



中国航天

中国空间技术研究院

硕士学位论文立题报告

论文题目：基于特征点检测的图像配准算法研究

培养单位：中国空间技术研究院西安分院

专 业：信息与通信工程

研究方向：航天器数据传输与处理

导 师：周 詮

研 究 生：张晨光

完成时间：2017 年 12 月 16 日

1. 研究的目的是和意义

图像是视觉信息的主要载体,在所有信息表达形式中图像的直观性最强,随着新型传感器的飞速发展,人们获取图像的能力也迅速提高,伴随时代的发展,人类对于图像信息的感知需求和图像的质量要求更加苛刻,一种图像数据或者单一的传感器所获得的图像信息往往无法满足实际需求,这就催生了图像拼接、图像融合等技术。而图像配准又是其中极为关键的图像预处理技术。

图像配准就是将不同时间、不同传感器(成像设备)或不同条件下(天候、照度、摄像位置和角度等)对同一场景获取的两幅或多幅图像进行匹配、叠加的过程。一般来说我们可以认为是将一张图匹配至另一张图的过程,其中一个叫参考图像(reference image),一个是感知图像(sense image)。概括地说,图像配准是对取自不同时间、不同传感器或者不同视角的同一场景的两幅或多幅图像进行最佳匹配的过程,包括像素灰度匹配和空间位置对齐。图像配准一般狭义地特指对空间位置的配准,具体地说,对于一组图像数据集中的两幅图像,通过寻找一种空间变换把一幅图像映射到另一幅图像,使得两图中对应于空间同一位置的点一一对应起来,从而达到信息融合的目的。

图像配准是许多应用问题必须的预处理步骤,比如:时序图像的变化检测或多模图像融合,这些问题遍及军事、遥感、医学、计算机视觉等多个领域:

在遥感领域,遥感影像具有丰富的信息,但由于搭载成像传感器的卫星与地面目标的相对运动,以及不同时间或自然条件的影响,使得同一目标区域图像在不同遥感影像上呈现相互联系但又不尽相同的特点,亟需配准技术对其进行校正。通过配准,使得多幅图像可以进行拼接、对比等,为地理数据获取、应急资料采集、气象预报等提供相比于单一图像更丰富的信息。

在军事领域,通过多波段图像融合、拼接,为决策者提供更多的战场水文、地貌、地形、天气等重要的战略信息,成为影响战局的重要因素。同时,图像配准技术在目标跟踪、识别等方面也有着重要的应用,如采用多模制导的导弹导引头,由于弹体震动等原因使得不同传感器系统得到的目标图像的空间不一致,使得利用多传感器获取目标特征的优势难以体现。因此在进行图像融合之前需进行异源图像配准,以保证探查目标准确。

在医学领域,由于单一的图像不能较为全面地提供有病变组织或器官的大小、形状、空间关系等详细信息,单纯依靠单幅图像做出判断的风险较大。因此,需要将不同成像原理和成像条件的异源图像(如 MRI,CT,PET,SPECT 等)融合,得到比单一图像信息更丰富的融合图像,利用更为全面的信息更好地指导诊断。

可以看到,图像配准技术是图像预处理的关键技术,也是图像处理研究领域中的一个典型问题和技术难点,在多领域内起着重要的作用。配准性能的好坏,直接关系到图像融合、目标跟踪、人脸识别、图像拼接等处理的结果。因此,研究设计和优化配准的相关算法具有重要的意义。

2. 研究现状及发展趋势

图像配准最早在美国七十年代从事的飞行器辅助导航系统、武器投射系统的末制导以及寻地等应用研究中提出。八十年代后,在很多不同领域都有大量配准技术的研究,如遥感领域,模式识别,自动导航,医学诊断,计算机视觉等。从图像配准的提出到目前为止的几十年时间里,随着计算机科学技术的飞速发展和普及,国内外对图像配准技术的研究有了比较系统的发展,形成了一些成熟的算法。

