

深圳大学学生创新发展基金基础实验项目

结 题 报 告

项 目 编 号： 2017071

项 目 名 称： 《基于严重雾霾天气下的无人机航拍图像序列的特征提取与拼接技术的深入研究》

项 目 负 责 人： 徐荣钦

项目负责人电话： 13927594696

指 导 教 师： 钟圣华

所 在 单 位： 深圳大学计算机与软件学院

立 项 时 间： 2016 年 10 月

填 表 日 期： 2017 年 9 月 15 日

深圳大学实验与设备部

2017 年制

填 表 说 明

1. 《结题报告》所列内容必须实事求是，逐项认真填写，要求打印，如果内容较多可酌情加页。表达要明确严谨。对于填写不合要求、内容含糊不清者，不予受理。

2. 《结题报告》一律用 A4 纸打印，并左侧装订，本“填表说明”可不必装订。

3. 成果类型为“实验报告”的项目，还需提供实验报告及研究报告；成果类型为“论文”的项目，还需提供实验报告及论文（已获公开发表的论文需提供发表论文的复印件）；成果类型为“自制设备”的项目，还需提供测试报告、研究报告、自制设备照片及演示录像；成果类型为“实物类作品”的项目，还需提供研究报告、实物作品电子照片及演示录像；成果类型为“软件类作品”的项目，还需提供软件设计说明书或研究报告、软件截图或网络访问路径。

4. 项目负责人请将上述材料的电子版与纸质打印版（一份）递交至相关教学实验中心，过期不予受理。

项目名称	《基于严重雾霾天气下的无人机航拍图像序列的特征提取与拼接技术的深入研究》							
项目负责人	姓名	徐荣钦	性别	男	民族	汉	出生日期	1995. 03. 28
	所在单位		计算机与软件学院			学号	2014150027	
	通讯地址		深圳大学南区冬筑宿舍 310 房间			E-mail	1251931015@qq. com	
	手机号码		13927594696			固定电话	无	
项目组成员	姓名	学号	所在学院		专业及班级	项目分工	本人签名	
	徐荣钦	2014150027	计算机与软件学院		2014 年级 计算机科学与技术 2 班	项目负责人，负责实验项目全程工作		
开展项目所用实验室	计算机软件学院未来媒体技术与计算研究所 406 实验室							
本项目使用主要仪器设备及耗材情况	本项目所用到的实验设备与耗材主要包括移动硬盘、计算机键盘、鼠标、计算机内存条、相关书籍等项目实验所必须的器材与设备。							

项目实验工作人时数	<p>项目实验工作人时数指项目组成员进入实验室开展项目实验工作的总人时数</p> <p>项目实验工作人时数=人数×实验小时数，实验小时数应与各实验室工作记录本中记录相符</p> <p>项目实验工作人时数为 <u>600 (40 周*15 小时/周)</u> (小时)</p>
项目成果类型	<p> <input type="checkbox"/>实验报告 <input checked="" type="checkbox"/>论文 <input type="checkbox"/>自制设备 <input type="checkbox"/>实物类作品 <input type="checkbox"/>软件类作品 <input type="checkbox"/>其它() </p> <p>(注：请在相应成果复选框内打“√”，其它请具体说明)</p>
项目完成周期	<p>项目起止时间： <u>2016 年 10 月 15 日至 2017 年 10 月 15 日</u></p> <p>完成情况：1.提前 2.按时 3.延期 <u>1</u></p>

- 填报提纲：
- 1、完成的主要研究内容，取得的主要成果（请依据“项目成果类型”提交相关的证明材料），达到的目标、水平及创新之处。
 - 2、对照研究工作计划，是否完成预定的研究工作，若超过预定目标，请予以说明，未达到预定目标，请分析原因。
 - 3、参与实验研究的体会感受，对该方面研究工作的进一步设想。
 - 4、存在的问题、建议及其他需要说明的情况。

