目: 本研究由国家 863 计划(200*AA** * 501)资助。

作者简介: 王邦松(1984~), 男, 在读硕士, 从事遥感与 GIS 研究。

E mail: wang_bs1984@126.com

了摆脱这一障碍, 影像色彩一致性处理理论的研究逐渐成为国内外业界专家学者关注的热点。许多新理论、新方法相继被提出, 并陆续应用于社会生产实践中。目前, 在正射影像色彩重建方面, 涌现出的大量算法中, 比较成熟且得到了广泛应用的方法主要有: 基于 Mask(掩模) 原理的匀光处理方法^[7]、基于自适应模板的匀光方法^[2]、基于频率域匀光方法^[3]、基于 Wallis 滤波器的匀色方法^[3] 等。

2.1 基于 Mask 原理的匀光方法

基于 Mask 原理的匀光处理方法, 主要思路是采用适当的滤波器(即模板) 模拟影像的亮度分布并将其作为背景影像, 通过从原始影像中减去不均匀的背景影像, 然后再进行对比度增强的方式, 抑制不均匀背景, 增强影像细节反差。通常, Mask 模板是指一幅原始影像的模糊影像, 常用的获取方法是采用高斯滤波器对原始影像进行低通滤波, 最终的平滑结果就可以作为背景模板使用。模板的模糊程度与高斯滤波器的宽度有关。该方法不管对何种情形下的影像都可以取得良好的匀光效果(影像中具有大面积雾霭除外), 但是考虑到航空影像的尺寸比较大, 在空间域中进行滤波无论是时间消耗, 还是空间消耗, 都比较大, 对计算机的性能要求比较高。

2.2 基于自适应模板的匀光方法

自适应模板是指根据影像局部灰度或颜色特性, 获取背景模板, 对不同影像具有很强的适应性, 通过使用更为简单的二次曲面来拟合影像背景, 使得背景模板的获取速度得到很大提高, 此方法提高

了处理速度的同时, 也存在一定的弊端, 那就是对影像中的亮斑噪声, 去除的不是太好, 对影像中大面积雾霭也无能为力。

2.3 基于频率域的匀光方法

频率域匀光方法实际上是基于 Mask 模板匀光方法的改进, 前文提到, 空间域中对图像进行低通滤波, 代价太大, 不能应用于实际的生产实践。考虑到空间域卷积与频率域乘积具有等同性, 因此, 有学者提出采用傅里叶变换, 将图像从空域变换到频域, 然后在频域中进行相应操作, 以实现匀光目的。该方法虽然提高了效率, 但是滤波器模板宽度是一个经验值, 需要在实践中尝试, 因此就不可避免地具有很大的不确定性。

2.4 基于 Wallis 滤波器的匀色方法

Wallis 变换是一种比较特殊的线性滤波器, 实际上, 它是一种局部影像变换, 该变换使不同的影像或影像的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。该方法的思路是用参考影像的灰度方差与均值去纠正待处理影像, 使二者具有大致相同的数值。该方法对两幅主色调相差不是太大的影像, 处理效果较明显, 但是由于用到了概率统计, 因此两幅影像的尺寸不能相差太大, 否则, 会因为样本数不足, 而达不到预期的目的。

通过上文的分析, 很显然每种方法都拥有各自的应用领域, 以下将以表格(表 1) 的形式给出各种方法在实际应用中的优缺点。

表 1 航空影像色彩一致性处理常用算法比较

色彩一致性处理方法	优点	缺点
基于 Mask 原理的匀光方法	应用领域广, 处理效果好	算法在时间、空间消耗上太大, 对计算机性能要求高, 不适合处理具有大面积雾霭的影像
基于自适应模板的匀光方法	算法简单, 处理效率高, 对计算机性能要求很低	对于影像中亮斑的去除不是太彻底, 同样不适合处理具有大面积雾霭的影像
基于频率域的匀光方法	克服了空域处理算法的低效性、提高了算法的实际应用价值	频域滤波器模板参数是一个经验值, 实际应用时, 需要大量的试验, 增加了处理工作量
基于 Wallis 滤波器的匀色方法	对于影像间高重叠率且色差不是太大的情况, 处理效果明显	不能用一幅小比例尺影像去对大比例尺影像进行匀色处理