2.1 国内外研究现状

图像配准一般可分为 3 种: 1.不同分辨率,相同传感器的两幅图像之间的匹配,比如景象匹配末制导时,必须对实时图进行景象匹配。2.图像部分内容相同,相同传感器的两幅或多幅图像之间的配准,比如图像的无缝镶嵌,由多幅单个图像匹配,镶嵌成全景图像。3. 不同传感器的两幅图像之间的配准,比如可见光图像与雷达图像(SAR)、红外图像,医学图像 CT、PET、MRI 等的匹配。其中,不同分辨率、不同传感器图像之间的配准都是难点问题。

图像配准算法的研究得到了国内外很多学者的关注,出现了大量的方法。对图像配准方法进行分类是非常困难的。一种配准技术常常是几种方法的综合运用,很难确切地把它明确划归那一类。根据不同标准,会得到不同的分类结果。按照相似性测度可以分为基于相关系数、差方和、互信息等方法;按图像变换模型可以分为刚性和非刚性配准按照映射函数类型可以分为仿射、透视等;按照数据维

度可以分为 2 维和 3 维；按照特征空间可以分为基于特征、基于灰度的方法；按照应用领域可以分为遥感图像配准、医学图像配准等；按照成像方式可以分为同模态图像配准和多模态图像配准；按照变换域可以分为空间域配准方法和频域配准方法等。一般情况下把图像配准算法分为基于区域灰度的特征检测和基于特征(点、线、斑状区域)的特征检测。本课题也采用这一种分类方法。

基于灰度信息的配准方法是利用图像本身所具有的灰度统计信息作为相似性测度,并根据标准的灰度级确定图像配准的方位与重叠性区域。具体方法是首先对待配准图像做几何变换,然后根据灰度信息的统计特性定义一个目标函数,作为参考图像与变换图像之间的相似性度量,使得配准参数在目标函数的极值处取得,并以此作为配准的判决准则和配准参数最优化的目标函数,从而将配准问题转化为多元函数的极值问题。最后通过一定的最优化方法求得正确的几何变换参数。在两幅图像灰度信息相似的情况下,常用的匹配方法有互相关匹配方法、投影匹配方法、基于傅立叶变换的相位相关匹配方法和互信息匹配方法。其中,互信息因为其不用预处理,鲁棒性强,在 Collignon 和 Viola 在 1995 年提出将互信息用于图像配准中之后,互信息在遥感和医疗图像中得到了广泛应用。国防科大的马政德提出并实现了一种基于互信息的刚性图像配准并行算法,提高了算法的实时性。基于灰度信息的图像配准一般不需要对图像进行图像分割与特征提取等复杂的预处理,优点是可以充分利用图像自身的灰度信息,但是计算量大,对噪声较为敏感,同时难以旋转,图像的仿射变换也无法被处理。最大互信息算法是图像匹配的有力工具,但其仍然存在缺点,如插值引起的局部极值,容易导致误配准,空间信息利用不足等缺点,一些学者也提出了相应的改进方法。

基于特征的图像配准方法主要通过图像的特征匹配关系建立图像之间的映射关系,已经成为图像配准的热点研究课题。在基于图像特征的配准技术中,目前运用比较成熟的图像特征包括点特征、直线段、边缘、轮廓、闭合区域和统计矩等。特征提取算法可分为点特征提取算子(如 Harris 算子和 Susan 算子)、线特征提取算子(如 LoG 算子、Canny 算子)和面特征算子。随着边缘检测和图像分割等技术的快速发展,基于轮廓、边缘和区域的配准方法正在逐渐成为研究的热点;在基于特征点检测的图像配准算法中,英国学者 David Lowe 于 2004 年总结完善,提出 SIFT 特征匹配算法(scale invariant feature transform)。该算法通过