一、研究内容与取得的成果

我们的项目在规定时间内，按照原定的实验计划提前完成，并且得出了理想的实验成果与研究成果，下面将以项目的计划安排为线索，逐步介绍我们实验项目的主要成果。项目的整体计划分为雾霾天气下无人机航拍图像的采集、无人机航拍有雾图像的去雾预处理、去雾前后航拍图像的特征提取、去雾前后航拍图像的预拼接、去雾前后航拍图像的融合修正五个阶段来完成。此外，项目的详细研究方法 with 理论、效果都在此实验报告的正文以及项目材料的英文论文中。这里把项目研究的主要的内容都精简总结并且展示出来。

1、雾霾天气下无人机航拍图像的采集

我们利用未来媒体研究所提供的“大疆 Phantom 3”型号无人机，顺利地对城市建筑、江河湖泊、绿化区域等不同实际场景（特别是雾霾天气十分严重的场景）收集了大量的分辨率的无人机航拍序列图像，组成实验所需的数据库 UAV dataset。同时，为了验证实验结果的合理性与普适性，我们借助第三方平台“Google Earth”提供的全球范围内航拍图像与卫星图像数据库，收集了国内外不同城市（雾霾天气严重的城市）的航拍图像，组成了数据库 GE dataset，作为实验数据库的一部分。

2、无人机航拍有雾图像的去雾预处理

(1)、首先，对于数据库 UAV 中的无人机航拍图像，根据无人机的飞行航路、飞行俯仰角、航向角以及机载图像探测器方位角等飞行参数，获得精确的投影模型，实现每幅图都处于相同的坐标平面上。与此同时，我们估算出相邻图像重叠的区域，减少了后期拼接过程中寻找特征点所要扫描的范围，减少后期的拼接过程中需要处理的数据量，有利于实现图片的无缝拼接。

(2)、针对两个数据库中的有雾航拍序列图像，我们首先使用了香港中文大学 He Kaiming 博士提出的基于暗原色先验的单一图像去雾霾算法，调整图像的色彩空间，对航拍图像进行去雾霾操作。

(3)、基于(2)步中对图像进行去雾操作后，我们可以发现，去雾图像的能提取到的 SIFT 特征点数目比有雾图像提取到的特征点数目要多，进一步来看，图像之间匹配的特征点对数目也会在一定数量上增长。而 Kaiming He 提出的去雾算法中，一个至关重要的参数 patch size（以像素点为中心的正方形邻域的边长大小）被固定地设置为 15。但是，经过我们的研究与实验探索，我们发现，在不同的 patch size 下，单幅去雾图像能够提取到的特征点数目也会有很大的差异。因此，我们需要通过一个有效的算法来训练出最佳的 patch size。具体来说，对于包含天空区域以及非天空区域的航拍图像来说，天空区域子图像的最佳 patch size 与非天空区域子图像的最佳 patch size 也是不同的（分割出天空区域子图像与天空区域子图像可以用核割 Kernel Graph Cut 算法）。基于以上分析与目的，我们利用离散型一维随机漫步算法 discrete one-dimensional Random Walk 算法，在数据库 UAV 中训练出航拍图像中天空区域、非天空区域部分的最佳 patch size（patch size 是基于暗原色先验的图像去雾算法中的关键参数，将会直接影响到图像去雾的效果），最后利用最佳 patch size 对数据库 GE 中的图像的天空区域子图像、非天空区域子图像进行去雾操作，再进行接下来的图像特征提取、图像特征匹配、图像拼接等任务。我们把以上基于暗原色先验去雾算法的改进算法成为自适应去雾算法。实现结果表明，经过自适应的去雾算法处理后，去雾后图像之间的 SIFT 特征点数目以及图像之间匹配的特征点数目获得了明显的增长，使重合区域过少的有雾航拍图像之间的成功拼接成为可能。