3 影像中大面积雾霭的去除方法

上文阐述的影像色彩重建的经典算法, 都有一个共同的缺陷, 就是对影像中大面积雾霭无能为力, 下文将提出一种解决方案——自动对比度调节法。

一幅航空影像的亮度对应影像获取时的地物反

射光谱强度, 而对比度则反映不同地物之间的反差大小, 因此通过适当地调节影像的这两个属性, 可以达到增强影像视觉效果的目的。

3.1 算法基本思想

首先, 对影像的所有像素点按 0~ 255 级进行灰度级统计(即每级共有多少个像素点), 然后沿 0 级

到 255 级方向找到最小点 $\min Rank$ (所谓最小点即第一个在某一级上有点数出现的级数, 如在 0 级时为 0 点, 1 级时为 0 点, 2 级也为 0 点, 3 级为 10 点, 4 级为 5 点, ..., 那么最小点应为 3 级), 同样最大值则是反方向从 255 级开始第一个在某一级上有点数出现的级数 $\max Rank$ 。然后从最小点开始选择整个图像总点数的 0.5% 的那一点作为新的最小点 $\min Rank$, 再沿相反方向 (即 255 级到 0 级方向) 选择整个图像总点数的 0.5% 的那一点做为新的最大点 $\max Rank$, 那么两者之差为 $Differ$ 。再对每一像素点根据公式 (1) 重建灰度值。

$$g_{new} = \frac{g_{org} - \min Rank}{Differ} * 255 \quad (1)$$

$$Differ = \max Rank - \min Rank \quad (2)$$

式中, g_{org} 指的是原始图像某像素的灰度值, g_{new} 是指该像素经过重建后的像素灰度值, $\min Rank$ 是原始影像灰度直方图中下线新的最小点, 相反, $\max Rank$ 是指原始影像灰度直方图中上线的最大点。影像灰度直方图的统计计算公式如下 (3、4) 所示:

$$f^i(x, y) = \begin{cases} 0 & \dots\dots\dots f_i(x, y) \neq i \\ 1 & \dots\dots\dots f_i(x, y) = i \end{cases} \quad (3)$$

$$h_i = \sum_{x=0}^h \sum_{y=0}^w f_i(x, y) \quad (4)$$

式中, h_i 是原始影像中灰度值为 i 的像元数目, w, h 指的是影像的宽和高的大小 (以像元数目衡量)。

3.2 实证数据测试

本节提出的自动对比度调节算法, 是针对航空影像中具有大范围雾霭的情况, 因此本节中的测试数据均选取拥有雾霭现象的影像作为试验数据。试验的测试结果如图 1, 图 2。



图 1 原始图像



图 2 处理后的影像

4 直方图匹配匀色

由于航空影像具有多源性、多尺度性以及多时相等诸多特点, 因此, 不同传感器、不同尺度、不同时相的影像之间存在色彩不一致的现象是不可避免的, 正如前文所述, 影像间色彩一致性处理方面, 目前应用的最广泛的算法是基于 Wallis 滤波器的匀色方法, 但是, 该方法存在的部分缺陷 (见表 1), 不能很好地满足生产实践的需求。众所周知, 目前, 大区域正射影像图的生产过程中, 大都先进行匀光匀色处理, 再从事影像镶嵌工作, 这种做法虽然也能满足实际的生产生活需要, 但是, 它的着眼点是区域的局部, 很难保证处理后整体影像的质量, 如果能够将某一区域的所有影像事先进行镶嵌, 然后, 再对镶嵌后的大影像进行一定程度的缩放, 最后, 从整体上对缩放后的影像在色调上给予适当调整, 以此作为参考模板, 再来对拼接的影像进行色彩一致性处理, 将会取得整体色调相当、满足实际需要的影像。