提取稳定的特征,即不会因为视角的改变、光照的变化、噪音的干扰而消失,比如角点、边缘点、暗区域的亮点以及亮区域的暗点,通过求局部极值,得到了稳定点,通过建立图像金字塔,解决了尺度缩放的问题,通过统计特征点邻域特征生成特征描述子,并确定主方向解决了旋转的问题,从而可以对发生平移、旋转、仿射变换、视角变换、光变化情况的图像进行匹配,因此得到了广泛运用。然而,算法仍存在一些问题,如阈值过多且难以确定和计算复杂、耗时长等。2006年, Bay 提出 SURF(speeded-up mbust features)。通过引入积分图像和模板近似,在特征描述阶段采用一阶 Haar 小波响应等改进, SURF 算法在光照变化和视角变化不变性方面的性能接近 SIFT 算法,旋转和图像模糊不变性、鲁棒性优于 SIFT 算法,计算速度快 3 倍左右。

下面依据科研分布情况对当前图像配准技术的研究现状进行阐述。通过对研究成果(比如:硕、博士论文)相对集中的科研机构或技术人员进行分析,可以很好地把握该领域的研究广度和深度。

1)UMCU(University Medical Center Utrecht, Neth2erlands) 图像科学所。以 Max A. Viergever 教授为代表,研究兴趣包括计算机视觉和医学成像的所有方面。文献综述了该所上世纪最后 10 年的研究情况,重点在图像配准、图像分割和可视化。

2)VU(Vanderbilt University, USA) 电子工程与计算机科学系。以 J. Michael Fitzpatrick 教授为代表,研究兴趣在医学成像,医学图像处理,图像配准、图像制导手术。

3)SU(Syracuse University, USA) 电子工程与计算机科学系。以 Pramod K. Varshney 教授为代表,研究兴趣在隐藏武器探测。文献[7]综述了其课题小组近 10 年的研究情况。

4)KCL(King' s College London)医学成像科学组。以 Derek L. G. Hill 教授为代表,研究兴趣在图像配准、多模图像制导手术、MRI 运动纠正、形状分析等,著有《医学图像配准》。

5)WSU(Wright State University, USA) 计算机科学工程系。以 Ardeshir Goshtasby 教授为代表,近 20 年来,一直致力于图像配准技术研究。他是图像融合系统研究的发起者,并创立了以研究和发展图像配准及融合技术为目的的公司。

6)美国 NASA 空间飞行中心。以 JacquelineLeMoigne 教授为代表,为图像配准在遥感领域应用作了大量工作,涉及多种技术在该领域的应用,诸如小波多分辨率策略以及互相关、互信息、Hausdorff 距离等相似度测量。

近几年国内学者针对图像配准的研究重心逐步转移到多模图像配准,提出了很多理论与方案。但是这些方法多基于像素级别的,而随着各个领域对图像质量要求的提高,如卫星遥感、医学领域需要更精确的配准,需要将配准精度控制在一个像素以内,即达到亚像素级。众多的学者对亚像素级配准的方法进行了研究与实验,提出了相关插值法、梯度法、小波变换法。相关插值法,这类方法的精度取决于插值算法的质量;梯度方法,其前提条件是图像灰度保持不变,微分算子对光照较为敏感;相位相关法利用 FFT 的方法提高配准的速度;小波变换法,使得求解配准参数的运算量较小,有效地提高效率。

下面针对基于特征点检测的图像配准技术,从各个重要环节分别介绍相关的研究情况:

