中国科学技术大学 硕士学位论文 图像拼接技术初步研究 姓名:张显伟 申请学位级别:硕士 专业:机械电子工程 指导教师:李为民;李晓峰

20090501

摘 要

本文是基于国家自然科学基金面上项目(大尺度多目标坐标测量中关键技术研究)展开的研究。该项目是立足于现有CCD性能的基础上,来检测大尺度物体(直径1米以上的物体)的二维或三维坐标。目前普通的CCD在保证高分辨率的条件下,其检测的视场小,难以检测直径为1米以上的物体。如扩大CCD的视场,则其分辨率降低,难以达到坐标的检测要求。目前的普通CCD只能得到物体的局部图像,而得到物体的全景图像设备(全景相机、广角镜头等)一般比较昂贵,难以普遍采用。因此为了解决CCD视场小难以检测大尺度物体的问题,本文提出利用多CCD或单CCD多次拍摄的图像,然后利用图像间的冗余信息把拍摄的图像拼接融合起来,从而提高CCD的检测范围。而用普通的图像拼接方法,其精度难以达到实验要求。因此,研究并提出一种精确而快速的图像拼接算法具有十分重要的现实意义。它是突破CCD硬件局限的一个关键技术,具有较广的运用前景。

本人在总结了前人的图像拼接技术的理论和研究成果的基础上,重点对基于 频域的F-M法和基于特征的一点一线法的图像拼接技术进行了深入地研究,分析 和总结了这两种图像拼接方法的特点、性能以及存在的问题。在归纳和总结这两 种方法各自的优缺点的基础上,提出将两种方法进行融合的一种新的图像拼接技术。该方法就是利用Fourier-Mellin法位移检测精度高的优点和一点一线法对小角 度检测误差小的长处,进行优势互补的一种技术。通过实验分析对比,本文的算 法提高了图像拼接精度,并具有较强的鲁棒性。

针对影响图像拼接精度的噪声和畸变,提出在图像拼接前对待拼接的图像进 行几何畸变校正和滤波处理,这样就使噪音和几何畸变对图像拼接精度的干扰减 到最小。

在整个图像拼接的过程中,除了对算法进行改进之外,也对图像融合的各种 方法进行了介绍。通过对拼接合成图的误差分析,得出该算法拼接精度高,并能 够很好解决实际应用中的拼接问题,因此具有较好的实用价值。

关键词:大视场;高分辨率;Fourier-Mellin算法;一点一线算法;改进的Fourier-Mellin算法;图像拼接;图像融合

Abstract

The thesis is based on the Project supported by National Natural Science Foundation of China----Researches on the Key Technology of Large-scale Detection of Coordinate, which aims at detecting 2D/3D coordinate of large-scale objects (more than 1m in diameter) with the existing CCD. At present, the ordinary CCD can detect the objects in a small field with high-resolution. However, it is difficult to detect the objects more than 1m in diameter. If the detecting range of CCD is expanded, the lower resolution can't meet the requirements of the testing of the coordinate. The ordinary CCD can only get partial images of the objects. And the equipments, such as panoramic camera and wide-angle lens, with which we can get a panoramic picture of the objects are comparatively expensive, thus not widely used. To solve this kind of problem, in this thesis, we think that the detecting range of CCD can be expanded if we take as many photos as needed with single or more CCDs and put them together by taking advantage of the redundant information between the images. But it is difficult to meet the accuracy of the experimental requirements using common methods of image mosaics. Therefore, it is of great practical significance to research an accurate and fast algorithm for image mosaics. It will be a breakthrough in limitations of CCD hardware, with the practical prospect.

Taking the technology of image mosaics and the research results as basis, this thesis focuses on the F-M (frequency domain-based) and one-dot and one-line algorithm (feature-based), analyzing and summarizing the characteristics, performance and defects, then, a new technique of image mosaics being offered. This method integrates the advantages of Fourier-Mellin and one-dot and one-line algorithm. Through experimental analysis and comparison, this method discussed in the thesis can supposedly improve the image stitching algorithm accuracy and robustness.

As for the noise and distortion that affect the accuracy of image mosaics, we suggest that, the interference can be minimized by geometric correction and filter processing before splicing the images.

In the whole process of image mosaics, in addition to improving the algorithm, the various methods of image fusion are introduced. After analyzing the inaccuracy of the spliced images, the author draws a conclusion that many practical problems can be solved with the splicing algorithm.

Key words: Large-scale, High-resolution, Fourier-Mellin algorithm, One-dot and one-line algorithm, improved Fourier-Mellin algorithm, Image mosaics, Image Fusion

中国科学技术大学学位论文原创性声明

本人声明所呈交的学位论文,是本人在导师指导下进行研究工作所取得的成果。除已特别加以标注和致谢的地方外,论文中不包含任何他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的贡献均已在论文中作了明确的说明。

作者签名: 选复伟

签字日期: 2009.6.4

中国科学技术大学学位论文授权使用声明

作为申请学位的条件之一,学位论文著作权拥有者授权中国科学技术大学拥有学位论文的部分使用权,即:学校有权按有关规定向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版,允许论文被查阅和借阅,可以将学位论文编入有关数据库进行检索,可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。本人提交的电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。

保密的学位论文在解密后也遵守此规定。

口公开 口保密(____年).

作者签名: 法是体

签字日期: 2009. 6.4

导师签名: 1

第1章绪论

1.1 引言

自动建立宽视角、高分辨率的图像拼接技术一直是摄影测量学、计算机视觉、图像处理和计算机图形学的活跃研究领域。人们在实际生活和工作中常常需要获得大视场、高分辨率的全景图像,但是由于摄像设备的性能限制,一般只能得到局部的成像,而得到全景图像的硬件设备(全景相机、广角镜头等)一般比较昂贵,不适合普遍应用,于是人们提出了利用计算机进行图像拼接来获得全景图的方法。目前图像拼接技术广泛应用于数字视频、运动分析、虚拟现实技术、医学图像分析、遥感图像处理等领域。

图像拼接技术就是将一组重叠的局部图像集合拼接成一幅大型的无缝高分辨率的全景图像。它最早来源于人类的摄影知识,当相机的视野小于人类的视野时,人们自然考虑到将多个照片拼接成一幅大的照片以增强相机的视野。第一种方法:人们利用全景相机和广角镜头可部分解决视角不足这一问题,但得到高质量的全景图往往比较困难,而且,广角镜头的边缘会产生难以避免的扭曲变形;第二种方法是使用目前的许多图像处理工具如Photoshop等,但这种手动拼接方法不仅拼接效果不够理想,如无法消除序列间光照差异以及图像间拼缝,拼接精度低。而且对于多幅图像的拼接,工作量大且重复运作繁琐,为了解决这些问题,近年来的发展趋势是根据被拼接图像的特征,选取合适的算法,利用软件来自动生成大幅无缝的高清晰图像。

1.2 课题的研究背景及意义

本文是基于国家自然科学基金面上项目(青年基金2007.11-2010.12 '大尺度多目标坐标测量中关键技术研究')中的图像拼接技术方面的研究。在大尺度多目标坐标测量的关键技术研究的项目中,机器视觉被用来检测物体的二维或三维坐标,目前普通的CCD相机由于受到视场的限制,只能检测较小尺度的物体(直径为1米的物体)。如扩大CCD的视场,则分辨率降低,难以达到坐标检测的要求。普通的CCD相机只能得到大尺度物体的局部图像,而得到物体的全景图像设备(全景相机、广角镜头等)一般比较昂贵,难以普遍采用。因此为了解决CCD视场小难以检测大尺度物体的问题,本文提出利用CCD拍摄多幅局部图像,然后利用图像拼接技术来实现。而用普通的图像拼接方法,其精度难以达到实验要求。因此,研究并提出一种精确而快速的图像拼接算法具有十分重要的现实意义。

本课题开展的意义就在于它是立足现有CCD性能的基础上,来扩大CCD的坐标检测范围。目前普通的CCD相机只能检测较小尺寸的物体,而要实现大范围、多参数高精度测量,单纯提高CCD相机性能,往往受到成本的限制。解决这一问题的有效途径就是采用多CCD或单CCD多次拍摄的图像,然后利用图像间的冗余信息把拍摄的图像拼接融合起来,从而提高CCD的检测范围。它是突破CCD硬件局限的一个关键技术,具有较广的运用前景。

1.2.1 图像拼接技术的现状

目前普通CCD视场小,只能检测较小尺寸的物体。如扩大视场,则分辨率就降低,两者不能兼顾。因此提高图像的分辨率以及获得更大视野是进行图像拼接的两个直接和主要的目的,而随着图像拼接技术在计算机视觉、计算机图形学及数字视频压缩等领域的应用使得图像拼接技术日益成为数字图像处理领域的研究热点。在国内外关于图像拼接的原理和方法已有不少的论文发表,但是目前还没有通用的拼接技术和方法使得人们可以快速高效地实现图像的拼接。下面介绍较常用的两种图像拼接方法,以及国内的发展现状。

相位相关法^{[11~[12]}最早在1975年由Kuglin和Hines提出,具有场景无关性,能够将纯粹二维平移的图像精确地对齐。后来,De Castro和Morandi发现用傅立叶变换确定旋转对齐,就像确定平移对齐一样;1996年,Reddy和Chaterji改进了De Castro的算法,大大减少了需要转换的数量。两幅图像的平移矢量可以通过它们互功率谱(Cross Power Spectrum)的相位直接计算出来。应用傅立叶变换进行图像的配准是图像拼接领域的研究成果,而且随着快速傅立叶变换算法的提出以及信号处理领域对傅立叶变换的成熟应用,图像拼接技术也得到了相应的发展。

基于几何特征的图像拼接方法¹²³¹⁻¹²⁸¹是图像拼接技术的另一研究热点。1994年,BlaszkaT,Rachid Deriche通过二维高斯模糊过滤可以得到一些低级特征模型,如边模型、角模型和顶点模型。以此为基础,后来有越来越多的人开始研究基于这些图像中的低级特征进行图像拼接的方法。1997年,Zoghlami I.,Faugeras O.,Deriche R.提出基于几何角模型的图像对齐算法,因为角模型提供了比坐标点更多的信息;接着在1999年,Boa P.,Xu D.提出利用小波变换提取保留边的视觉模型进行图像对齐;而Nielsen F.则提出基于几何点特征优化的匹配方法。2000年,Knag E.,Cohen I.,Medioni G.提出了基于图像的高级特征进行图像拼接的方法,他们是利用特征图像关系图来进行图像对齐。通过利用图像的低级特征到后来利用其高级特征,人们对图像的分析和理解日益深入,图像拼接技术的研究也逐渐成熟起来。

在国内,图像拼接技术尽管起步相对较晚,但很快也迅速发展了起来。1997

年,王小睿等分别利用序贯相似度检测和归一化积相关两种相似性度量方法,建立模板图像和输入图像之间的相似性度量值,再利用模拟退火算法随机寻优,快速准确地找到最佳匹配点,从而实现图像的拼接。大连理工大学的封靖波等提出了一种基于相似曲线的拼接方法,通过寻找按列梯度最大点,建立两条曲线,然后确定这两条曲线最相似的部分,从而找到两幅图像的匹配位置。这种方法在一定程度上简化了匹配策略并减小了计算量。浙江大学CAD&CG国家重点实验室和中国科学院自动化所模式识别国家重点实验室利用模板匹配的方法进行搜索来确定重叠区边界获最佳匹配位置,从而获得拼接图像。同时他们把这种方法应用于微血管循环和集成电路等的图像拼接研究中,取得了一定的成效。2001年,清华大学的研究人员提出了一种针对图像拼接过程中计算量与拼接精度之间进行折衷的方案,该方案用三角架保证摄像机基本绕垂直轴旋转,但是不对摄像机的旋转角度作严格限制。同年,华中科技大学的研究人员提出了依据变形图像推导出相邻两幅变形图像间的数学关系,用相关法识别特征点,经过几何变形校正以构成大图像的算法。这些拼接方法都取得了很大程度的进步,但对具体的实际拼接图像在某些方面还存在许多不足。

1.2.2 图像拼接的不足

评价图像拼接的好坏,最重要的一点就是查看其图像拼接精度是否达到预期的要求。但是,目前两种常用的图像拼接方法有各种各样的不足:

- (1)基于图像特征的方法。这种方法提取图像边界、轮廓线和拐点等特征进行匹配,构造方程组,通过数值计算得到变换参数。该方法的不足在于必须依赖于图像特征,一旦特征选取有误差,或者选取的特征之间匹配有误差,那么得到的结果也会有很大的误差;其次特征点对噪声和遮蔽十分敏感,就算有良好的特征点,也往往因为被噪声或遮蔽而无法计算对准。
- (2)基于频域匹配的方法。这种方法利用互相关函数对两幅图像进行相似性度量。这种方法简单直观,但是很难处理图像间存在小角度旋转和小缩放比例的情况,目前较常用的是亚像素插值的方法,而且要搜索整个图像空间,计算代价高昂,对图像噪声也很敏感。

1.2.3 图像拼接的难点

通过上一节分析图像拼接的不足,得出图像拼接中主要难点在于如下几方面:

(1)参考图像和待拼接图像之间不仅发生了平移,还有旋转和缩放,或者在两幅图像之间存在大面积的同色区域等难以匹配的情况,如何在这些情况下也能做到正确快速的匹配。

- (2)参考图像和待配准图像可能因为在图像拍摄过程中的光照和抖动原因, 产生了图像的几何畸变和噪声,如何对图像进行几何校正和去噪声处理,并达到 理想的效果。
- (3) 对己经匹配了的两幅图像之间,选择何种图像融合的方法,才能让拼接后的图像自然无痕。
- (4)为了达到正确快速匹配的需要,需要对参考图像和待拼接图像中的什么信息进行提取,以及对所提取的信息如何进行匹配,选择何种搜索策略。

1.3 图像拼接技术简介

为了对图像拼接技术有个清楚的认识,本章主要从图像拼接的概念、目的, 图像拼接的基本流程、分类、特点和运用领域等方面进行阐述。

1.3.1 图像拼接技术的概念和目的及意义

图像拼接: 就是将两个或者两个以上的传感器在同一时间或不同时间获取的 关于某个具体场景的图像或者图像序列信息加以综合,以生成一个新的有关此场 景的解释,而这个解释是从单一传感器获取的图像信息中无法得到的。