项目总结	<p>3、去雾前后航拍图像的特征提取</p> <p>经过上述第 2 步中对严重雾霾天气下采集的航拍图像去雾操作后，我们利用一种有效的图像局部特征描述算法（如美国哥伦比亚大学 David Lowe 博士提出的具有旋转不变性特点的 SIFT 算法）对数据库 UAV 与数据库 GE 中的去雾前后航拍图像进行特征提取，并且统计去雾前后每幅图像提取到的特征点数量以及每两幅图像特征匹配点对数量，并且比较这两个指标的差异性，对去雾后在航拍图像特征提取方面的优化效果进行深入的分析与研究。这里我们在 OpenCv+Visual Studio 2015 平台下，利用 C 语言编程实现检测图像 SIFT 特征点。接着，对有雾图像以及去雾图像的特征点数目进行统计并且对比，评估传统的去雾算法（基于暗原色先验的去雾算法）、我们提出的自适应去雾算法对图像信息的还原效果。结果发现，经过去雾处理后，去雾图像比原图像能提取到更多的特征点以及特征匹配点对。另一方面，我们所提出的自适应去雾方法比原始去雾方法的图像信息还原效果优。这充分说明了我们所提出的自适应去雾方法的有效性。这个过程，提高了我们的编程能力与算法分析、实现能力，为后续的无人机图像拼接的具体实现奠定良好的技术基础。</p> <p>4、去雾前后航拍图像的预拼接</p> <p>为了迎合无人机航拍图像变化性大的特点，避免处理航拍图像时难免会失真或者拼接不连贯的缺点，我们利用上一过程中校正的图像，使用待拼接图像重叠区域的特征识别和相关的算法运算，判断该目标区域的相似度，从而可以得到待拼接图像重叠区域的范围和位置，实现图片的预拼接。首先，我们使用了美国哥伦比亚大学 David Lowe 博士提出的 SIFT（Scale Invariant Feature Transform, 尺度不变特征转换）算法，提取图像的局部特征描述子。而 SIFT 算法对图像的几何平移、旋转、尺度变换的适应性都十分强，适合用于无人机所采集的图像拼接的需求。在此基础上，计算图像之间 SIFT 局部特征描述子的欧式距离以得出两两图像之间匹配的 SIFT 特征点向量，并且利用 RANSAC（Random Sample Consensus, 随机采样一致性）算法剔除误匹配 SIFT 特征点向量。最后，利用 LM 加权融合算法对每两幅图像进行融合。在这种理论基础上，我们对数据库 UAV 与数据库 GE 中采集到的多张航拍序列图像进行融合，最后在较短的时间内得出一幅在同一场景下由多张单一的航拍图像拼接而成的清晰、细腻、平滑的高清全景图像。接着，我们将会对去雾前后的图像拼接效果与图像拼接成功率进行比较，结果表明，通过对图像序列进行去雾操作后，原本拼接失败的图像序列，可以成功地拼接成完整的一幅全景图像（请参考实验报告），这充分地说明了，对于严重雾霾天气下的航拍图像，通过去雾操作后，充分地还原了图像信息（能提取到更多的图像特征点），这将会对后续的图像序列拼接成全景图像有直接的积极作用。至此，我们顺利地完成了无人机航拍图像的预拼接阶段的实验工作。</p> <p>5、去雾前后航拍图像的融合修正</p> <p>由于无人机飞行高度变化所引起图像尺度比例变化，我们对畸变的图像进行边缘的融合和具体修正（特别是对于拼接中的过程图像的边缘处理），使拼出来的图像逼真、细腻、清晰、连贯。而由于针对不同的用到无人机航拍图像拼接成图科学考察中，图片信息量非常大，而且飞行器本身的状态参数数据也十分巨大，因此，我们建立了一个数据库管理系统，把处理前和处理后的数据储存在数据库里面，有利于后期的利用和查询。实现无人机航拍图像的无缝拼接，为后期其他科研领域应用提供数据和技术支持。</p>
------	--