(1) 特征点检测相关研究: 特征点的检测是基于特征点图像配准技术的第一步,特征点检测的好坏直接关系到后续的处理。这些点是一些特殊的点,不会因为视角的改变、光照的变化、噪音的干扰而消失,比如角点、边缘点、暗区域的亮点以及亮区域的暗点。这样如果两幅图像中有相同的景物,那么这些稳定点就会在两幅图像的相同景物上同时出现,这样就能实现匹配。一个好的特征点(即局部特征)应该具备以下特性:较高的重复度,重复度越高,说明两幅图像的重叠区域中,同时都能被检测到的特征点数量越多;一定的独特性,这样才能保证特征点容易被区分和正确检测;局部性,这样可以允许图像在不同的视觉条件下存在少量的几何失真;特征点的数量应该足够的多,这样即使对于小的目标也能检测到适量的特征点;检测到的特征点应该在位置、尺度等方面具有很高的准确性;特征检测的效率应该足够高,这样才能适用于一些实时的应用中。1998 Lindberg 介绍自动尺度选择的概念,允许检测图像中的兴趣点在它们的特征尺度上。他实验了 Hessian 矩阵的行列式和 Laplacian(和矩阵的迹一致)检测团状结构。1998 Lowe 提出用差分高斯 DoG 近似高斯拉普拉斯 LoG。2001 Mikolajczyk 和 Schmid 重新定义了这个方法,名为 Harris-Laplace 和 Hessian-Laplace。使用 Harris 或 Hessian 矩阵的行列式来选择特征点的位置,使用 Laplacian 选择尺度。使用

HESSIAN 矩阵的近似检测兴趣点。使用积分图像加快计算。2001 Viola and Jones 提出积分图像的概念。此外 Mikolajczyk (2005, 2006) 还做了一些算子的比较工作。从中可知：基于 Hessian 检测器比基于 Harris 检测器更稳定，重复检测性更好。此外，使用 Hessian 矩阵的行列式比使用它的迹更有优势。同时也发现使用类似于 DOG 的近似方法可以提高速度但只损失很小的精度。

(2) 描述符的相关研究：图像特征点的描述符表达了兴趣点邻域内小尺度的特征分布，使得描述符的描述性更好，识别性更高。一个好的描述符应该具备以下特性：重复度，对于一个目标的同一部分的局部特征，其描述符应该尽可能的一致；紧密性，一个紧密的描述符不会包含冗余的信息。SIFT 的特点正是掌握了空间域亮度模式的大量信息(基于直方图方法：8 个方向的箱格，4*4 像素)。描述了特征点邻域内点的梯度方向信息，共 128 维。PCA-SIFT：36 维，匹配速度更快，但区分度下降，并且延长了特征的计算时间。GLOH：区分度更高但是数据压缩花销时间太长。2006 Grabner 使用积分图像近似 SIFT。但是相比 SIFT 质量有所下降。(为 SURF 提供了重要信息积分图像)。

(3) 匹配策略的相关研究：特征点的匹配是基于特征点的图像配准中的关键一步，目的是要在参考图像和待配准图像中根据特征点的描述符找到对应的点，从而找到对应点之间的变换关系，这样才能最终找到两幅图像之间的变换关系。为了减少配准的时间，提高配准的效率，选择相应的搜索策略是非常必要的。传统的搜索方法是穷尽搜索法，将待搜索区域中所有可能的地方都遍历一遍，找到最佳的匹配位置。这样的好处是不会遗漏并且能发现搜索区域中最好的匹配点，操作简单，不需要对数据做任何预处理，但是没有利用到数据之间的联系，所以搜索效率相对较低。另外一种，就是构建数据索引，因为实际数据一般都会呈现簇状的聚类形态，因此我们想到建立数据索引，然后再进行快速匹配。索引树是一种树结构索引方法，其基本思想是对搜索空间进行层次划分。K 近邻算法，即是给定一个训练数据集，对新的输入实例，在训练数据集中找到与该实例最邻近的 K 个实例(也就是上面所说的 K 个邻居)，这 K 个实例的多数属于某个类，就把该输入实例分类到这个类中。Kd 树是对 K 近邻算法的改进，而 BBF 算法是对 Kd 算法的改进，确保优先检索包含最近邻点可能性较高的空间。此外还有一系列 M 树、VP 树、MVP 树等高维空间索引树。对特征点进行初始匹配后，所