图像拼接的主要目的:就是减少图像信息的不确定性,它通过对多幅图像间的冗余数据的处理来提高图像的可靠性,通过对多幅图像间互补信息的处理来提高图像的清晰度。图像拼接示意图如图2.1所示。

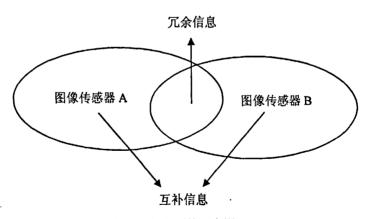


图 2.1 图像拼接示意图

图像拼接的意义就在于图像拼接相对于单一图像可在更短的时间内,用更小的代价,获得更多的目标信息,即系统具有:

- (1) 信息的互补性: 拼接从多个仪器所获得的互补性信息可使系统获取单一仪器所无法得到的图像特征。
 - ·(2) 高性能价格比:随着仪器数目的增加,系统成本的增加小于系统得到

的信息量增加。

(3)信息冗余性: 仪器对同一场景中目标信息的置信度可能各不相同,拼接图像可提高整体对目标认识的置信度,且在部分仪器不正常或损坏时,可提高系统的鲁棒性。

1.3.2 图像拼接技术的基本流程

图像拼接的步骤一般可以分为三个层次,即预处理、配准及融合与应用层,如图2.2所示。预处理主要是针对输入图像进行几何校正、噪声消除及配准。图像拼接的目的是消除图像在时间、空间、相位和分辨率等方面的差异。图像配准可分为基于灰度匹配的方法和基于特征匹配的方法两大类。前者主要用空间域或频率域的一维或二维滑动模板进行图像匹配,不同算法的主要区别体现在模板及相关准则的选取方面。后者则通过在原始图像中提取点、线、区域等显著特征作为匹配基元,进而用于特征匹配。对于非特征像素点,则通过线性或非线性插值方法进行像素级匹配。总的来说,前者运算量大,但结果更准确。

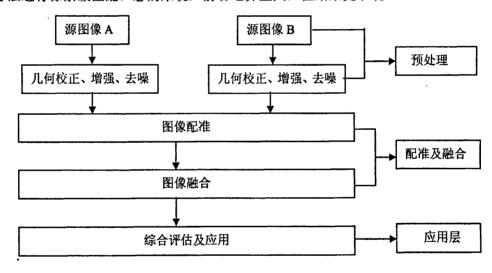


图 2.2 图像融合的过程分类

1.3.3 图像拼接技术的分类

图像拼接作为这些年来图像研究方面的重点之一,国内外研究人员也提出了很多拼接算法。根据不同的方式有许多不同的分类方法,目前图像拼接在通俗上可定义为:对不同传感器、不同时间、不同角度所获得的两幅或两幅以上的图像进行最佳匹配的处理过程。图像拼接是图像处理的重要任务之一,也是发展较快的图像处理技术之一,它在模式识别、机器视觉、医学图像处理、遥感图像处理、计算机辅助设计与制造、天文学等应用领域中具有举足轻重的地位。本质上,图像拼接需要分析各分量在图像上的畸变,然后采用几何变换将图像归化到统一的

坐标系中。迄今为止,在国内外的图像处理研究领域,已经报道了相当多的图像拼接研究工作,产生了不少图像拼接方法。目前,国内外常用的图像拼接大都是基于两图重叠部分在RGB或CMY颜色系统中所对应的灰度级的相似性,通过一定的算法搜寻两幅图像中相同的内容,自动寻找两幅图像的最佳匹配位置,从而确定它们的相对位置,也叫图像对齐。根据图像拼接方法的不同目前较常用的图像拼接算法主要有以下两个类型:

- (1) 基于特征的配准方法。这类方法是根据需要配准的图像中重要的相同的特征之间的几何关系确定配准参数,因此首先要从待配准的图像中提出特征,用相似性度量和一些约束条件确定几何变换,最后将该变化作用于待匹配图像。匹配中常用的特征有边缘、轮廓、直线、兴趣点、颜色、纹理等。
- 1)基于兴趣点的匹配。兴趣点是图像灰度在x和y方向都有很大变化的一类局部特征点。兴趣点属于一种局部特征,它作为特征具有信息量高,数量相对少的特点。因为速度较快,用兴趣点特征代替边缘特征来计算两幅图像之间的相似性成为一种趋势。根据定义的不同,又可以分为角点、拐点以及交叉点等。衡量兴趣点检测算子的标准包括定位精度、重复率和信息含量等。
- 2)基于边缘的匹配。人们最先使用图像的边缘特征进行匹配,但是基于边缘特征进行匹配比较费时。
- 3)基于矩特征的匹配。矩作为图像的一种形状特征,已经广泛应用于机器 视觉和模式识别等领域。Hu在代数不变量的基础上首先提出几何矩的概念,并 使用几何矩的非线性组合,导出了具有尺度、平移和旋转不变性的矩不变量。几何矩存在信息冗余方面的缺欠,而且对噪声比较敏感。使用矩的匹配方法无需建 立点的对应信息,它的缺点是不能检测图像的局部特征,需要对图像进行分割,而且只适合于发生了刚体变换的图像。选择好的特征可以提高匹配性能,降低搜索空间,减小噪声等不确定因素对配准算法的影响。基于特征的配准过程可以使用全局特征或者局部特征或者两者的结合。总体上来说,基于特征的匹配对于图像畸变、噪声、遮挡等具有一定的鲁棒性,但是它的匹配性能在很大程度上取决于特征提取的质量,而且匹配精度不高。

(2) 基于区域相关的拼接算法

这是最为传统和最普遍的算法。基于区域的配准方法是从待拼接图像的灰度值出发,对待配准图像中一块区域与参考图像中的相同尺寸的区域使用最小二乘法或者其它数学方法计算其灰度值的差异,对此差异比较后来判断待拼接图像重叠区域的相似程度,由此得到待拼接图像重叠区域的范围和位置,从而实现图像拼接。也可以通过FFT变换将图像由时域变换到频域,然后再进行配准。对位移量比较大的图像,可以先校正图像的旋转,然后建立两幅图像之间的映射关系。

当以两块区域像素点灰度值的差别作为判别标准时,最简单的一种方法是直接把各点灰度的差值累计起来。这种办法效果不是很好,常常由于亮度、对比度的变化及其它原因导致拼接失败。另一种方法是计算两块区域的对应像素点灰度值的相关系数,相关系数越大,则两块图像的匹配程度越高。该方法的拼接效果要好一些,成功率有所提高。

1.3.4 图像拼接技术的特点

图像拼接技术是以多幅图像为处理对象,需要对两幅或两幅以上的图像同时进行综合分析,因此相对于其他诸如图像压缩、插值等图像处理技术,有其自身的特点:针对性、多样性和复杂性。

1) 针对性

由于图像的内容是多种多样的,它们的特点各不相同。另外,由于某些图像是在特殊条件下得到的,如柱面图像、球面图像和视频图像序列等。因此,针对这些特点产生了特定的图像拼接算法。一般来说,这些算法的针对性都很强,对于某种条件下图像的拼接算法可能完全不适用于另一条件。

·2) 多样性

客观世界种的自然物体和人造物体的种类繁多、形状各异,这使得图像的内容千变万化;由于光照条件的变化和景物中不可避免的物体移动,所以下各级一次采集的图像之间和同一景物不同时间多次采集的图像之间都存在明显的差异;相机在采集图像的过程中,存在多种运动形式,如平移、旋转、缩放等,这也使得到得图像具有不同的特点。以上原因造成了图像拼接技术的处理对象的复杂性和不可把握性,这也直接决定了图像拼接技术的多样性。

3) 复杂性

从多幅图像的采集到生成无缝的宽视角的全景图,中间需要经过多个环节。 因而图像拼接技术拥有复杂的特点,它一般都是多种处理手段和算法的总和。图像拼接技术的针对性、多样性和复杂性决定了它们没有标准的测试图像,因此也没有统一的评价标准,衡量一个技术的优劣主要是靠人的主观视觉感。图像拼接技术由于有着以上的特点,因此任何一种算法,尤其处理对象是多幅图像的时候,都无法保证由计算机来完成算法的全过程。在拼接过程中或多或少地需要与用户的交互操作,随着用户的主观评价而进行调整直至达到最佳的视觉效果。

1.3.5 图像拼接技术的应用领域

图像序列包含了场景的空间、时间上的信息,其中的每幅图像只反映了场景的局部信息。由于它们在空间和时间上具有很大的冗余,因此采用图像拼接技术可以将一组图像序列转换为单个场景的表示,大大减少了场景表示的数据量,最

大程度上压缩了场景数据信息。因此,图像拼接技术在摄影测量学、计算机图形学、图像处理、视频通信和计算机视觉等科学领域得到了广泛的应用。

1) 基于拼接图像的视频检索、浏览及编辑

在基于内容的视频图像检索中,由于视频流帧与帧之间存在大量的冗余信息,因此必须对视频数据进行浓缩,其中一种方法可以通过图像拼接技术将分散在各个视频帧中的信息集中起来表示成整体的场景,就可以实现对视频数据直接有效地检索、浏览和编辑等操作。因为拼接图像代表了所有帧的公用信息,可以反过来分别解释每个帧,这种紧密重组提供了对内容的非线性浏览和高效的索引,可以有效地对感兴趣的信息进行直接快速存取。在进行视频检索时,首先搜索拼接土,查找所需的目标,然后利用几何定位机制,就可以很方便的检索到相应的视频帧。这种方法对视频序列中的静态背景和动态目标的检索都是适用的,比传统的基于颜色和纹理等特征的信息检索方法更简单。除了对视频进行检索外,基于拼接图像的场景表示还可以用来对这些视频进行编辑、注释等操作。例如,利用与检索相同的原理可以将拼接图像的注释非常有效的传递给相应的视频帧,其中注释由用户一次性指定给拼接图像,而不是冗长乏味的给每一帧指定一个注释。这个原理可以进一步地推广到视频情节的编辑,如果在拼接图像上插入或删除一个对象,则在相应的视频帧中也实现了同样的插入或删除。

2) 基于拼接技术的环境监测及视频监控系统

图像拼接技术可以用于环境监测,通过将卫星图片或航空照片拼接成大范围的场景图片来实现对某一地区的整体监测,比如对某一地区的河流流域、耕地面积以及农作物病虫害情况的监控等。

在军事上,全景图像可以用来描述某一区域上的动态信息,比如场景中的运动目标及其运动轨迹。当运动目标相对于背景比较小的时候,可以在同一坐标系下对场景中的运动目标进行目标跟踪,也可以根据视频的帧率以及运动目标的周围场景来估计运动目标的运动速度。利用时间域上的连续性约束条件,对场景图像中运动目标的轨迹估计可以产生更为可靠的检测和跟踪,而且在对运动目标进行跟踪时,可以有效地消除背景的运动和噪声的影响。

在我们的日常生活中,图像拼接技术也可用于全景图像视频监控系统中如图 2.3所示,将由多路摄像头获取的分离的监控图像序列合成一幅宽视野的高分辨率的全景图像用来实现实时监控,这样就无需分别监控每一路视频。全景图像视频监控系统在空间上不仅可以给人一种身临其境的整体感觉,而且可以更加准确的确定监控目标的相对位置,同时使得监控系统更加符合人的视觉一致性的效果。全景图像视频监控系统可以应用于视频会议、网上购物、交通控制和比赛电视直播等多个领域。随着网络技术的不断发展,全景图像视频监控系统还可以进

一步向网络化发展,实现远程监控。在今后的远程全景图像视频监控系统中,实时监控的计算机可以看作是一台拥有独立的IP地址的服务器,用户可以通过局域网或Internet访问服务器,进行实时监视。

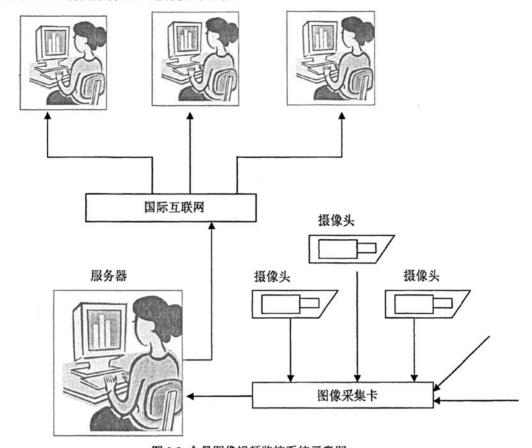


图 2.3 全景图像视频监控系统示意图

Szeliski提出了一种由视频图像序列构造全景视图的技术,通过这种方法构建的全景视图可以用于现场操作员和指挥专家之间的远程协作系统和远程遥控系统,现场操作员通过头盔摄像机将现场拍摄的视频图像通过无线通信的方式传递给在远程的指挥专家,远程指挥专家在收到现场拍摄的视频图像后构建出现场的全景图像,然后根据现场情况提出建议并通知现场操作员进行相关的操作。

3) 图像拼接技术用于虚拟现实场景的构建

虚拟现实技术(Virtual Reality)就是利用计算机构建一个逼真的虚拟环境,即以仿真的方式给人们创造一个反映实体对象变化及其相互作用的三维世界,使得人们能够通过使用专用设备,就能像在自然环境中一样对虚拟环境中的实体进行观察与控制。图像拼接技术的发展是与全景图的应用领域的不断扩大分不开的,其中一个重要且成功的应用领域就是基于图像的虚拟现实技术。在这种技术中最关键的技术指标就是虚拟场景的构建,早期虚拟场景的构建通常采用基于计