本节将提出一种基于影像直方图匹配的匀色算法, 该算法基本上不需要人工交互等干预工作, 自动化程度较高, 适用于多影像自动处理的情况。

4.1 直方图匹配原理

在数字图像处理中, 一种最简单、有效的工具就是图像的灰度直方图。直方图匹配又称直方图规定化, 是把原图像的直方图变换为某种指定形态的直方图或某一参考图像的直方图, 然后按照已知的指定形态的直方图调整原图像各像元的灰度级, 最后得到一个直方图匹配的图像。以达到与目标图像有大致相

同的直方图分布的目的。定义 $T(x)$ 为匹配函数, $F_s(x)$ 为源影像的累积直方图函数, $F_r(x)$ 为参考影像的累积直方图函数, $T(x)$ 是一个单调递增函数, 因此对于 $i \geq j$, 有 $T(i) \geq T(j)$ 。对匹配来说, 其满足:

$$T(x) = F_r(F_s(x)) \quad (5)$$

然而, 如果一定间隔内 $F_r(x)$ 为 0 时, $F_r(x)$ 并无反函数, 考虑到这一情形, 匹配函数也可以表示为:

$$T(x) = \min_{0 \leq i \leq 255} (F_s(x) \geq F_r(i)) \quad (6)$$

4.2 直方图匹配步骤

根据以上分析, 直方图匹配算法可以概括出下面几个步骤:

- ①统计出原始影像的灰度级直方图以及累积直方图, 并对原图像进行均衡化变换;
- ②做出参考图像的直方图和累积直方图, 进行均衡化变换;

③对于原图像中的每个灰度级的累积值, 各地方在参考累积直方图中找到对应的累积值, 如果累积值为数学公式可直接计算求值, 得到对应的新灰度级;

④建立新灰度值与原灰度值之间的关系, 生成匹配函数;

⑤将原图像像元灰度值代入匹配函数计算出新图像像元灰度值, 完成影像重建工作。

4.3 算法试验测试

本环节中选取的所有测试影像数据都已经经过单片匀光预处理。另外, 所有影像之间应该具有大致相同的地物特征。以下将提供两组测试数据, 并将处理结果与基于经典 Wallis 滤波器匀光算法进行了比较。第一组数据采用的参考影像与待处理影像尺寸相同; 第二组则采用一幅小比例尺影像作为参考影像, 去对待处理影像进行匀色处理, 见图 3、4、5、6。