选定的特征点并不能保证全部是正确的点，也可能有误点，因此，还需要进一步对所选定的角点进行精确匹配。RANSAC(Random Sample And Consensus) 随机抽样一致性算法是由 Fischler 和 Bolles 提出的一种鲁棒性的参数估计方法，其基本思想是在进行参数估计时，不是不加区分地对待所有可用的输入数据，而是首先针对具体问题设计出一个目标函数，然后迭代地估计该函数的参数值，利用这些初始参数值把所有的数据分为所谓的“内点”(Inliers，即满足估计参数的点)和“外点”(Outliers，即不满足估计参数的点)，最后反过来用所有的“内点”重新计算和估计函数的参数。

2.2 图像配准发展趋势

图像配准技术经过多年研究，不论国内外，发展的都非常迅速，已经取得了许多研究成果。最近大多数的图像配准研究都集中在基于图像特征的配准方法上。相对于基于图像灰度的方法，基于图像特征的配准方法更适合于存在复杂空间变换图像之间的配准。基于图像特征的配准方法可以利用的图像特征很多。在众多的图像特征中，图像特征点由于定位精确，并且匹配后的特征点坐标可以直接用来计算图像之间的空间变换关系等优点而被广泛研究和应用。基于图像特征点的配准方法具有很多优点，具体表现在以下四个方面：

- (1) 图像的特征点比图像的像素点要少很多，从而大大减少了匹配的计算量；
- (2) 特征点的相似度量值对位置变化比较敏感，可以大大提高配准的精度；
- (3) 特征点的提取过程可以减少噪声的影响，对灰度变化、图像形变以及遮挡等都有较好的适应能力；
- (4) 匹配后的特征点坐标可以直接用来估计图像之间的空间变换关系。

因此，基于特征点的图像配准方法是实现高精度、快速有效和适用性广的配准算法比较好的选择。目前基于图像特征点的配准方法是图像配准技术的主流方向和发展趋势。同时，图像配准的高精度、图像配准算法的强鲁棒性、图像配准算法的配准速度以及图像配准的自动化一直以来都是图像配准领域所不断追求的目标。

3. 主要研究内容、途径及技术路线

3.1 主要研究内容

图像配准算法大体分为三类，分别为基于灰度信息法、基于变换域法，和基于特征法。根据选取的特征信息的不同，又有基于特征点的匹配，基于特征区域，基于特征边缘的匹配。基于特征的配准算法的计算量相对较小、鲁棒性相对较强，对图像偏移和旋转等变化的适应能力较强，已逐渐成为图像配准领域的主流方向。在所有特征中，特征点因其计算量小、鲁棒性强和适应性广的优势被广泛使用。所以，根据目前资料的掌握情况，本课题的主要研究内容为基于特征点检测的图像配准算法的研究。

具体来讲，研究内容分为以下四部分：

(1)对已有优秀特征点检测算法进行的研究。其中 SIFT 算法具有里程碑式的意义。但对模糊的图像和边缘平滑的图像，检测出的特征点过少，对圆更是无能为力。SURF 算法在 SIFT 基础上进行了改进，具有快速性的优势，准确性略有下降。KAZE 算法采用非线性尺度空间，可以保留更多的细节信息。研究内容的第一部分就是学习这些优秀算法的思想，并进行仿真，在不同的变换、不同的实验图像下评估算法的性能，找到值得借鉴的地方和可以优化的地方。

(2)基于特征点的检测，提出新的图像配准算法的研究。期望新的算法可以提高配准的精度，并有较好的快速性和鲁棒性。算法的具体研究内容可参考 Brown 和 Maintz 的分类方法,分为 4 个方面,包括:配准对象、特征提取、特征点的匹配、坐标变换与插值。配准对象方面，图像配准的对象分为多源图像配准、基于模板的图像配准、多角度图像配准、时间序列图像配准。本课题的研究对象为多角度图像配准和时间序列图像配准上。将多角度图像配准转换为图像经尺度变换、旋转、平移变换后的图像配准问题；将时间序列图像配准问题转换为图像模糊变换和光照变换之后的图像配准问题。特征点的检测的难点在于提取稳定、精确、重复率高的特征点，检测方法应该有很强的抗干扰特性和鲁棒性,要能保证检测出的特征点在图像发生几何变化和灰度变化时有较高的重复性。特征点的匹配的过程就是根据特征点的描述子和相似性测度搜索最相似的特征点的过程。在这个过程中，可以使用搜索策略提高匹配速度，使用 RANSAC 等算法剔除误匹配对，