算机图形学原理,即所谓的基于模型绘制技术 (model based rendering)。这种技 术首先对场景进行三维几何建模,然后将图像映射到几何体上,当作某一部分场 景的近似,这个过程称作纹理映射。它依赖于定义纹理空间(图像) 坐标与三维 几何模型中对应位置之间的映射函数,这种映射的确定既是困难的,也是费时的, 经常需要人工的干预,并且需要昂贵的加速绘制的专门硬件,同时具有很高的复 杂度。为了解决这一技术的难题,人们提出了基于图像的绘制技术 (Image based rendering, 简称IBR), IBR技术可以使用图像拼接技术从一系列真实图像中快速 绘制出具有真实感的新视图。在基于IBR技术的虚拟现实技术中,虚拟场景的构 建是利用采集的离散图像序列或连续的视频帧作为基础数据,通过图像拼接技术 生成一系列全景图像,并对其进行空间关联建立起具有空间操纵能力的虚拟环 境,基于图像绘制的全景图构建虚拟环境系统模型。IBR技术在构建虚拟现实环 境时具有计算量小、与场景复杂度无关及具有与真实场景(从真实环境中获取) 几乎一样的效果等优点而被广泛的使用。因此,从己有的实景图像中合成新视图 的IBR技术引起了计算机图形学和计算机视觉界有关研究人员的普遍关注,并在 全世界范围内形成了IBR的研究热潮。目前,Internet的普及也为虚拟全景空间的 推广和应用构筑了一个很好的平台,人们可以足不出户地进行虚拟旅游、虚拟购 物以及虚拟购房等。这些技术的广泛应用使得图像拼接技术进一步实用化和商业 化。如图2.4所示。

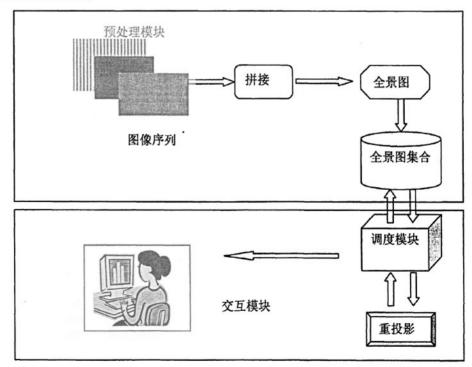


图 2.4 基于图像绘制的全景图构建虚拟环境系统模型

4) 医学领域的运用

在医学领域,图像的应用无所不在。从CT图像、X光照片到人体的细胞照片,医学对图像的质量和处理手段都有极高的要求,许多图像处理技术也是在解决医学图像问题的过程中产生的。全景图由于其宽视角的优点也被用于了医学领域,尤其是外科手术的领域。

在外科手术中,视网膜的激光手术是一个较难的课题。由于缺少对视网膜整体状况进行检查的工具,这类手术的成功率只有50%。为了解决这一问题,Alican Charles和V.Stewalt等人提出了利用图像拼接的方法构建视网膜的整体视图,用来作为外科手术时的依据。他们假设相机的运动只有旋转和平移且焦距没有变化,并将视网膜近似为一个二维的曲面,这样通过求解一个12参数的变换矩阵找到相邻两幅图像之间的变换关系。在确定这12个参数的过程中,他们利用了多级匹配的方法,即在零次曲面上估计平移参数,在一次曲面上估计仿射变换参数,最后在二次曲面上确定12个变换参数。由于视网膜上遍布血管,有很多清晰的血管的三叉点,因此以此作为匹配的特征点,取得了很好的效果。

1.4 本文的研究内容和行文安排

本文作者一直在机器视觉实验室,从事机器视觉测量和图像处理方面的应用研究,针对以上图像拼接的不足,主要完成以下工作:

- 1.系统研究图像拼接技术的相关理论,找出适合本实验的图像拼接方法。其中重点研究基于相位相关的Fourier-Mellin法和基于特征的一点一线法的图像拼接技术。同时也对现有的图像融合技术进行分析。
 - 2.搭建本试验测量系统。
 - 3.基于面阵CCD摄像机的图像采集,图像处理软件编写。
 - 4.以标定靶为实验平台,进行相关试验,采集试验数据。
- 5.对上面两种方法进行大量的仿真实验,验证拼接算法的可行性。优化算法、 提高精度。
 - 6.对系统误差的分析,寻求减小误差的有效算法。

本论文的行文大致安排如下:

本文首先介绍了课题研究背景、图像拼接技术的现状和不足、以及图像拼接的一些相关知识。第二章接着介绍了CCD摄像机拼接测量硬件的一些相关知识,包括CCD摄像机的原理、特点、标定靶的结构等实验系统的相关内容,这部分内容是整个系统的硬件基础。第三章详细分析了Fourier-Mellin算法和一点一线算法的原理,并对其参数求解进行了大量仿真,对其优缺点进行了归类总结。第四章

对当前的图像融合方法进行了详细分析,并对融合后的图像的性能评价做了详细介绍。第五章针对相位相关算法和一点一线算法的缺点,提出了一种改进的Fourier-Mellin算法的图像拼接技术,并给出实验结果和结论。第六章的论文的总结和展望是对本论文的一个总结和未来的图像拼接技术的展望。

第2章 图像测量系统

为了实现大尺度坐标检测,需构建一个实验室测量系统。这个测量系统包括硬件部分和软件部分。这个系统由CCD、图像采集卡、计算机、工作台、标定靶等硬件部分组成,是开展整个实验的前提条件。软件部分就是这个测量系统的开发工具。下面分别介绍各个部分。

2.1 CCD 简介

电荷藕合器件CCD(Charge Coupled Device)是70年代发展起来的一种新型半导体器件,它是在MOS集成电路技术基础上发展起来的,是半导体技术的重大突破。它能储存由光产生的信号电荷,当对它施加特定的时序信号时,其储存的信号电荷便可在CCD内作定向传输而实现自扫描。由于它具有几何精度高、稳定性好、噪音小、非接触性检测和光谱响应范围宽等优点,因而在图像传感和信息处理等方面应用广泛,发展非常迅速。CCD摄像头的原理是:通过镜头,光影成像在电荷藕合器件上,在场正程期间依靠成像区的像素感光而产生光电荷,形成电位像,场逆程期间,通过帧或行转移的方式将成像区积累的电荷所形成的电位像送到存储区;在下一个场正程期间,存储区内留有的电位像再照电视标准读出,即完成电视拍摄。电荷藕合器件是靠时钟脉冲来读取电荷,所以它本身的惰性很小,其动态分辨率高于摄像管。另外,对像素电荷的读取是在场逆程进行,这便可以通过加装电子高速快门的方法提高其动态分辨率。

CCD的噪声源主要可以分为三类:散粒噪声、暗电流噪声、转移噪声。单位时间内光电信号产生的信号电荷数并非绝对不变,而是在一个平均值上作微小的波动,该波动即为散粒噪声。暗电流产生的原因有三个:一是由于耗尽层热激发产生,二是由于光敏像元不均匀,三是由于表面能级的热激发产生。转移损失引起的噪声,界面态俘获引起的噪声和体态俘获引起的噪声统称为转移噪声。散粒噪声是随机的,因此又称为白噪声。转移噪声本身很低。而暗电流噪声不均匀会造成背景不均匀。

本次实验用的是美国PULNiX公司产型号为TM-1040的1英寸黑白面阵行间转移CCD摄像头。其部分性能参数如表2.1。

表2.1 TM-1040部分性能参数

Imager	1" (9.1mm x 9.2mm) progressive scan interline transfer CCD			
Pixel	1008 (H)×1018 (V)			
Cell Size	9.0 μ m×9.0 μ m			
Scanning	1050 lines; 30 Hz			
	Internal/External Auto Switch			
	HD/VD, 4.0 Vp-p impedance 4.7 Ω			
Sync	VD=30 Hz ± 5%, non-interlace			
	HD= 31.468 kHz ± 3%			
. Data Clock Output	40.068 MHz (std)			
Resolution Digital	1008 (H)×1018 (V)			
Size (W×H×L)	51.2mm×67.4mm×169.0mm			
Weight	506g (17.8 oz)			

2.2 图像采集卡

仅有摄像机和计算机并不能进行图像处理工作,还需要其它一些辅助设施,特别是A/D和D/A转换卡,因为: (1) 全视频信号需要有一个A/D转换器,将其输入的模拟信号数字化,便于计算机工作。(2) 一幅图像的信息量极大,如靠内存,影响处理速度,因此需要另辟区域用于存放图像数据。(3) 图像处理完成后,还希望以模拟信号的形式输出,即还需要进行D/A转换。

图像文件的处理格式是以raw 格式来写入数据的。raw 格式就是一种纯数据流格式,是最简单的图形数据格式。Raw 图形文件既没有文件头,也没有数据压缩格式,只要直接将图像灰度的数据矩阵按照行列顺序依次写入图形文件即可。CCD光敏阵列芯片的像元深度为10比特,由于数据输出时是以整字节数输出的,所以图形数据矩阵中一个数据元素占两个字节。CCD摄像头输出的图形是1000×1000的矩阵,由此我们可以推算出由程序采得一幅raw格式的图片大小约为2M字节。

2.3 计算机

计算机是整个图像处理系统分析、处理的中心。无论是CCD摄像机还是图像 采集卡均需与计算机相连,而且希望计算机具有较高的运算速度,在大型图像处 理系统中甚至采用并行处理技术来提高系统的计算速度。

2.4 工作台

实验选择具有标准孔洞的气浮平台作为放置设备的工作台。

2.5 标定靶

采用主动发光的光点阵列标定靶,如图2.1所示。

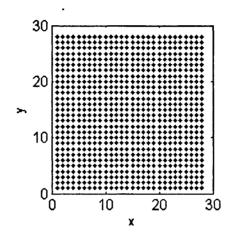
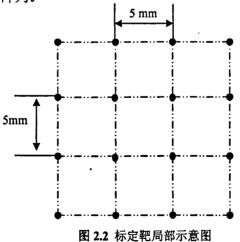


图 2.1 整体式标定靶上的光点阵列示意图

标定靶的结构如图2.2所示。在遮光的玻璃标定靶上通过半导体刻蚀工艺加工出透光的圆孔阵列,相邻孔之间的距离为5毫米,且横竖两个方向正交,圆孔的位置精度达到0.5微米。在标定靶的背面用面型LED照明,通过透光的孔,在板的正面形成光点阵列。



2.6 开发工具介绍

MATLAB是 "矩阵实验室"的英文缩写,是由美国MathWorks公司开发的

集数值计算、符号计算和图形可视化三大基本功能于一体的,功能强大、操作简单的语言。现在,MATLAB已经发展成为适合多学科的大型软件,在世界各高校,MATLAB已经成为线性代数、数值分析、数理统计、优化方法、自动控制、数字信号处理、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具。

MATLAB语言简洁紧凑,使用方便灵活,库函数极其丰富。MATLAB程序书写形式自由,利用起丰富的库函数避开繁杂的子程序编程任务,压缩了一切不必要的编程工作;程序限制不严格,程序设计自由度大。例如,在MATLAB里,用户无需对矩阵预定义就可使用;程序的可移植性很好,基本上不做修改就可以在各种型号的计算机和操作系统上运行;MATLAB的图形功能强大。在FORTRAN和C语言里,绘图都很不容易,但在MATLAB里,数据的可视化非常简单。MATLAB还具有较强的编辑图形界面的能力;MATLAB的缺点是,它和其他高级程序相比,程序的执行速度较慢。由于MATLAB的程序不用编译等预处理,也不生成可执行文件,程序为解释执行,所以速度较慢。

课题选用MATLAB7.0这一工具来做实验,能够利用其强大的数字计算功能进行一系列的仿真和真实图像的实验。不同算法的实验也是在相同的平台下进行测试比较。

2.7 本章小结

本章主要介绍了整个实验系统的硬件构成,及其部分实验设备的原理和参数,同时也对软件开发工具也做了分析。

第3章 图像拼接技术仿真

图像拼接技术^{[1]~[28]}是数字图像处理领域的一个研究热点,它即是将一组相互间存在重叠部分的图像序列进行空间匹配对准,经重采样融合后形成一幅包含各图像序列信息的宽视角场景的、完整的、高清晰的新图像。通过图像拼接技术,可以剔除冗余信息,压缩信息存储量,从而更加有效地表示信息。早期的图像拼接研究一直用于照相绘图学,主要是对大量航拍或卫星图像的整合。近年来随着图像拼接技术的研究和发展,图像拼接技术被广泛应用于数字视频、运动分析、虚拟现实技术、医学图像分析、遥感图像处理等领域。在国内外关于图像拼接的原理和方法已有很多,但是目前基于频域的Fourier-Mellin法和基于特征的一点一线法是较常用的图像拼接方法。下面分别介绍这两种图像拼接方法原理。

3.1 基于 Fourier-Mellin 的图像拼接技术

3.1.1 原理介绍

3.1.1.1 Fourier-Mellin (简称F-M) 变换位移理论

设 $f_1(x,y)$ 和 $f_2(x,y)$ 代表两幅图像, $f_2(x,y)$ 为 $f_1(x,y)$ 在x和y方向分别平移 x_0 和 y_0 后的图像,即 $f_1(x,y)$

$$f_2(x,y) = f_1(x - x_0, y - y_0)$$
(3.1)

若 f_1 和 f_2 对应的傅里叶变换分别为 $F_1(\xi,\eta)$ 和 $F_2(\xi,\eta)$,则它们之间有如下关系:

$$F_2(\xi, \eta) = e^{-j2\pi(\xi r_0 + \eta r_0)} * F_1(\xi, \eta)$$
(3.2)

.则 $f_i(x,y)$ 和 $f_i(x,y)$ 的互功率谱为

$$\frac{F_1(\xi,\eta)F^*_2(\xi,\eta)}{F_1(\xi,\eta)F_2(\xi,\eta)} = e^{j2\pi(\xi x_0 + \eta y_0)}$$
(3.3)

其中 \mathbf{F}^{\bullet}_{2} 表示 \mathbf{F}_{2} 的复共轭。可以看出,互功率谱的相位等价于图像间的相位差,故该方法也称为相位相关法。通过对(3.3)式进行傅里叶逆变换,在(ξ , η)空间的(\mathbf{x}_{0} , \mathbf{y}_{0})处将形成一个脉冲函数,脉冲峰值的位置即为两幅被配准图像间的相对平移量 \mathbf{x}_{0} 和 \mathbf{y}_{0} 。

3.1.1.2 Fourier-Mellin变换计算无缩放的图像

计算无缩放的图像,即只有平移和旋转的图像。考虑被配准的两幅图像 $g_1(x,y)$ 和 $g_2(x,y)$,其中 $g_1(x,y)$ 是 $g_2(x,y)$ 经过平移 (x_0,y_0) ,旋转 θ_0 得到的图像。则其数学表达式为:

$$g_1(x, y) = g_2(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0 - x_0, -x\sin\theta_0 + y\cos\theta_0 - y_0)$$
 (3.4)