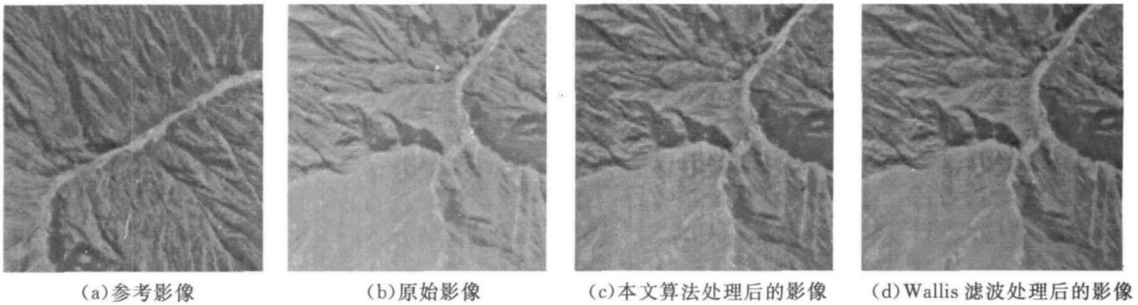


图3 参考影像与待处理影像尺寸相当的情况

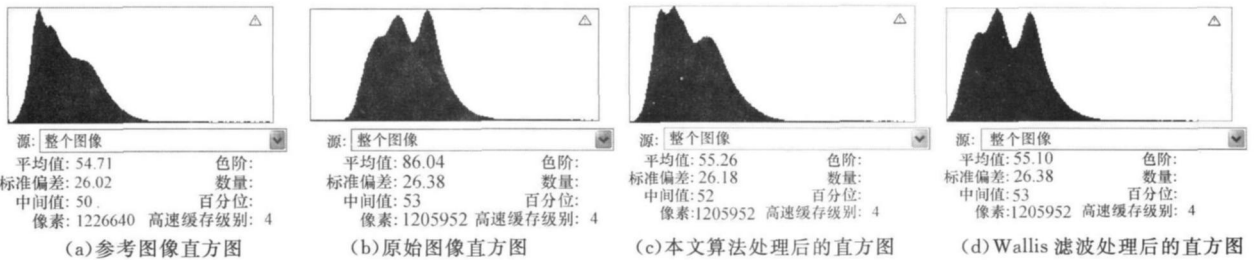


图4 对应影像直方图

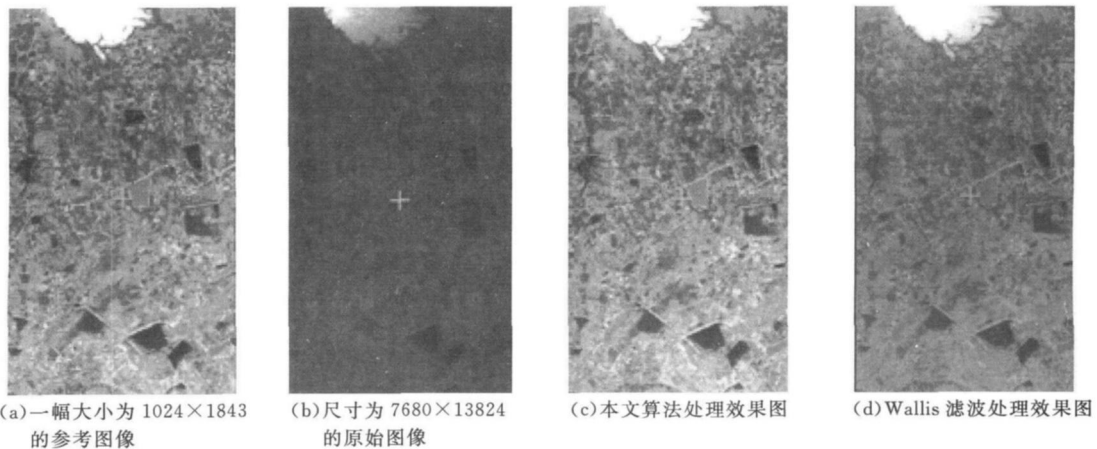


图5 用小比例尺影像作为参考影像的处理结果

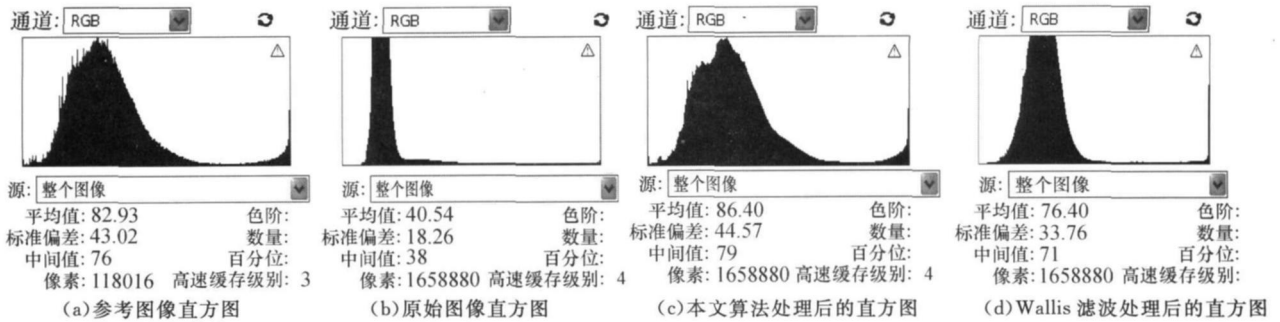


图6 对应影像直方图

从以上两组试验测试效果图以及相对应的统计直方图的比较中,容易看出,在参考影像与待处理影像尺寸相当的情况下,本文提出的基于直方图匹配的算法与经典 Wallis 滤波器算法处理效果不相上下,但是当用一幅小比例尺影像去对另一幅大比例尺影像进行匀色处理时,基于 Wallis 滤波器的匀色方法就达不到预期的效果,而本文提出的算法则不受这一条件的限制。