选取恰当的特征点描述子和相似性测度可以提高算法的性能。坐标变换与插值，由于图像变换后的坐标点不一定是整数，而计算机中存储的图像均为其灰度值的整数形式因此，因此就需要根据周围邻近点的灰度值进行重采样(插值处理操作)。这一步有助于提高配准后的图像与参考图像的相似度。

(3)对所提算法在不同条件下的性能的研究。配准时间、配准率、算法复杂度、算法的可移植性、算法的适用性、图像数据对算法的影响等都是算法的一些评价标准。算法的表现与选取的图像、运行的平台有关，必须是在相同条件下的对比才有意义。本课题用使用 Mikolajczyk 数据集和 Morel_Yu 数据集中的图像作为实验对象，在尺度变换、旋转、平移变换、模糊变换和光照变换下，从运行时长、匹配准确率，匹配的精度三个方面验证图像配准算法的优劣。运行时长衡量算法的速度、正确匹配对与全部匹配对之比衡量匹配准确率，用两幅图像所有匹配点(变换后坐标与参考图像对应点)坐标的均方根误差衡量匹配的精度。其中，因为考虑到当下 GPU 等硬件性能的提升和后期实用性的考虑，精度是本课题优先和重点关注的性能参数。

(4)对图像配准算法在图像压缩领域的应用研究。除了对图像配准算法的研究，本课题还包含了对图像配准算法应用的研究。因为图像配准其实只是一个预处理，所以可以广泛运用于各种图像处理，比如说图像压缩和图像信息隐藏。西安分院的周詮研究员的就有一项基于图像配准的图像压缩专利：当图像传输的收发端在本地都有数目可观的图片库，传送的图像和本地图片库中的图像在局部区域重复度很高，甚至只是本地图像的旋转、缩放等简单的仿射变换，那么就可以只传输较少的包含变换参数的信息，接收端依靠这些信息就足以从本地图片库恢复出原本要发送的图像，从而达到提高压缩比的效果。具体做法是：在传送之前先在本地图片库中找到最相近的图像作为参考图像，进行图像配准，然后可以进行取异或等操作，目的是记录待传输图像与本地图像的差异信息，记录选取的是哪个图像作的参考图像，当待传输图像与本地图像只是投影变换的时候，差异信息可以小到只是几个参数。这样，因为发送接收双方的图片库是相同的，所以可以从本地进行配准的逆变换，得到原本的待发送图像，从而大大地提高传输的压缩比。在结合实际应用过程可以用新的性能指标如峰值信噪比和结构相似性 SSIM 评价接收前后的图像相似度，更好地对所提算法进行验证，并促使对算法

进行进一步地改进。

3.2 主要途径及技术路线

针对主要的研究内容，从以下几方面进行学习和研究：

(1)对优秀算法进行分析与研究。对国内外针对图像配准的各种算法，尤其是基于特征点的算法进行研读，了解研究现状，掌握好基本概念和算法流程。在这一阶段可以将文献的阅读和源码的阅读结合起来，一些作者在文章中提出了比较先进的算法，却没有给出实现的方式和具体细节。通过阅读源码，如 OpenCV2.3 实现 SIFT 算法所改用的 Rob Hess 的源码，更加深刻地理解算法的思想，也有利于后期的算法验证。

(2)掌握相关软件与编程语言。计算机视觉顾名思义需要计算机进行图像的处理，Matlab 作为一门仿真工具，虽然编程简单，仿真效率却低下，相比之下 C++ 作为一种高级语言既可以实现仿真也可以做出具有实用性的产品，在 OpenCV 库的支持下的编程变得更加容易，可以近乎像 Matlab 一样利用简单的函数完成一些对图像的操作。比如 Mat 类的构造，使开发者不必人为地管理内存。此外，利用初步掌握的 Qt 可以设计自定义的图形用户界面，实现一些简单的人机交互，方便用户对图像的处理。好的工具可以事半功倍，不管是软件还是语言都在不停地更新，必须时刻关注，了解最新的特性。