二、项目的创新之处与突出成就

在无人机航拍图像预处理与预拼接阶段，我们得出重大发现，并提出一种图像去雾技术与拼接技术的新型无人机航拍图像拼接技术。在实验过程中，对有雾图像进行去雾处理后，我们使用了美国哥伦比亚大学 David Lowe 博士提出的 SIFT(Scale Invariant Feature Transform, 尺度不变特征转换)算法，分别提取去雾前后图像的局部特征描述子，并且计算图像之间 SIFT 局部特征描述子的欧式距离以得出两幅图像之间匹配的 SIFT 特征点对数目。最后，对去雾前后每幅图像检测到的 SIFT 特征点数目以及两幅图像之间的 SIFT 特征匹配点对数目等方面进行了统计和分析。实验结果表明，在大多数情况下，通过该图像去雾技术对无人机航拍序列图像进行预处理之后，单幅图像能提取到更多的 SIFT 特征点，图像之间初始匹配的 SIFT 特征点对数量以及经过 RANSAC(Random Sample Consensus, 随机采样一致性)算法剔除误匹配点对后的 SIFT 特征点对数量也都有明显的增长。此外，通过大量的实验发现，每两幅图像之间的 SIFT 点对数目要满足大于 5 的条件才不会使拼接图出现扭曲、变形、拉伸等情况。因此，我们提出的处理方法将会在航拍图像重叠区域过少的情况下，提高无人机航拍有雾图像自动拼接的成功率，对无人机航拍图像的拼接起到促进作用。基于以上研究发现，为了提取到更多的图像特征点，我们项目组对基于暗原色先验的图像去雾算法进行了改进，提出一种全新的去雾算法——自适应的图像去雾算法。实验结果表明，在雾霾图像的信息还原指标上，我们的所提出的自适应去雾算法比基于暗原色先验的图像去雾算法要优。

由于在户外环境下无人机采集航拍图像的工作不可以重复进行，再加上采集过程的诸多不稳定性因素，这对普通存在的户外有雾场景的全景图像拼接具有现实意义与应用价值的。同时，该实验探索与优化方法也是我们实验项目的创新之处（国内外目前没有还有没这方面的研究与发现）。基于在此阶段得到重大的研究发现以及对基于暗原色先验去雾算法的改进，我们项目组与指导老师已经成功发表一篇多媒体领域的学术论文——《Adaptive Dehaze Method for Aerial Image Processing》(accepted full paper, 已经在今年 9 月 4 日被通知接受)，目前论文发表到了国际高水平学术会议 PSIVT(EI 检索)中去，项目组负责人徐荣钦为第一作者，导师钟圣华为第二作者、通讯作者。

三、体会与感受以及存在的问题总结

1、感受与思考

我们项目组，从对计算机图像处理与图像拼接领域一无所知，到一步步地去学习实验探索过程所需的图像处理算法、机器学习算法与前沿技术，如 SIFT 算法、基于暗原色先验的图像去雾算法、核图割(Kernel Graph Cut)算法、Random Walk 算法等，付出了非常的多的时间与精力。虽然经历了十分多的困难与挫折，遇到了各种技术上瓶颈，但我们都一一克服，并且在项目实验过程中有创新性的研究与发现，成功地发表了一篇学术论文到国际学术会议 PSIVT(EI 检索)中，今年 9 月 4 日刚通知被接收，项目负责人徐荣钦为第一作者，导师钟圣华为第二作者、通讯作者。我们能够把理论融于实践，培养我们对计算机领域前沿技术的研究分析能力与刻苦坚持搞研究的精神，也是我们这一年来学到的精髓！

2、瑕疵与不足

我们对何凯明博士提出的“基于暗原色先验的单一图像去雾技术”进行了算法改进(即前面提到的自适应图像去雾算法)，使得有雾图像的信息还原效果更优。但是，无论是对某些对比度过低还是天空占比过大的图像，我们的提出的算法表现得不尽人意，甚至会出现去雾后的图像比原图像的特征信息减少的现象。因此，我们下一阶段会学习机器学习领域中的相关算法，对我们提出的自适应去雾算法再做一个改进或完善，让去雾技术更好地应用到严重雾霾天气下无人机航拍图像的全景图像拼接中。

项目负责人签名：

年 月 日

经费决算表	项目	金额（元）	备注
	一、经费收入	1500	无
	二、经费支出		
	1、实验耗材费	1495	无
	2、指导老师实验津贴费	0	无
	3、其他	0	无
	合计	1495	无
	三、经费结余 (经费收入=经费支出+经费结余)	5	无
指导老师评语	<div> <div>签名：</div> <div>年 月 日</div> </div>		
教学实验中心评审意见	结题评审结果	通过（ ） 延期（ ） 其它____（ ）	
	结题评审未通过的原因		
	结题评审通过项目总评成绩	优秀（ ） 合格（ ）	
	教学实验中心评审意见： <div> <div>评审专家签名：</div> <div>中心主任签名： 年 月 日</div> </div>		
实验与设备部审核意见	<div> <div>签章：</div> <div>年 月 日</div> </div>		