5 结束语

通过试验可以看出,本文提出的两种航空影像色彩一致性处理算法,都取得了不错的效果,亮度对比度自动调节算法对于处理影像大面积雾霭现象,

具有显著优点,不仅可以去除雾霭等噪声对影像质量的影响,同时,也增强了影像局部的对比度,给影像后续的处理工作提供了便利。直方图匹配算法应用于航空影像匀色,效果也很明显,由于它针对的是影像直方图进行修改调整,大量的采样数据并不是必需条件,因此可以用一幅影像缩略图去对另一幅大影像进行色彩重建,在这一点上,其他匀色算法是望尘莫及的。总之,本文给出的两种算法不管是在时间还是空间上对计算机的资源消耗都是微不足道的,可以应用于实际的生产实践中。当然,亮度对比度自动调节算法有时可能会出现色偏现象,直方图匹配算法在处理地理特征相差较大的影像时,效果也不是太理想,这些还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 孙黎明,李石华.基于直方图匹配的CBERS-02BCCD影像镶嵌时拼接缝消除试验[J].测绘科学,2008,10(33):207-208.
- [2] 李治江.彩色影像色调重建的理论与实践[D].武汉大学,2005.
- [3] 潘俊.自动化的航空影像色彩一致性处理及接缝线网络生成方法研究[D].武汉大学,2008.
- [4] 孙明伟.正射影像全自动快速制作关键技术研究[D].武汉大学,2009.
- [5] 常志华,王子立.一种基于直方图匹配的颜色校正方法[J].科技资讯,2007(13):206-207.
- [6] 阮秋琦.数字图像处理学[M].电子工业出版社,北京,2008.
- [7] 胡庆武,李清泉.基于Mask原理的遥感影像恢复技术研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2004,4(4):219-323.

“米诺陶”火箭发射NRO卫星

太平洋标准时间2月6日4点26分,一枚“米诺陶-1(Minotaur I)火箭从范登堡空军基地发射。火箭携带了一颗国家侦察办公室(NRO)国家安全有效载荷。根据2月6日NRO发布的消息,发射取得成功。

任务有效载荷简介:在NRO的火箭采购名单中,此次任务被编号为NRO-66,任务有效载荷还被称为“快速开创项目”(RPP)。NRO高级科学技术理事会主管罗伯特·布拉多斯基(Robert Brodowski)称:“这次任务只是我们利用在轨能力快速建造和发射小型航天器,以提高NRO系统对祖国未来的价值的价值的一次实例。”一位NRO发言人在发射之前透露这颗有效载荷将为美国政府卫星验证更好的收集情报方法。“这颗有效载荷携带了一些技术和方法方面的工作,用以改进情报收集。我们工作的一部分是持续提高数据的价值。”NRO并没有透露卫星将在太空中试验的技术或传感器。卫星成本、合同商和体积同样保密。但这颗轻质有效载荷由“米诺陶-1火箭发射,这是NRO自1992年被公开其存在以来使用的最小的火箭。”“米诺陶”的整流罩最大能装入冰箱大小的航天器,这枚四级火箭仅能发射近1000磅(453.6千克)的物体进入低海拔极轨轨道。

“米诺陶”系列火箭未来任务:“米诺陶-1火箭的下一飞行将于5月在沃勒普斯岛进行,发射五角大楼作战及时响应型太空卫星ORS1,这颗卫星将携带光电及红外传感器,为美国中心司令部提供战场情报支持。稍大一些的“米诺陶-4火箭也将在5月从阿拉斯加阿克岛发射“战术星”-4试验通信卫星。”“米诺陶”系列火箭下一次从范登堡空军基地发射定于8月,将执行一次亚轨道任务,为国防预先研究计划局发射第二枚高超声速试验飞行器。(中国航天工程咨询中心 侯丹)