那么 $g_1(x,y)$ 和 $g_2(x,y)$ 对应的Fourier变换 $G_1(X,Y)$ 和 $G_2(X,Y)$ 之间满足

$$G_1(X,Y) = e^{-j2\pi(Xx_0 + Yy_0)} * G_2(X\cos\theta_0 + Y\sin\theta_0, -X\sin\theta_0 + Y\cos\theta_0)$$
 (3.5)

·如果用 M_1 和 M_2 代替 G_1 和 G_2 频谱幅度,从式(3-5)可得

$$M_1(X,Y) = M_2(X\cos\theta_0 + Y\sin\theta_0, -X\sin\theta_0 + Y\cos\theta_0)$$
 (3.6)

从(3.6)式可以看出,频谱幅度仅与旋转角度 θ 。有关,而与平移量(x_0 , y_0)无关,因此,可利用Fourier-Mellin将图像转换为极坐标(ρ , θ)。分析发现只有旋转变换映射到 θ 轴上,而平移量被分离。 其极坐标表示为:

$$M_1(\rho,\theta) = M_2(\rho,\theta - \theta_0) \tag{3.7}$$

其中 M_1 和 M_2 分别是 g_1 和 g_2 在极坐标系 (ρ , θ) 中的幅度谱,利用式 (3.3) 可以 很容易求出 θ_0 。然后把 g_1 反转 θ_0 得到 g_1^* 1,再利用 (3.3) 式求出平移量 (x_0 , y_0)。

3.1.1.3 Fourier-Mellin变换计算有缩放的图像

若被拼接的图像 g_1 是 g_2 经过平移、旋转和一致尺度缩放 a (即两个方向的尺度变换因子相等)变换后的图像,即

$$g_1(x,y) = g_2[a(x\cos\theta_0 + y\sin\theta_0) - x_0, a(-x\sin\theta_0 + y\cos\theta)_0 - y_0)]$$
 (3.8)

根据Fourier变换的平移性质,两幅图像的Fourier-Mellin域是平移不变的;但却能看到旋转与比例变化。因此将图像转换到极坐标(ρ , θ),于是可将旋转与尺度因子分解。旋转角度被映射到圆周位移 θ 轴上,尺度因子被映射到 ρ 轴上。其极坐标下的傅里叶幅度谱表示为;

$$M_1(\rho,\theta) = M_2(\dot{\rho}/a,\theta - \theta_0) \tag{3.9}$$

 ρ 轴的对数变换能进一步将尺度因子转为平移变换:

$$M_1(\log \rho, \theta) = M_2(\log \rho - \log a, \theta - \theta_0)$$
(3. 10)

$$M_1(\varphi,\theta) = M_2(\varphi - \phi, \theta - \theta_0)$$
 (3.11)

·这里将极坐标变换后的对数变换称为对数极坐标变换,也被称为 Fourier-Mellin变换。通过上式可见,在原始图像中的均一比例变换会在 Fourier-Mellin中产生 ρ 轴的平移,而在原始图像中的旋转变换Fourier-Mellin中产生 θ 轴的平移。利用Fourier变换位移理论很容易得出 θ_0 ,按照式 (3.2) 和式 (3.3),可以求得 θ 和 θ 。如果对数的底数取为e,那么

$$a = e^{\phi} \tag{3.12}$$

这样就求出了旋转角度 θ_0 和缩放因子a。

根据求出的a和 θ_0 对图像 $g_1(x,y)$ 进行反变换得到图像 $g^*_1(x,y)$,然后通过式 (3.2) 和式 (3.3) 在图像空间计算出 $g_1(x,y)$ 和 $g_2(x,y)$ 之间的平移量 x_0 和 y_0 。配准图像的参数计算流程图如图3.1所示。

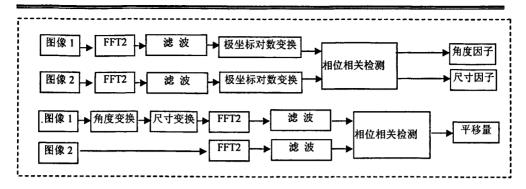


图 3.1 配准图像的参数计算流程图

- 3.1.2 Fourier-Mellin 算法的实验仿真与分析
- 3.1.2.1 傅里叶梅林法的角度检测及分析

整个试验过程用Matlab软件来实现, 其步骤为下:

1) 在Matlab软件中读入用CCD拍摄的一幅1000×1000像素标定靶图像,如图3.2所示。

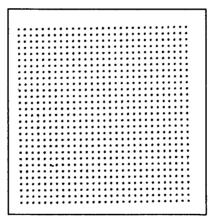


图 3.2 标定靶图像

- 2) 将读入的图像旋转一个已知的角度,得到第二幅图像。
- 3)利用傅里叶梅林法计算其角度。

实际旋转角度	计算得到的角度	缩放因子	相关峰值	
0.01°	0°	1	0.99508	
0.1°	0.1° 0°		0.66835	
0.2°	0.36°	1	0.37296	

表3.1 傅里叶梅林法小角度检测的实验数据

续表31	傅单叶梅林法小角度检测的实验数据
94-XJ.1	第三甲烯烯乙叶用皮似侧叶头巡戏响

,,,,,,,, 		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
0.36°	1	0.61172	
0.36°	1	0.67122	
0.36°	1	0.46083	
0.72°	1	0.49706	
0.72°	1	0.7037	
0.8° 0.72° 1		0.60184	
0.72°	1	0.35994	
1.08°	1	0.59198	
2.88°	1	0.49601	
6.84°	1	0.39552	
10° 10.08°		0.58081	
15.12°	1	0.47088	
20.16°	1 0.35534		
	0.36° 0.36° 0.72° 0.72° 0.72° 1.08° 2.88° 6.84° 10.08°	0.36° 1 0.36° 1 0.72° 1 0.72° 1 0.72° 1 1.08° 1 2.88° 1 6.84° 1 10.08° 1 15.12° 1	

本次试验是采用的1000×1000标定靶图像,在由笛卡尔坐标转换到极坐标的过程中,是在笛卡尔坐标中均匀提取1000×1000点,然后映射到极坐标中。这些点是通过如下方式来确定的:设图片中心为原点。以原点为圆心画1000个圆,圆的半径以原点为起点、最大图片边界点为终点被1000等分来确定。圆周360°被1000等分,它与每个圆的交点,即为所提取的点。然后将每个点映射到极坐标中。如图3.3所示。因此该方法在极坐标系中,每个像素单位等效于0.36°,即最小角度分辨率是0.36°。上面的仿真试验,是配准图像的理想状态,两幅配准图像的内容相似性很大。

. | 图 3.3 笛卡尔坐标到极坐标的转换示意图

从表5.1中的实验数据也可看出,当旋转角度小于0.2°时,利用该方法检测的角度为零。这主要是因为当角度小于0.36°时,其在相位相关图上的分辨率就小于一个像素无法分辨,在系统中是采用就近圆整的策略。因此对于两幅配准图像之间的小角度的旋转,利用傅里叶梅林法检测其误差较大;当两幅图像之间的旋转角度较大时,其检测误差较小。

为了解决傅里叶梅林法分辨率较小的问题,目前部分文献多采用亚像素插值 法来提高其角度检测的精度,但是这种方法计算量大,计算时间长。本论文利用 图像中的点线特征,采用一点一线法来弥补傅里叶梅林法的不足,来提高图像拼 接精度。

3.1.2.2 缩放比例的检测及分析

整个试验过程用Matlab软件来实现,其步骤如下: 1)在Matlab软件中读入用CCD拍摄的一幅1000×1000像素标定靶图像。2)将读入的图像缩小或放大一个尺寸,得到第二幅图像。3)利用傅里叶梅林法检测其缩放因子。

实际缩放因子	放因子 计算得到缩放因子 旋转角度		相关峰值	
· 0.5		0°	0	
0.58	0.61738	0°	0.064093	
0.65	0.68645	0°	0.096221	
0.7	0.73293	0°	0.11282	
0.8	0.8 0.82541 0°		0.17884	
0.9	0.93496	0°	0.21019	
1.0	1.0 1.0 0°		. 1	
1.12	1.0927	0°	0.21843	
. 1.5	1.5 1.4397 0°		0.099331	
1.8	1.8 1.7008 0°		0.071294	
2	1.8632	0°	0.062378	
2.5		0°	0	

表3.2 傅里叶梅林法缩放因子检测的实验数据

从表3.2的数据分析来看,缩放因子是0.58-2.0之间的图像其相关性有效,当 两幅图像的缩放比例差别较大时,两者无法计算其相关性,相关性的峰值为0, 不相关。通过傅里叶梅林法计算得到的缩放因子和相关值都是围绕1的一个正态分布,其值越接近1,精度越高; 离1越远,误差越大。从相关值的分布可以得出当两幅配准图像尺寸因子变化小时,其匹配精度越高。从表中的数据可看出缩放因子的测量误差都在百分之几的数量级,因此为了进一步提高检测的精度,需采用软件插值来处理,但是这种方法计算量大,效率低。本论文结合配准图像的特点,拟采用一点一线法来求缩放因子。

3.1.2.3 位移检测及分析

整个试验过程用Matlab软件来实现,其步骤为下: 1)在Matlab软件中读入用CCD拍摄的一幅1000×1000标定靶图像(如表3.3所示)。2)将读入的图像移动一个已知的位移,得到第二幅图像。3)利用傅里叶梅林法检测其位移量。

预设位移值(像素)	· 检测位移值(像素)	相关峰值
(2, 5)	(2, 5)	1
(4, 7)	(4, 7)	1
(9, 13)	(9, 13)	1
(11, 15)	(11, 15)	1
(25, 25)	(25, 25)	1

表3.3 傅里叶梅林法部分位移检测的实验数据

从表3-3的实验数据分析可得: 当同一幅图像移动的平移量是像素的整数倍时,相位相关法能够精确检测到其平移量,其相关值峰值为"1",其匹配度相当高,少有检测失效的事件,是一种精确的配准方法。

3.1.3 Fourier-Mellin 算法仿真实验分析

通过以上的原理介绍和实验分析,可得出傅里叶梅林变换方法尽管能够准确 计算出图像间的位移值,其误差能够达到一个像素级,但是该方法对两幅图像的 小尺寸因子变化和小旋转角度的检测不敏感。因此为了进一步提高图像拼接精 度,需进一步改进或优化该方法。下一步,本论文结合基于特征的图像拼接技术, 对该方法提出了进一步改进。

3.2 基于特征的一点一线法的图像拼接技术

由于本实验装置是采用已加工好的标定靶。该标定靶是通过半导体刻蚀工艺加工出透光的29×29圆孔阵列,其上的点线特征明显,因此也可采用一点一线算法来实现图像拼接。

3.2.1 原理介绍

在标定靶模板拼接实验中,标定靶结构如图2-1所示,通常是用该标定靶作为目标来获取图像,所得到的图像如下图3.4所示,图像上是由一系列光点阵列组成的,其背景为黑色,即灰度小于一定的数值。

本实验是采用1k的CCD相机拍摄的标定靶图像。该标定靶有29×29个光点, 先在位置一拍摄标定靶左半部分,然后移动标定靶到位置二,拍摄标定靶右半部 分。鉴于该系统中所获取图像的这种特殊性,考虑用基于一点一线的方法求取图 像间的旋转角度和缩放比例因子。其拼接示意图如图3.3所示。

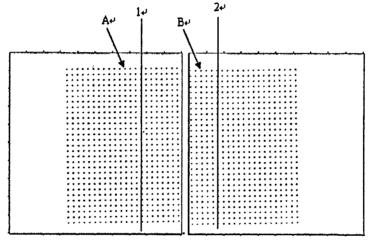


图 3.4 标定靶一点一线法示意图

3.2.2 光点检测

在采用基于特征的一点一线法拟合成直线时,需对图像中的光点进行检测,目前对光点检测较常用的方法就是光重心法^[29]。下面对光重心法作一简介。

标定靶上的图像特征是通过光斑的位置来表征的,因而需要为每个光斑找到一个量值来作为其位置的代表。对于这个量值,可以用几何中心来表征,也可以用能量中心来表征。通过多次实验,我们发现用光斑的光重心来代表光斑的位置有着一系列的优点,如精度高、计算简便、对光强的变化相对不敏感、国际上通用等等。所以我们最终采用了光重心法来进行光斑位置的计算。光重心法的实质是CCD上各像元位置加权平均,权就是该像元的灰度值。这样,对于一个光斑,灰度值大的像元所占的权重比较大,则光重心往该像元方向偏斜,这也大体上反映了光斑的一种能量的分布,但光重心也要受到其他灰度值相对小的像元位置加权的影响。

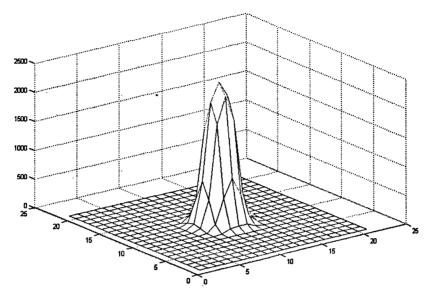


图 3.5 光斑的光强分布图

如图3.5所示,光斑的光强分布在空间上是一个连续的模拟量,但我们首先得到的是CCD 像元阵列对该光强分布的二维采样的结果,然后采样的结果再经过图像采集卡的量化,最终才是我们所获得的每个像元上的灰度值G(i,j),其中(i,j)表示该像元在CCD的第i行,第j列(CCD的坐标系原点在左上角,行往下为正,列往右为正),这样我们就可以计算该光斑在CCD 坐标系中光重心的位置 (x_c,y_c) 有

$$X_{c} = \frac{\sum_{i,j}^{w} jG(i,j)}{\sum_{i,j}^{w} G(i,j)}, Y_{c} = \frac{\sum_{i,j}^{w} iG(i,j)}{\sum_{i,j}^{w} G(i,j)}$$
(3.13)

在本实验中,取w为CCD 横纵方向的像元数1000。实际CCD 图像是在暗室环境中采集的,整个CCD 像面上只有少部分区域内的像元有较大的灰度值,其余绝大部分区域内像元灰度值为0。而对1000×1000的大矩阵进行操作是比较耗时和耗空间的,所以我们采取了图像切割的处理方法。以CCD 像面上只有一个光斑为例进行图像切割方法进行说明:首先得到像面上具有最大灰度值的像元的位置,以这个位置为中心,切割下一小正方形区域,该区域的边长可根据该光斑的大小而设定,要求能把光斑完全覆盖且尽可能小,记下该正方形在CCD 像面上的位置 (x_0,y_0) ;然后计算在这个正方形区域内光斑的光重心 (x_c,y_c) ,则该光斑在CCD 坐标系中的位置为 (x_{c+0},y_{c+0}) 。