(3)算法的提出和优化。这一过程是在对已有的各种优秀算法的仿真和研究之上的。通过仿真，切实了解每种算法的性能，充分吸收优秀算法的思想后，在基于特征点的检测上，在特征点描述子和搜索策略等方面改进，提出适合本课题的具有高精度、鲁棒性、可重复性的算法，在仿真过程中借助可量化的评价指标不断进行迭代优化。

(4)应用层面的实测试验。当图像配准的精度达到一定水平后，可以运用在如图像压缩中，压缩后的信息可通过网口或者串口传输，通过实测试验研究内容所提思路的可行性，得出对图像配准精度的要求和存在配准误差时恢复图像的效果情况。在实测中，结合应用实测情况对算法进行进一步改进。

4. 研究工作的主要阶段、计划进度和技术指标

4.1 主要阶段及计划进度

(1) 2017 年 9 月至 2017 年 12 月

进行选题和资料收集工作，学习图像配准等图像处理基础知识。搞清楚自己要做的是做什么，国内外对此已经做了哪些研究，自己有可能在哪些方面做出改进。对已经掌握的资料进行系统化地整理，进一步清晰课题内容和技术路线，明确算法的选取、性能指标。完成文献综述和开题报告，进行开题。

(2) 2018 年 1 月至 2018 年 3 月

对基于特征点的图像配准算法如 SIFT、SURF、KAZE 等算法的仿真、研究，探究不同算法在不同图像源，不同图像变换下的性能表现，针对现有算法的不足，尤其是配准精度，即参考图像和配准后的图像的相似度方面进行改进，初步提出自己的图像配准算法，并在此期间完成第一篇小论文的撰写和投稿。

(3) 2018 年 4 月至 2018 年 6 月

对所提出的算法进行仿真和实现，使用 Mikolajczyk 数据集和 Morel_Yu 数据集中的图像作为实验对象，在尺度变换、旋转、平移变换、模糊变换和光照变换下，从运行时长、匹配准确率，匹配的精度三个方面验证图像配准算法的优劣，不断做出改进，进行第一篇小论文的修改和第二篇的构思。

(4) 2018 年 7 月至 2018 年 9 月

将所提算法在其他图像处理领域进行验证。借助周詮研究员的基于图像配准的图像压缩专利进行系统的实现，在实测过程观察峰值信噪比等指标中进一步验证图像配准算法的精度，并进行算法的迭代。在此期间对前期工作中出现的问题进行总结，完成中期报告和第二篇小论文的撰写和投稿。

(5) 2018 年 10 月至 2018 年 12 月

根据专家提供的建议，对研究工作进行调整，进行完善自己的算法，重新评估算法和在应用中实测。并且在这个过程中总结经验，梳理知识，完成第三篇小论文的撰写和投稿。

(6) 2018 年 1 月至 2019 年 3 月

完善理论分析指导，总结研究生阶段工作，撰写毕业论文，进行毕业答辩。

4.2 技术指标

对图像配准算法，主要使用运行时间、匹配正确率、均方根误差 RMSE 进行客观评价。

(1) 采用运行时间对匹配速度进行评价。运行时间对分辨率、尺寸、特征点数目不同的图像，运行时间会有差异，而且与运行平台和环境也有关。资料中的实验大多采用 Matlab+win7, SIFT 运行时间在 400s~2200s 之间，SURF 具有快速性的特点，时间在 10s~70s 之间，当采用 Visual Studio+OpenCV 时，SURF 可以缩短到 2s 左右。本课题在处理器为 Intel (R) Core(TM)2 Quad CPU Q8400，主频为 2.66GHz，操作系统为 Windows7 的计算机上，使用集成开发环境 Visual Studio 2013，添加 OpenCV 2.4.13 外部依赖库实现，所提算法耗时在 1.5s 左右，在保证精度的条件下耗时越短越好。