3.2.3 参数求解

3. 2. 3. 1 缩放比例的确定

若取物面中的同一点,其在两幅图中的位置分别是点A、点B,那么点A和点B与对应的直线之间的距离之比成一个比例关系。根据这个比例关系就可确定两幅图之间的缩放比例。

缩放比例:设A点到直线1的距离为 d_1 ,B点到直线2的距离为点 d_2 ,则其缩放比例为:

$$\beta = \frac{d_1}{d_2} \tag{3.14}$$

3.2.3.2 旋转角度的求取

假定任意一直线方程用矩阵表示为

$$[y] = \begin{bmatrix} 1 & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ k \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

其中(x,y)表示直线上的点在直角坐标系下的坐标,b表示该直线在该坐标系中对y轴的截距,k表示该直线的斜率。

假设两条直线的斜率分别为 k_1 、 k_2 ,那么两条直线的夹角 α 可这样求得

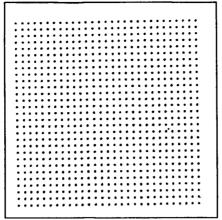
$$\tan \alpha = \frac{k_1 - k_2}{1 + k_1 k_2} \tag{3.16}$$

整个试验过程用Matlab软件来实现, 其步骤如下:

- (1) 在Matlab软件中读入用CCD拍摄的一幅标定靶图像;
- (2) 将配准的图像旋转一个已知的角度,得到第二幅图像。
- (3) 用光重心法分别计算两幅图像中光点阵列的位置;
- (4)分别将两幅图像中的对应一列的光点根据式(3.15)拟合成直线,并得到该直线的斜率k,然后再根据式(3.16)求取两幅图像每一列对应光点所拟合直线的夹角,最后取夹角平均值,即得到两幅图像的旋转角度。

3.2.4 旋转角度检测及分析

为了能够对算法的结果进行比较和分析,首先利用图3.6所示1000×1000的图像作为原始图像,经过旋转产生类似于图3.7所示的配准图像。



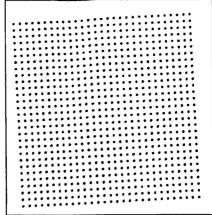


图 3.6 原始图像

图 3.7 旋转后的原始图像

按照上述算法的步骤进行试验,试验结果数据如表5.4所示。

实际旋转角 0.01° 0.05° 0.10 1.6° 1.8° 2.0° 0.08° 1.0° 度(度) 计算得到的 0.0999 0.9999 1.7999 1.9999 0.0099 0.0799 1.5999 0.0499 998634 993254 989788 988008 933708 925971 905017 913858 角度(度) 3413° 4654° 4934° 7752° 2662° 6765° 2311° 7973°

表3.4 一点一线法旋转角度检测

.利用2048×2048像素的图像检测该直线拟合的算法,再次验证本算法的可行性和正确性,检测结果如表5.5所示。

实际旋转角 度(度)	0.001	0.002	0.003	0.005	0.009	0.01	0.1	1
计算得到的 角度(度)	0.0009 987967 9303	0.0019 976071 7056	0.0029 964309 0324	0.0049 941175 4190	0.0089 896415 4511	0.0099 885527 5825	0.0999 230552 1348	0.9998 192625 9843

表3.5 一点一线法旋转角度检测

上面两组试验都是在Matlab软件中读入CCD拍摄的图像,是仿真试验,是配准图像的理想状态,两幅配准图像的内容相似性很大。该试验是以图像中的光点

为基础的,图像内容简单,光点位置特殊。试验表明,该方法算法简单、可以快速准确的检测到较小的旋转角度,其误差较小,检测结果可以达到较高的精度,足以弥补傅里叶梅林法对小角度和小尺寸因子检测的不足。对较大角度的检测,只要特征选取准确也能达到较高的精度。但一点一线法的缺点就是需要准确寻找出配准图像中的对应特征,如特征选择不准确就会导致较大的拼接误差或误匹配。因此,对不同的配准图像选取不同的图像拼接方法,才能达到良好的拼接效果。

3.3 本章小结

通过以上的原理介绍和实验分析,可得出Fourier-Mellin变换方法尽管能够准确计算出图像间的位移值,其误差能够达到一个像素级,但是该方法对两幅图像的小尺寸因子变化和小旋转角度的检测不敏感。而一点一线法是以图像中的光点为基础的,图像内容简单,光点位置特殊。试验表明,一点一线法可以快速准确的检测到较小的旋转角度,其误差较小,检测结果可以达到较高的精度,足以弥补傅里叶梅林法对小角度和小尺寸因子检测的不足。但一点一线法的缺点就是需要准确寻找出配准图像中的对应特征,如特征选择不准确就会导致较大的拼接误差或者误匹配。因此,把这两种方法融合在一起,能够大大提高图像的拼接质量。

第4章 图像融合

在获得待拼接图像之间的空间变换关系之后,为了得到合成图像,就需要选择合适的图像融合策略,来完成图像的拼接。图像融合不是简单的图像叠加,而是产生新的蕴含更多有价值信息的图像。图像融合就是一种通过高级图像处理来复合多源图像的技术,是用特定的算法将两个或多个不同图像合并起来,而生成新的图像。其目的是尽量减少图像信息的不确定性,即对不同图像提供的信息加以综合,消除图像信息之间可能存在的冗余和矛盾,以形成对目标的清晰、完整而准确的信息描述。图像融合也是图像拼接步骤中的重要一环,图像融合技术的高低对图像拼接质量起到非常重要的作用。图像融合在军事、遥感、医学、测量、地理信息系统、工业、智能机器人等领域都起着重要作用。图像融合已经成为众多学科感兴趣的研究热点。

4.1 图像融合的分类

根据图像融合过程中是否包含图像分解变换,图像融合的方法可以分为三大类: ^{1161~1201}1) 简单的图像融合方法;(2)中值滤波融合法;(3)基于塔形分解的图像融合方法;(4)多分辨率样条技术融合。

4.1.1 图像融合的简单方法

简单的图像融合方法是早期的图像融合方法,也是目前应用最多的图像融合方法。它的基本原理是不对参加融合的各源图像进行任何图像变换或分解,而是直接对各源图像中的各对应像素分别进行平均或加权平均等简单处理后,融合成一幅新的图像。

4.1.1.1 加权平均融合法

配准后的两幅图像,一般情况下由于采样时间和采样角度的不同,重叠部分会出现明暗强度及变形程度的差异,为了使融合的图像具有视觉一致性而且没有明显的接缝,采用加权平均的融合方法进行图像平滑过渡。假如 f_1 , f_2 是两幅待镶嵌的图像,将图像 f_1 和 f_2 在空间叠加,则融合后的图像像素f可表示为:

$$f(x,y) = \begin{cases} f_1(x,y) & (x,y) \in f_1 \\ d_1 f_1(x,y) + d_2 f_2(x,y) & (x,y) \in (f_1 \cap f_2) \\ f_2(x,y) & (x,y) \in f_2 \end{cases}$$
(4.1)

式中d1,d2表示权重值,它们一般与重叠区域的宽度有关,且的d1+d2=1,0<d1,

d2<1。在重叠区域中,d1由1渐变至0,d2由0渐变至1,由此现实了在重叠区域中由f1到f2的平滑过渡。

·4.1.1.2 直接平均法

这种方法将配准后图像之间的重叠区域对应像素点的灰度值直接进行叠加 再求平均,相当于对图像进行了低通滤波,最终的拼接图像中会存在较为明显的 拼接痕迹。如式(4-1)中,f1和f2分别代表待拼接的两幅图像,f代表融合后的 图像

$$f(x,y) = \begin{cases} f_1(x,y) & (x,y) \in f_1 \\ (f_1(x,y) + f_2(x,y))/2 & (x,y) \in (f_1 \cap f_2) \\ f_2(x,y) & (x,y) \in f_2 \end{cases}$$
(4.2)

4.1.2 中值滤波融合法

中值滤波法主要思想是利用中值滤波器来处理重叠区域的像素值的不连续性。具体的做法就是将中值滤波器作用在边界附近区域,当某个像素的灰度值与周围像素的灰度值差别比较大的时候,就对这个像素进行中值滤波从而使它的值接近于周围像素的值,这样就会消除光强的不连续性。同时中值滤波法可以克服直接平均法所带来的图像细节模糊的现象,保持具有较高的空间频率的图像内容,在场景存在运动目标的的情形下,能突出运动目标,保持原有的背景。

4.1.3 基于塔形分解的图像融合方法

图像的塔形分解法是由Burt和Adelson首先提出的,它是一种多尺度、多分辨率图像融合方法,其融合过程是在不同尺度、不同空间分辨率、不同分解层次上分别进行的。利用图像的金字塔分解可以分析图像中不同大小的物体,高分辨率层(底层)可用于分析细节,而低分辨率层(高层)可用于分析较大的物体。同时通过对低分辨率、尺寸较小的高层进行分析所有的信息,还可用来指导对分辨率、尺寸较大的下层进行分析,从而可以大大简化分析和计算。图像的塔形分解提供一种方便、灵活的多分辨率分析方法。

金字塔图像融合法就是将参加融合的每幅源图像作金字塔表示,将所有图像的金字塔表示在各相应层上,以一定的融合规则融合,可得到合成的金字塔。将合成的金字塔用金字塔生成的逆过程重构图像,从而得到最终的融合图像。基于塔形分解的图像融合过程可以分为两个部分:图像的塔形分解和融合规则的合理选取。图像金字塔可分为高斯(Gaussian)金字塔、拉普拉斯(Laplacian)金字塔、梯度金字塔和比率金字塔等,其中很多金字塔的构成都是在高斯金字塔的基础上演变而来。

设A,B为两幅源图像,F为用此方法得到的融合图像。其融合过程由以下步

骤组成:

- 1) 对源图像(A、B) 进行高斯、拉普拉斯、对比度或比率金字塔形分解, 建立各图像的高斯、拉普拉斯、对比度或比率金字塔;
- 2) 对图像金字塔的各个分解层分别进行融合处理,最终得到融合后图像的 高斯、拉普拉斯、对比度或比率金字塔;
- 3)对融合后得到的高斯、拉普拉斯、对比度或比率金字塔进行图像重建, 所得到的重建图像即为融合图像任)。

4.1.4 多分辨率样条技术融合

多分辨率样条技术采用拉普拉斯多分辨率金字塔结构。它将图像分解成不同频率上的一组图像,在每个分解的频率上,将图像重叠边界附近加权平均。最后将所有频率上的合成图像汇总成一幅图像。在每一个频率带内,加权函数的系数以及颜色融合区域的大小,是由两幅图像的图像特征在该频率带内的差异决定的。该方法可以使得具有不同强度的图像平滑地过渡。该方法涉及到高斯塔和拉普拉斯塔的构造问题,因此是一种基于塔型结构的颜色融合算法。虽然该方法质量高,但该算法计算工作量大,计算时间长,不适宜在一般的图像拼接中使用。

4.2 图像融合的性能评价

评价融合算法性能的方法可分为主观和客观评价方法两大类。

4.2.1 主观评价

主观评测方法是观察者对图像的优劣做出主观定性评价。不过该方法受不同的观察者、图像类型、应用场合和环境条件的影响较大,但是,它比较容易实现,对最终的图像质量评测也是十分有用的。表4.1给出了国际上规定的五级质量尺度和妨碍尺度(亦称主观评价的5分制)。对一般人来讲,多采用质量尺度;而对专业人员来讲,则多采用妨碍尺度。图像主观评价的尺度(即评分标准)往往要根据应用场合等因素来选择和制定。

分数	质量尺度	妨碍尺度
5分	非常好	丝毫看不出图像质量变坏
4分	好	能看出图像质量变坏,但不妨碍观看
3分	一般	清楚地看出图像质量变坏,对观看稍有妨碍
2分	差	对观看有妨碍
1分	较差	严重影响观看

表4.1 主观评价尺度评分表

4.2.2 客观评价

建立对图像融合效果的定量评价方法和准则,才可能对各种图像效果的定量评价方法和准则,才能对各种图像融合方法的性能做出科学、客观的评价。

(1) 峰值信噪比PSNR

标准参考图像R与融合图像F的均值方差和峰值信噪比分别为:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \left[R(i,j) - F(i,j) \right]^{2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\max(R^{2}(i,j)) / MSE^{2} \right]$$
(4.3)

(2) 交叉熵CE

交叉熵可用来度量两幅图像灰度分布的信息差异,交叉熵越小,说明融合后图像与标准参考图像间的差异越小,即融合效果越好。标准参考图像R与融合图像F的交叉熵为:

$$CE = \sum_{i=0}^{L-1} P_{R_i} \log \frac{P_{R_i}}{P_{E}}$$
 (4.4)

其中, P_{R_i} 为图像R中灰度值为i的像素数与图像总像素数之比, P_{F_i} 为图像F中灰度值为i的像素数与图像总像素数之比。

(3) 清晰度

图像R、F的清晰度定义为:

$$q = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \sqrt{p(i,j) - p(i-1,j)^2 + (p(i,j) - p(i,j-1)^2} / MN$$
 (4.5)

对融合效果和融合图像质量的客观评价准则如下:对于同一组融合实验,若融合图像的交叉熵相对较小、均方差相对较小、峰值信噪比相对较高、对比度差相对较小、清晰度相对较大,则说明融合效果相对较好。因融合效果和融合图像质量的定量评价问题是一个十分复杂的问题,单个评价参量并不能完全评定融合效果,所以,在实际评价过程中应综合考虑多个客观参量的评价结果。

(4) 对比度差 ΔC

·图像的对比度CON及对比度差 ΔC 定义为

$$CON = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \left[F(i,j) - \bar{F} \right]^2}$$

$$\Delta C = CON_R - CON_F$$
(4.6)