(2) 采用匹配正确率 CMR (correct matching rate) 作为特征点匹配过程中的性能客观评价指标。CMR 越大，匹配性能越好。下式中 N_c 为最终正确的匹配点对数目， N_e 是错误的匹配点数目。

$$CMR = N_c / (N_c + N_e)$$

算法在不同的变换下的正确率也有区别。变换可大致分为旋转和尺度变换，视角变换，模糊变换，光照变换。随着变换尺度的增大，各种算法都呈整体下降的趋势。以 SURF 算法来说，对尺度和旋转，SURF 从 94%波动到 70%；对光照变换，SURF 从 85%波动到 62%；对视角变换，从 75%到几乎失效；对模糊变换，从 87%到 70%。本课题会在多种变换、多种幅度下计算所提算法的正确率，并绘制出性能曲线，希望正确率稳定性越高越好，并维持在一个较高的水平上，

(3) 采用均方根误差 RMSE(root mean square error)对配准的效果进行评价，即配准后的图像与参考图像的相似度进行评价。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \left\| (x'_i, y'_i) - f(x_i, y_i) \right\|^2}$$

其中 (x', y') 为参考图像上特征点坐标， (x, y) 为待配准图像上特征点坐标， f

表示变换关系， n 为最终的匹配特征点数目。RMSE 的单位是像元数（像素），RMSE 越小，表示精度越高。传统的 SURF 的精度最好在 0.8~0.9 之间，SIFT 在 0.5~0.6 之间。因为计划将图像配准应用于图像压缩，所以要求这一性能指标要尽可能好，甚至不惜牺牲其他性能指标，初步计划算法精度达到 0.45 左右，根据后期的仿真和实测进行修正。在应用实测中，可以加入峰值信噪比 PSNR 作为发送和接收到的两幅图像之间相似性的指标，PSNR 越高，表示两幅图像越相似，当峰值信噪比达到 40dB 左右时，可以认为两幅图像几乎一样。

5. 现有条件及拟采取的措施

本课题的完成主要是针对图像配准算法、软件上面的仿真与改进，然后在性能良好的前提下扩展它的应用面，创新性地应用于图像压缩方面，在特定场景中可以很好地提升压缩比，节省带宽资源。

在前期的调研与近期的学习中，掌握了一些优秀的、具有里程碑意义的算法的核心思想，了解对实际问题如何进行建模，如何进行数学性的思考；了解了目前一些算法的不足以及可能有突破的地方。在实际操作中，已经成功安装了相应的 OpenCV、Qt、Visual Studio 等软件与环境，并进行了一些实验，初步实现了一些基本的功能，大致掌握了做工程的思路，积累了一些有限的工程经验。

当然，目前还是存在许多不足之处。编程技巧方面，对数据结构、计算机原理等还不够熟悉，基础性的东西还是要不断加强；工程项目方面，工程经验还是需要进一步积累，对软件需要进一步熟悉；理论知识方面，数学功底略显不足，对一些基本概念不能停留在浅显的认识上，要做到深刻理解，善于把实际问题转换为数学求解问题，并进行优化。关于优化，又可能会涉及到一些机器学习算法的问题，那对我来说是一个挑战，但是相信凭借海量的学习资料，自己踏实肯干的干劲可以取得一点进展。最后，即便已经完成了文献综述的答辩，还是要不断查阅资料，了解国内外最先动态，善于总结、借鉴，学会站在巨人的肩膀上看待问题。

在之后研究的过程中肯定还会遇到一些各种各样的困难，小到程序异常中断，大到研究方向的把握，但同时也是这些困难让人进步。我相信在导师、师

兄和同学们的共同帮助下能够顺利完成课题研究，完成论文撰写工作，并为以后的学习工作打下良好的基础。

6. 导师意见:

导师签字:

年 月 日