其中, CON_R 、 CON_F 分别为图像R、F的对比度。

(5) 拼接图像的误差分析

如具有较好的图像特征,可通过计算拼接图的合成误差来分析。这也是本文 采取的评价方法。

4.3 本章小结

图像融合是图像拼接的一个重要组成部分,对于不同的运用场合,选择合适的融合方法,对图像拼接质量的高低起着至关重要的作用。简单的图像融合方法具有实现简单、融合速度快的特点。在某些特定的图像融合应用场合,简单的图像融合方法也是可能获得较好的融合效果,但在多数应用场合,这些简单的图像融合方法是无法获得满意的融合效果的。本章详细介绍了图像融合的各种方法,并对融合后的图像的评价标准也做了详尽分析。

第5章 改进 Fourier-Mellin 算法

通过前面两节详细分析了傅里叶梅林法和一点一线法的原理,可得出两种方法各有优缺点。从表3.2中的实验数据看出傅里叶梅林法对小角度旋转和缩放比例较小的配准图像检测不敏感,从表3.4、3.5中可以看出一点一线法对小角度旋转和缩放比例较小的配准图像检测精度较高。因此,本文利用一点一线法来改进傅里叶梅林法,提高了图像的拼接精度。

5.1 图像的几何校正

5.1.1 图像几何畸变的基本概念

当照相系统的镜头或者照相装置没有正对着待拍摄的景物时候,那么拍摄到的景物图像就会产生一定的变形。这是几何畸变最常见的情况。另外,由于光学成像系统或电子扫描系统的限制而产生的枕形或桶形失真,也是几何畸变的典型情况。

几何畸变会给图像拼接造成很大的问题,原本在两幅图像中相同的物体会因为畸变而变得不匹配,这会给图像的配准带来很大的问题。因此,解决几何畸变的问题显得很重要。图像几何变换的一个重要应用是消除由照相机带来的数字图像的几何畸变。任何一种几何失真,都可以用原始的图形坐标与畸变的图形坐标之间的关系加以描述。设原图坐标是(x,y),畸变图形坐标是(x',y'),于是两坐标之间的关系可以用如下方程描述:

$$x' = h_1(x, y)$$

 $y' = h_2(x, y)$ (5.1)

如果用 g(x,y) 表示原图在 (x,y) 点处的灰度,用 f(x',y') 表示畸变后图像在 点 (x',y') 处的灰度,那么应该有

$$g(x,y) = f(x',y')$$
 (5.2)

__这样,消除几何畸变以恢复原图像的问题就归结为如何从畸变图像 f(x',y') 和两坐标之间的关系 h_1 和 h_2 求得 g(x,y)。

5.1.2 图像消除几何畸变的方法

图像在生成过程中,由于成像系统本身具有非线性或者摄像视角变化,都会使生成的图像产生几何失真,被描述的景物产生了扭曲,这类图像的退化现象称为几何畸变,图像的几何形变校正就是对图像进行几何运算,通过几何运算可以改变图像中物体的形状和空间位置。图像配准实际上就是一个图像校正的过程,

一般几何校正分两步独立完成。首先根据图像畸变的类型确定合适的算法来定义 空间变换本身,用它来描述象素如何从其初始位置变换到终止位置。第二步是确 定在矫正空间中各像素的灰度值。

5.1.2.1 常用的图像变换模型

几何变换一般是对其中的一幅图像进行变换,得到和另外一幅图像相同的坐标系。常用的变换模型有:刚性变换、仿射变换、投影变换等。

1) 刚性变换

这是最简单的一种几何变换,图像的尺寸和图像中象素点的位置关系均不发 生变化,这一类变换的矩阵如下所示:

$$M = \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & m_2 \\ \sin \theta & \cos \theta & m_5 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$
 (5.3)

其中 θ 为图像的旋转角度, m_2 和 m_5 为平移量。容易看到,刚性变换矩阵具有3个自由度。

2) 仿射变换

经过变换后第一幅图像上的直线映射到第一幅图像仍为直线,并且保持平衡 关系,这样的变换称为仿射变换。仿射变换可以分解为线性(矩阵)变换和平移 变换。

变换公式为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{22} & t_x \\ a_{21} & a_{22} & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$
 (5.4)

仿射变换有六自由度,对应于六个矩阵元素。

3) 投影变换

经过变换后第一幅图像上的直线映射到第一幅图像上仍为直线,但平行关系基本不保持,这样的变换称为投影变换,投影变换是关于齐次3维矢量的一种线性变换,并可用一个非奇异3x3矩阵H表示为:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{22} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$
 (5.5)

或者更简洁地表示为:
$$x_1 = Hx$$
 (5.6)

在H的九个元素中有八个独立比率,因此一个投影变换有八个自由度。在实际拍摄过程中,当拍摄时有微小的相机平移时,或者当所拍摄的三维场景很远时

(远大于焦距),都可以认为近似满足投影变换模型。

5.1.2.2 本文采用的几何校正

本文专门针对径向畸变的图像进行几何校正。在枕形失真或桶形失真中,图像的畸变一般都是在摄像机成像时从图像中心开始沿着半径方向以一定的比率产生畸变。如图5.1所示,假设物点为P(x,y,z),其对应的像点坐标为 $P_x(x_x,y_x)$,但由于畸变沿径向成像到了 $P_d(x_d,y_d)$,其畸变系数仅跟OP有关,不管畸变程度如何,向量在图像平面从中心点O到点 $P_d(x_d,y_d)$ 的方向保持不变,而仅是沿径向方向上变化。

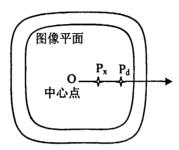


图 5.1 径向畸变原理图

因此畸变前后的点位置在沿着图像中心为原点的半径方向上存在以下关系:

$$x_x = x_d * k$$

$$y_x = y_d * k$$
(5.7)

其中K由下式确定:

$$k = 1 + k_1 r^2 (5.8)$$

r为畸变前点 P(x,y),到原点O的半径,参数 k_1 一般可以根据实际图像大小而定。图像在经几何位置校正后,在校正空间中,各像素的点的灰度值应近似等于被校正图像对应点的值。但校正后的图像往往会出现像点不落在坐标点上,因此常采用内插法来求得这些像素点的灰度值。常用的方法有最近邻点法、双线性插值法、双三次卷积法等。最近邻插值算法计算简单速度快,双线性法虽计算复杂一些,但从计算精度和速度都较为满意。双三次卷积法精度较高,但计算速度慢,一般较少采用。

5.1.2.3 重采样

由于在计算机中存储的图像均为数字图像,图像中的像素位置均采用整数表示,因此经过几何变换后图像大多会出现新的像素点或者图像像素的位置可能不再是整数。为了重新得到可以在计算机中存储的数字图像,需将空间变换后的离散数字图像重建为连续的图像,再在整数位置上对重建的图像进行采样,从而得到最终的数字图像。图像的重建和再采样过程,需要通过图像插值来完成。首先

根据参考图像与待校正图像对应的点特征,求解两幅图像之间的变换参数:然后 将待校正图像做相应的空间变换,使两幅图像处于同一坐标系下;最后,通过灰 度变换,对空间变换后的待校正图像的灰度值进行重新赋值,即重采样。

1) 最近邻插值 (nearest Neighbor interpolation)

最简单的插值方法是最近邻插值,即选择离它所映射到的位置最近的输入像素的灰度值为插值结果。数学表示为:

$$f(x) = f(x_k) \qquad \frac{1}{2}(x_{k-1} + x_k) < x < \frac{1}{2}(x_k + x_{k+1})$$
 (5.9)

2) 双线性插值(Bilinear Interpolation)

双线性插值法是对最近邻法的一种改进,即用线性内插方法,根据点的四个相邻点的灰度值,分别在x和y方向上进行两次插值,计算出的值。最后形成的插值函数为一双抛物面方程:

$$z = f(x, y) = q_1 + q_2 x + q_3 y + q_4 x y$$
 (5.10)

双线性插值法假定插值点邻域内的点均满足双线性函数,则有:

$$\begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1 y_1 \\ 1 & x_2 & y_1 & x_2 y_1 \\ 1 & x_1 & y_2 & x_1 y_2 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2 y_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \end{bmatrix}$$
(5.11)

由上式可解出去 q_1 , q_2 , q_3 , q_4 。对于数字图像, 一般有 $x_2 - x_1 = y_2 - y_1 = 1$ 。将 q_1 , q_2 , q_3 , q_4 代入双线性函数,即可以计算出插值点的灰度值。

.3) 双三次卷积法

该方法利用三次多项式s(x)来逼近理论上的最佳插值函数 $\sin(x)/x$,其数学表达式为.

$$s(x) = \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3 & 0 \le |x| < 1 \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3 & 1 \le |x| < 2 \\ 0 & |x| \ge 2 \end{cases}$$
 (5. 12)

上式中的是周围像素沿方向离原点的距离。待求像素的灰度值由其周围16 个点的灰度值加权内插值得到。可推导出待求像素的灰度值计算式为:

$$f(x, y) = f(i + u, j + v) = ABC$$
 (5.13)

其中

$$A = \begin{bmatrix} s(1+v) \\ s(v) \\ s(1-v) \\ s(2-v) \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} s(1+u) \\ s(u) \\ s(1-u) \\ s(2-u) \end{bmatrix}$$
 (5.14)

$$B = \begin{bmatrix} f(i-1,j-1) & f(i-1,j) & f(i-1,j+1) & f(i-1,j+2) \\ f(i,j-1) & f(i,j) & f(i,j+1) & f(i,j+2) \\ f(i+1,j-1) & f(i+1,j) & f(i+1,j+1) & f(i+1,j+2) \\ f(i+2,j-1) & f(i+2,j) & f(i+2,j+1) & f(i+2,j+2) \end{bmatrix}$$
(5. 15)

以上三次重采样法以最近邻像素法最简单,计算速度快且不能破坏原始图像的灰度信息,但其几何精度较差,最大可以达像素级。双线性插值法精度较好,存在分辨率降低的问题,而双三次卷积法可以避免这个问题,同时对图像的细微结构保持较好,但其计算量较大。

5.2 图像的噪声抑制

5.2.1 图像噪声的基本概念

图像噪声的概念可以理解为妨碍人的视觉感知,或妨碍系统传感器对所接受 图像源信息进行理解或分析的各种因素,也可以理解成真实信号与理想信号之间 存在的偏差。一般来说,噪声是不可预测的随机信号,通常采用概率统计的方法 对其进行分析。噪声对图像处理十分重要,它影响图像处理的各个环节,特别在 图像的输入、采集中的噪声抑制是十分关键的问题。若输入伴有较大的噪声,必 然影响图像拼接的全过程及输出的结果。

噪声的分类:根据噪声的来源,大致可以分为外部噪声和内部噪声;从统计数学的观点来定义噪声,可以分为平稳噪声和非平稳噪声。各种类型的噪声反映在图像画面上,大致可以分为两种类型。一是噪声的幅值基本相同,但是噪声出现的位置是随机的,一般称这类噪声为椒盐噪声。另一种是每一点都存在噪声,但噪声的幅值是随机分布的,从噪声幅值大小的分布统计来看,其密度函数有高斯型、瑞利型,分别成为高斯噪声和瑞利噪声,又如频谱均匀分布的噪声称为白噪声等。

5.2.2 图像噪声抑制的方法

5. 2. 2. 1 均值滤波

所谓均值滤波实际上就是用均值替代原图像中的各个像素值。均值滤波的方法是,对将处理的当前像素,选择一个模板,该模板为其邻近的若干像素组成,用模板中像素的均值来替代原像素的值。如图5.2所示,序号为0是当前像素,序号为1至8是邻近像素。求模板中所有像素的均值,再把该均值赋予当前像素点(x,y),作为处理后图像在该点上的灰度g(x,y),即

$$g(x,y) = \frac{1}{M} \sum_{f \in S} f(x,y)$$
 (5.16)

其中,s为模板,M为该模板包含像素的总个数。

1	8	7
2	0	6
3	4	5

图 5.2 模板示意图

5.2.2.2 中值滤波

虽然,均值滤波器对噪声有抑制作用,并且算法简单,但是导致图像变得模 糊是采用该方法无法避免的。

.经过分析画面中噪声出现时所表现的形态可知,噪声点上的像素通常比周围 非噪声点的像素要亮或暗。因此,可以设想,如果在噪声点像素周围寻找一个合理的值对它进行替代,在一定程度上应该可以获得较理想的滤波结果。基于上述 考虑,中值滤波就是一种有效的方法。

中值滤波是基于排序统计理论的一种能有效抑制噪声的非线性信号处理技术。它的核心算法是将模板中的数据进行排序,这样,如果一个亮点(暗点)的噪声,就会在排序过程中被排在数据序列的最右侧或者最左侧,因此,最终选择的数据序列中位置上的值一般不是噪声点值,由此便可以达到抑制噪声的目的。

取某种结构的二维滑动模板,将模板内像素按照像素值的大小进行排序,生成单调上升(或下降)的二维数据序列。二维的中值滤波输出为

$$g(x,y) = Med\{f(x-k,y-l),(k,l) \in W\}$$
 (5.17)

.其中,f(x,y),g(x,y) 分别为原始图像和处理后的图像,W为二维模板,k,l 为模板的长宽,Med为1取中间值操作,模板通常为 3×3 , 5×5 区域,也可以有不同形状,如线状、圆形、十字形、圆环形。

5. 2. 2. 3 本文选用的滤波器

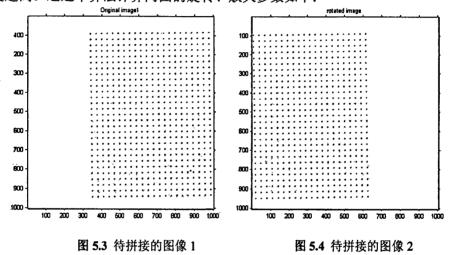
在图像的尺寸变化和Fourier变换的过程中,可能将一些图像的像素移入或移出图像的范围,这样就有可能改变Fourier变换的相位谱中的独立分量。由有限图像的Fourier变换产生的不连续性会在Fourier-Mellin参数中增加一个高幅值且比例不变的伪像特征。虽然检测两幅有限图像都基本都能够给出旋转和尺寸变换参数,但是选择一个有效的滤波器来减小有限变换造成的伪像,那么在极坐标频谱图中能够发现整体的位移,有利于相位相关检测中的峰值尖锐、凸出。

当利用Fourier-Mellin变换确定旋转和比例参数尺寸时,可以利用滤波器把伪像特征效应减到最小。本文利用了B.Srinivasa Reddy and B.N.Chatterji提出的如下高通滤波器,使用该滤波器能够减小噪音的干扰和伪像的出现。

$$m(\varepsilon,\eta) = (1.0 - n(\varepsilon,\eta)) * (2.0 - n(\varepsilon,\eta))$$
其中:
$$n(\varepsilon,\eta) = [\cos(\pi\varepsilon)\cos(\pi\eta)] \quad \exists -0.5 \le \varepsilon, \eta \le 0.5$$
(5. 18)

5.3 图像拼接实验

实验采用的1k的CCD相机拍摄的标定靶图像。该标定靶有29x29个光点,先在位置一拍摄标定靶左半部分为图5.3,然后移动标定靶到位置二拍摄标定靶右半部分为图5.4,图5.7、图5.8分别是其极坐标下的对数功率谱图。图5.9是F-M法旋转角度和尺寸因子检测的相关峰值,图5.10是改进后的傅里叶梅林平移量检测的相关峰值。本次采用的两幅图像的重合率为60%,其重合率越高,其匹配的精度越高。通过本算法计算两图的旋转、放大参数如下:



由于图像的公共部分的内容都是形状相似、灰度值相近的光点,在进行互相 关变换时,其相关值较小,精度较低,因此在拼接图像中特定位置添加标记(如 图5.5、图5.6所示)来增大相关峰值,提高检测精度,避免伪匹配的出现。

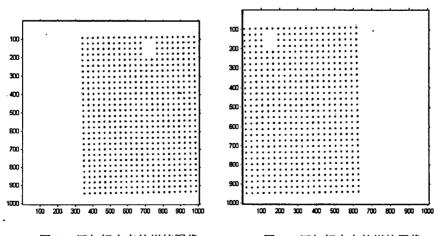


图 5.5 添加标志点的拼接图像 1

图 5.6 添加标志点的拼接图像 2

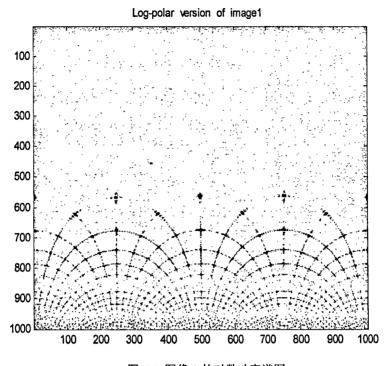


图 5.7 图像 1 的对数功率谱图

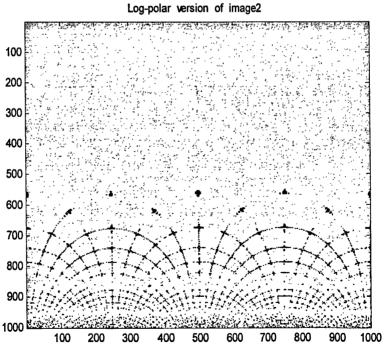


图 5.8 图像 2 的对数功率谱图

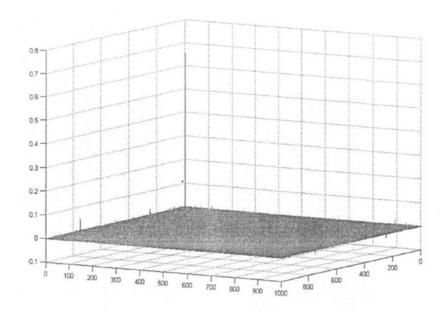


图 5.9 F-M 法旋转角度和尺寸因子检测的相关峰值

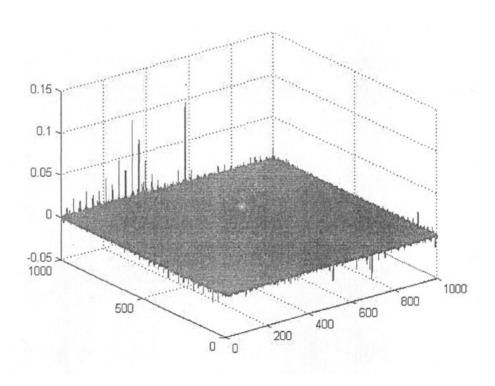


图 5.10 改进后的 F-M 法平移量检测的相关峰值

5.3.1 伪匹配的判别及消解方法

在分析配准图像的相位相关图5.10时,判别最大峰值点是否为正确匹配,必须寻找到一种标准来判断。记M1为最大的相关峰值,M2为次大的相关峰值。当两幅拼接图像特征明显,重叠区域较大最大峰值远远大于次大峰值,即M1>M2,错误匹配概率很小,伪匹配的可能性就很小。在配准图像缩放、旋转的过程中,加之背景噪声等因素都会导致相位相关最大峰值的降低,次大峰值突出或接近于最大峰值。这时我们从相位相关图中找出,最大峰值M1,次大峰值M2,求其差值,差值小于某一阈值及判为匹配,差值大于某一阈值判为正常匹配。阈值的选取通过多次试验或查阅参考文献获取。在本次仿真实验中,通过查阅文献和多次试验取阈值为0.03。最大峰值M1=0.097,次大峰值M2=0.0927,M1-M2=0.05>0.03,该匹配有效。要消解伪匹配出现,图像的预处理是一个重要的环节。前面图像前期处理步骤的几何校正和噪声抑制都能有效消解伪匹配出现,凸显相关匹配的峰值。

. 改进前后傅里叶梅林法和一点一线法的数据对比如表5.1所示。

名称	旋转角度	缩放因子	位移值	位移相关峰值
一点一线法	-0.0138°	1.0090		
F-M 法	0	1	-8, -421	0.76891
改进的F-M法	-0.0138°	1.0090	-9, -426	0.0977

表5.1 三种方法的数据对比

利用傅里叶梅林法求得的参数(表5.1)和第三章介绍的图像融合方法,拼接合成后的效果如图5.11所示。

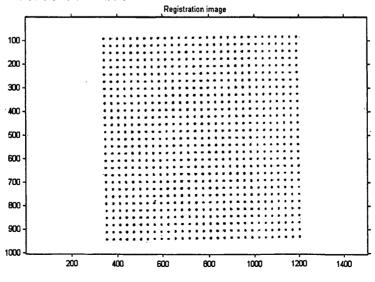


图 5.11 拼接合成图

5.3.2 误差分析

为了验证整个算法的实用性,必须对它的拼接误差做一个详尽的分析。考虑到标定靶加工精度高,它是在遮光的玻璃上通过半导体刻蚀工艺加工出透光的圆孔阵列,相邻孔之间的距离为5毫米,且横竖两个方向正交,圆孔的位置精度达到0.5微米,拼接合成图像中的特征是一列列排列整齐的光点,因此采用四次曲面拟合法^[31][[34]]来评估整个图像的拼接精度,是一种有效评价拼接质量的方法。

5.3.2.1 拼接合成误差评估

对于拼接的图像是由CCD相机拍摄的精确加工的标定靶,该二维标定靶上的任意一个点,物面坐标 (x_{u_1},y_{u_2}) 可以用像面坐标(u,v)来表示:

$$x_{w} = a_{0} + a_{1}u + a_{2}v + a_{3}u^{2} + a_{4}v^{2} + a_{5}uv + a_{6}u^{3} + a_{7}v^{3} + a_{8}u^{2}v$$

$$+ a_{9}uv^{2} + a_{10}u^{4} + a_{11}v^{4} + a_{12}uv^{3} + a_{13}u^{3}v + a_{14}u^{2}v^{2}$$

$$y_{w} = b_{0} + b_{1}u + b_{2}v + b_{3}u^{2} + b_{4}v^{2} + b_{5}uv + b_{6}u^{3} + b_{7}v^{3} + b_{8}u^{2}v$$

$$+ b_{9}uv^{2} + b_{10}u^{4} + b_{11}v^{4} + b_{12}uv^{3} + b_{13}u^{3}v + b_{14}u^{2}v^{2}$$

$$(5.20)$$

已知标定靶两两光点间距是5mm,其位置精度是0.5 μ m,因此可将841个点的像面坐标代入上式方程,采用上述四次曲面拟合的方法可以得到从像面坐标系到物面坐标系的转换方程(5.20)中的30个参数,这些参数中已经包含了镜头几何畸变、像面与成像光学系统不垂直等误差的影响。利用这30个参量将标定靶上841个光点的像面坐标(u,v)代入上式,可以求解这841个点在物面的拟合坐标 (x^*_v,y^*_v) ,这样就可以得到曲面拟合解 (x^*_v,y^*_v) 和点实际坐标 (x^*_v,y^*_v) 之间的残差 $(\Delta x_w = x_w - x^*_v, \Delta y_w = y_w - y^*_v)$ 。此时,位置残差为 $(\Delta r = \sqrt{\Delta x^2_w + \Delta y^2_w}$ 。这个残差包括(1)镜头的成像畸变、(2)像面与镜头不垂直度产生的误差、(3)光点间距的加工误差为0.5 μ m(4)图像拼接误差等这主要的四项。通过曲面拟合法对三种图像拼接方法的合成图像进行分析,可得出改进后的方法图像拼接精度得到了很大的提高。其结果如表5.2 所示。

名称	残差均值(um)	方差(um²)	标准差(um)
一点一线法拼 接图像	45.55465037413715	9.486524850189968e+002	30.80020267821296
F-M法无修正 拼接图像	26.5649062923595-1	4.259887765762919e+002	20.63949555043176
改进后F-M法 拼接图像	19.16324347695267	1.864306767868368e+002	13.65396194468246

表5.2 三种方法的误差对比

几何畸变和噪声对拼接图像的影响如表5.3所示,从表中的数据可以看出, 在图像拼接前对待拼接图像进行几何畸变校正和噪声抑制等前期处理步骤,对提 高拼接图像的精度具有良好的效果。

名称	无畸变校正和噪声抑制的拼接图像	有畸变校正和噪声抑制的拼接图像
残差均值 (um)	21.43562482632263	19.16324347695267
方差 (um²)	2.061041699666333e+002	1.864306767868368e+002
标准差(um)	14.35632856849666	13.65396194468246

表5.3 畸变和噪声对拼接图像的影响

5.3.2.2 误差源分析

在整个图像拼接过程中,有许多的环节都会直接或间接地影响最终的图像拼接误差,因此分析各个环节的误差来源,对优化整个算法的拼接精度具有十分重要的意义。在整个图像拼接的过程中,主要从以下几个方面对其误差进行分析:

- 1) ①标定靶加工误差,②镜头的畸变误差,③光重心法检测光点的误差。 这三个误差可以采用四次曲面拟合法来对待拼接图像进行标定,通过利用5.20式 对拍摄的图像图5.2和图5.3进行标定,得出它们的残差均值约为2.4392um。
- 2) 一点一线法角度检测误差。在本论文的第3章第2节,对一点一线法的角度检测做了大量的仿真分析,从表3.4和表3.5中可以看出,对小角度的检测精度较高,误差较小。
- 3) F-M位移检测误差。从表3.3的实验数据分析可得:当同一幅图像移动的平移量是像素的整数倍时,相位相关法能够精确检测到其平移量,其相关值峰值为"1",其匹配度相当高,少有检测失效的事件,是一种精确的配准方法。因此,该算法对位移检测的精度能够达到一个像素值,它对整个拼接实验的影响较小。
- 4) 图像拼接合成误差。从上节对拼接合成图利用四次曲面拟合法,对其误差进行标定,从表5.2可以看出没修正前该拼接合成残差约为26.56微米,修正后残差约为19.16微米,可看出修正后图像的拼接精度大大提高。,从表5.3中的数据可以看出,在图像拼接前对待拼接图像进行几何畸变校正和噪声抑制等前期处理步骤,对提高拼接图像的精度具有良好的效果。

结论:图像拼接合成误差包括1)标定靶加工误差,镜头的畸变误差,光重心法检测光点的误差;2)一点一线角度检测误差;3)F-M位移检测误差。第一项的误差通过标定得出其残差约为2.4392um,可通过图像重构来消除。第二项的角度检测误差,由于标定靶光点的加工精度高,其角度检测误差小,对整个拼接实验来说可忽略不计。第三项的F-M位移检测误差,通过分析发现,该误差小于

一个像素值,对整个拼接实验的影响较小。因此,图像的拼接精度就等于图像拼接合成误差扣除前三项的误差值,可得出该误差值约为十几微米,纵观整个拼接实验都是以精加工的标定靶为实验模型,其拼接精度较高。如果采用普通的图像做拼接实验,若图像特征的提取不准确,就有可能导致拼接精度的降低。因此正确地选取特征,对基于特征的图像拼接精度起着至关重要的作用。

5.4 本章小结

通过前面的实验和误差分析可得,采用Fourier-Mellin法与一点一线法结合的思想,克服了相位相关法检测小角度和小尺寸变化的配准图像不敏感的缺点,减小了图像的拼接误差,提高了拼接精度。它是综合了两种图像拼接方法各自的长处,弥补其短处,使整个图像拼接实验的精度得到了提高。从表5.2中的残差均值和方差可看出:预先对被拼接的图像选择合适的算法进行几何校正和噪声抑制,对拼接精度有很大的提高。另外,相位相关法由于简单,速度快而被经常采用。对于其核心技术傅立叶变换,现在己经出现了很多有关的快速算法,这使得其算法的快速性成为众多算法中的一大优势,另外,它可以通过算法来克服器件本身结构对分辨率的限制,使参数的测量值达到较高精度。

第6章 论文总结与展望

6.1 论文工作总结

本文是基于国家自然科学基金面上项目(青年基金2007.11-2010.12)大尺度多目标坐标测量中关键技术研究中的图像拼接技术方面的研究。在大尺度多目标坐标检测的项目中,需用面阵CCD来检测大尺度物体的二维或三维坐标。目前,普通的CCD的视场小,能检测物体的尺寸也较小。如扩大CCD的视场,则分辨率降低,难以达到坐标检测的要求。因此普通的CCD在保证高分辨率的情况下,难以完全覆盖被检测的大尺度物体。只能得到物体的局部图像,而得到物体的全景图像设备(全景相机、广角镜头等)一般比较昂贵,难以普遍采用。本课题的开展是在立足于现有CCD性能的基础上,来扩大CCD的坐标检测范围。因此为了解决CCD视场小难以检测大尺度物体的问题,本文提出利用多CCD或单CCD多次拍摄的图像,然后利用图像间的冗余信息把拍摄的图像拼接融合起来,从而提高CCD的检测范围。

本文首先介绍了论文的研究背景,图像拼接技术的现状和不足,然后介绍了图像拼接技术的概念、基本流程、分类、特点及应用领域,从而展示了图像拼接技术广阔的应用前景,然后对图像测量系统进行了简单介绍。重点研究了图像拼接技术中的图像配准及图像融合等关键技术,同时分析和总结了现有的图像拼接方法的特点、性能以及存在的问题。详细研究了图像拼接技术的经典算法之一基于Fourier-Mellin算法的图像拼接技术,主要对其算法原理进行了合理的论证,并结合大量的仿真实验对算法参数(旋转角度、平移量、尺寸缩放等)求解进行了详细的分析,总结出该拼接算法对小角度的旋转和缩放图像检测不准确的不足。结合图片的实际拍摄情况,本论文提出了利用一点一线算法来改进傅里叶梅林算法,改进后的算法不仅在算法精度上而且在算法速度上都得到了较大的改进。针对影响图像拼接精度的畸变和噪声,也做了进一步的改进措施。

在整个图像拼接的过程中,除了对算法进行改进之外,也对图像融合进行了 深入地分析,通过对拼接合成图的误差分析,发现该算法拼接精度高,并能够解 决大尺度多目标坐标测量的关键技术研究中的图像拼接问题,因此具有较好的实 用价值。

6.2 论文的主要创新点

1. 在图像拼接前,增加图像的几何校正、噪声抑制等前期处理步骤,提高

拼接图像的精度。

- 2. 详细分析了基于傅里叶梅林的相位相关法和一点一线法的图像拼接技术的优缺点,并对图像拼接的配准参数做了大量的仿真实验,针对其不足提出将两种方法进行融合的一种新的图像拼接技术。该方法就是利用Fourier-Mellin法位移检测精度高的优点和一点一线法对小角度检测误差小的长处,进行优势互补的一种技术。
- 3. 改进了图像拼接方法,提高图像拼接的准确度,消除伪匹配,提出利用 四次曲面拟合法来评估拼接合成图像的拼接精度,为图像拼接技术的误差分析提 供了很好的参考。

6.3 论文展望

针对基于图像拼接技术的现状、存在的难点和应用前景,展望未来图像拼接 技术应该在建立新的理论框架,提高算法的自动化程度、鲁棒性和运算速度等方 面进行进一步的发展。

本论文提出的两种图像拼接方法还只是经典方法的改进或者是对它们应用 范围的扩充,不同程度上具有一定的局限性。对于图像拼接这样的具有挑战性的 技术来说,还存在许多的问题和困难。通过作者对图像拼接技术方面的资料的整 理和理论的研究和体会,总结出目前图像拼接问题所面临的问题大致有以下几方 面:

1. 图像自动拼接的实现问题

自动拼接技术是实时或准实时融合系统工作的前提条件。自动拼接是指不需要人工干预,计算机可根据既定的程序自动完成多个图像序列的拼接。但在目前的研究中,很多方法还需要一些人工的干预,无法实现全自动的拼接。

2. 快速配准算法的实现

除了需要自动图像拼接技术,在建立实时或准实时图像融合系统时,还必须拥有快速的图像拼接算法作为保障。但基于频域的图像拼接方法中遍历的搜索和基于特征的图像拼接方法中特征的匹配都是比较耗时的运算。如当待拼接的图像尺寸变大时,图像数据量增大,特征点数量随之增多,特征匹配的计算量更是呈几何级数增长,在这种情况下要实现高精度的配准,必然占用较长的运算时间。而传统的利用人工选取控制点的方式更是难以满足快速和实时的要求。因此如何提高配准处理速度,达到快速和实时的要求也是图像拼接的一大难题。

3. 较大几何位置差别条件下的拼接技术的实现

在待拼接图像之间有较大的尺寸比例差别、较大的旋转角及较大的平移时, 甚至还伴随着各自图像的畸变,或存在较严重的几何校正残余误差等情况下的配 准,是图像拼接技术存在的最大的困难,许多在上述差别较小时适用的算法,在 遇到这种情况时,常常会无法实施。因此智能型的通用的图像配准方法是图像拼接技术追求的最高目标。

4.彩色图像的拼接技术研究:

彩色图像的拼接是一个很有挑战性的研究课题,受到硬件、软件以及各种条件的限制,现有的算法大多针对灰度图像进行处理,对于彩色图像的研究相对很少,一般都把彩色图像转化成灰度图像进行匹配和融合,彩色图像的拼接技术是一个应用性很强的领域,对这一技术的研究具有很好的实用价值。

·5. 亚像素级精度的图像拼接技术问题

图像拼接作为图像融合、运动检测、立体视觉等应用的前提步骤,其精度将直接影响后续操作的效果。在很多图像融合技术中,对图像的拼接误差通常都要求亚像素级,甚至深亚像素级,否则会使小目标或细线目标等多源识别失效,融合图像边缘模糊。但在实际的研究中,由于受到图像噪声的影响,获得高精度的图像拼接目前还存在很大的难度。

参考文献

- [1] B Srinivasa Reddy, B N Chatterji. An FFT- based Technique for Translation, Rotation and Scale- invariant Image Registration [J]. IEEE Transactions on Image Processing. 1996, 8(5): 1266~1271
- [2] Castro ED, Morandi C. Registration of translated and rotated images Using finite Fourier transforms[Π. 1ΕΕΕΡΑΜ1. 1987, 9(15): 700~703
- [3] Xianwei Zhang, Weimin Li, Xiaofeng Li, Bin Li. Image mosaics technology of the 2D coordinates measurement, Proc. of SPIE Vol. 7021 70211T-1
- [4] David Casasent and Demetri Psaltis. Position,rotation,and scale invariant optical correlation[J]. APPLIED OPTICS, 1976, vol. 15 (7): 1795-1799
- [5] Q.-S. Chen,M. Defrise, F. Deconinck.. Symmetric phase-only matched filtering of Fourier-Mellin transforms for image registration and recognition[J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, vol. 16 (12):1156-1168.
- [6] Harold S. Stone, Bo Tao, and Morgan McGuirre. Analysis of image registration noise due to rotationally dependent aliasing[J]. Journal of Communication and Image Representation, 2003, vol. 14:114-135.
- [7] Li Weimin, Xing Xiaozheng, Li Jin, et. The Measurement System for Fiber Positioning Unit of LAMOST[C]. Proceedings of SPIE, Vol.5492:584-591.
- [8] 李晓明,赵训坡,郑链,胡占义. Fourier-Mellin变换的图像配准方法及应用拓展[J].计算机学报, 2006, 29 (3):466-470.
- [9] 高振燕,钟约先等. 投影栅相位检测法中的多幅图像拼接处理技术. 清华大学学报, 1998, 38(2)
- [10] 张显伟,李晓峰,李为民. 一种改进的Fourier-Mellin变换的图像拼接技术 现代制造工程 2009年第4期 ·
- [11] 邓红梅、吴四夫、基于相位相关算法的研究与实现[J]. 信息技术、2005、4:19-20.
- [12] 李中科,吴乐南. 基于霍夫变换和相位相关的图像配准方法[J]. 信号处理,2004,20 (3):166-169.
- [13] 谭 康, 图像拼接技术研究与实现, [硕士学位论文].南京理工大学.2006
- [14] 李晓娟,图像拼接技术研究,[硕士学位论文].西安电子科技大学.2006
- [15] 件建宁,图像拼接技术研究,[硕士学位论文].西安电子科技大学.2006
- [16] 胡 旺,图像融合中的关键技术研究,[博士学位论文].四川大学,2006
- [17] 朱远平. 虚拟现实中全景图像拼接.[硕士学位论文].中南大学.2003

- [18] 刘同明.夏祖勋等.数据融合技术及其应用.北京:国防工业出版社,1998.1-276
- [19] 何友,王国宏,陆大金等.多传感器信息融合及应用.第一版.北京:电子工业出版 社,2001.1-336
- [20] 刘贵喜.多传感器图像融合方法研究.[博士学位论文].2001
- [21] 徐正光,田清,张利欣,图像拼接方法探讨[J],图像处理,2006,10(3):255-256.
- [22] 蔡丽欢.廖英豪.郭东辉.图像拼接方法及其关键技术研究. 计算机技术与发展,2008 03
- [23] 冷晓艳, 薛模根等. 基于区域特征与灰度交叉相关的序列图像拼接. 红外与激光工程, 2005, 8, 34(5)
- [24] 牛小兵,温莉,赵美蓉,等.基于特征的二维图像拼接测量法的关键技术研究[J].计量学报,2002,23(2):147-150
- [25] 王康泰,戴文战,一种基于Sobel算子和灰色关联度的图像边缘检测方法。计算机应用。 2006, 05-1035-02
- [26] 安化萍,丁劲生,高满屯,基于Sobel 垂直算子检测的车牌定位算法。计算机工程与设计。 2005, 08-2030-03
- [27] 刘玉然,张雨东,饶学军,侯明亮,一种用于图像拼接的角点匹配算法,光电工程。2008.01-0100-05
- [28] 张显全,唐振军,卢江涛,基于线匹配的图像拼接,计算机科学,2005.vol.32.No1
- [29] 李静, 李为民, 陈晓东等. 重心法在光电信号处理中的应用[J]. 光学技术, 1999, (2): 58—59
- [30] 李为民, 俞巧云等. 采用分离式差分标定靶的单摄像机标定方法. 光学学报, 2006, 26 ... (5)
- [31] 李为民, 俞巧云, 胡红专, 王骞, 邓伟平,光点定位中的曲面拟合迭代算法,光学技术,2004,0120033203
- [32] 蔡文贵,李永远,许振华.CCD技术与应用[M].北京: 电子工业出版社,1992.
- [33] 刘 瑛,张宝峰,面阵CCD 在视觉测量中的应用,天津理工大学学报,2005, 0620052203
- [34] 陈晓东,李为民,李静,邢晓正,利用重心法求光斑信号位置的误差分析,光学技术,2000, 0120005204
- [35] 黄蓍.赖声礼.调制不稳定性对光纤信噪比的影响, 量子电子学报, 2002, 03—0258—04
- [36] 陈宝林.最优化理论与算法[M]. 北京:清华大学出版社,1989.
- [37] 林洪桦,现代测量误差分析及数据处理(一)--(八),计量技术,1997,No.1.
- [38] 张艳群,孟凡荣。MATLAB 在图像边缘检测中的应用。计算机应用研究。2004,06-0144-03
- [39] 唐 蹦,谷士文,蔡自兴,图像拼接误差的理论分析,小型微型计算机系统,2003,12—2185—05

- [40] 刘中合,王玉亮,李邦明,杨峰,刘贤喜,数字图像处理及特征测量技术研究,山东农业大学学报,2007,38 (1): 121~124
- [41] 唐 蹦,谷士文,蔡自兴,图像拼接误差的理论分析,小型微型计算机系统,2003,12—2185—05
- [42] 高国保, 柴海峰, 郝大收, 李学东, 杭力, 刘召军, 吴春亚, 孟志国, 熊绍珍,拼接 投影的边缘融合处理问题, 2007, .03-0049-05
- [43] 王长缨, 周明全,一种多CCD 图像拼接的快速算法,光电技术应用,2006,02-0206-04
- [44] 唐富川, 一种基于图像融合的图像放大处理方法, 微计算机信息, 2008, 03-3-0312-03
- [45] 葛西旺,一种精确的图像拼接方法,安徽建筑工业学院学报,2007,012069204
- [46] 李小娟,赵巍. 一种基于多尺度边缘的图像融合算法。北京航空航天大学学报,2007,vol33,No.2

致 谢

三年时间转瞬即逝,三年前刚进校门的兴奋还激荡心头,马上就又要离开美丽的中科大了。读研一直是我的梦想,而投师在李为民老师的门下更是我的幸运。中科大有宁静优美的校园,有勤奋好学的同学,有诚朴严谨的学习氛围,有丰富便捷的图书资料,更有我永远感激不尽的老师和同学,尤其是有对我谆谆教诲的李老师!

随着论文的完成,毕业的时间也一天天临近了。此刻,面对自己三年来的劳动成果,我思绪万千,心情久久不能平静。这篇论文不仅仅是我自己的毕业论文,其中也包含了老师和同学们三年以来对我的无私帮助。我首先要衷心感谢的是我的导师李为民副教授和李晓峰工程师,两位老师在百忙之中始终没有松懈对我的学习的关注。无论是在日常的学习生活阶段,还是在论文的选题、资料查询、开题研究以及论文撰写的每一个环节,他都给予了我耐心细致的指导和帮助,正是在他悉心的指导下,我的论文才得以顺利完成。

我还要感谢的是精密机械与精密仪器系的郑津津、黄文浩、沈连婠、王翔等各位老师。他们严谨的治学精神、渊博的学识让我受益匪浅;他们平易近人的态度、乐于帮助学生的作风时刻感染着我,成为了我学习的楷模。

感谢三年来与我朝夕相处的实验室的师兄弟们,从他们的身上我学习到了很多珍贵的东西,感谢他们营造了一个健康友爱和谐的学术和生活氛围,感谢他们在学习和生活上给予我的无私关心和帮助。孟昊、李小平、鹿建森、李宾、金兢等等,他们是我学术上的好战友,生活上的好哥们,我将怀念我们一起度过的欢乐时光。

·谢谢您们,我的老师和同学!

同时,在研究中,我还参考了许多学者和专家关于图像拼接方面已有的研究成果。就此,谨向这些学者和专家表示我由衷的谢意!

最后还要感谢我的家人在我三年的学习期间对我的关心和支持,正是他们的 默默支持与奉献让我免除了后顾之忧,全心投入到学习和研究中,顺利完成了学 业。

2009年5月

攻读硕士学位期间的发表论文

- [1] Xianwei Zhang, Weimin Li, Xiaofeng Li, Bin Li. Image mosaics technology of the 2D coordinates measurement, Proc. of SPIE Vol. 7021 70211T-1
- [2] 张显伟,李晓峰,李为民.一种改进的 Fourier-Mellin 变换的图像拼接技术. 现代制 造工程,2009 年第 4 期

图像拼接技术初步研究



作者: 张显伟

学位授予单位: 中国科学技术大学

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1497889.aspx