

# 武汉大学大学生创新创业训练计 划项目科研总结

## 基于单目视觉的匹配定位

院（系）名 称：测绘学院

专 业 名 称 ： 导航工程

学 生 姓 名 ： 李 涛 江 洋

葛雯斐 张旻剑

贺玉麟

指 导 教 师 ： 黄劲松 副教授

二〇一七年三月

## 摘要

本次项目由五位成员和一位指导老师组成，指导老师为黄劲松，副教授，主攻方向为导航卫星定位理论与方法、室内定位技术。成员分别为李涛、江洋、贺玉麟、葛雯斐、张旻剑，五位成员均来自测绘学院 14 级导航班。

在大数据时代中，位置信息是反映物体属性的一个重要信息。目前许多行业在与信息技术结合的时候，都尤其关注物体的位置信息，因此也就离不开准确的定位手段。基于匹配的单目视觉定位是视觉技术用于定位的一个分支，基本原理是通过摄像机获取周围景物的图像，利用特征点匹配以及建立周围环境的数学模型来确定摄像机自身的位置。该方法在定位领域有重要的使用价值，因此我们小组以此作为研究课题。

本次科研实践初步实现室内外单目视觉定位的目的，让无人机和智能车成为现代人辅助定位的工具，探索通过无人机或者智能车等摄像头平台实现室内外无缝衔接定位的可能性，进一步开发多种多样的定位手段。

### 一 项目选题的背景

视觉定位是近年来发展起来的定位方法。该方法在实时数字摄影测量、机器人运动导航、飞行器主动视觉定位等领域具有重要的使用价值。而单目视觉是视觉技术的一个分支。导航工程班开设了一门数字图像处理的选修课，这门课激发了我们对于图像的无限兴趣，另外视觉在近几年的发展更是进一步加深了我们对这个项目的自主兴趣。所以我们组团申报了这个项目。而数字图像处理这门课上完我们小组里没人掌握了 OpenCV 的应用，以及测绘学院还开设了摄影测量学和数字摄影测量学，这让我们具备了读懂单目视觉项目中与摄影测量相关的算法。而像我们运用的一系列匹配算法也都是在测绘学院开设的课程模式识别中就有。可以说虽然这是一个陌生的课题，但是拆分课题后我们发现之前的知识储备是足够让我们去解决这个问题的。同时组员的编程能力使得这些算法得以实现，并最终可以让实验来检验我们对算法的理解是否正确。

在大数据时代中，位置信息是反映物体属性的一个重要信息。目前许多行业在与信息技术结合的时候，都尤其关注物体的位置信息，因此也就离不开准确的定位手段。基于匹配的单目视觉定位是视觉技术用于定位的一个分支，基本原理是通过摄像机获取周围景物的图像，利用特征点匹配以及建立周围环境的数学模型来确定摄像机自身的位置。该方法在定位领域有重要的使用价值，因此我们小组以此作为研究课题。

## 二 项目成员介绍

### 指导老师——黄劲松老师

1991 年于武汉测绘科技大学获工程测量专业学士学位,1994 年于武汉测绘科技大学获大地测量学专业工学硕士学位。多年从事高精度 GPS 定位研究,主要参加的项目有“深圳高精度高分辨率似大地水准面 GPS A、B 级网的建立”(技术负责)、“高坝洲大坝 GPS 外观变形监测系统技术服务”(项目负责人)、“小湾电站 2# 山梁堆积体边坡 GPS 实时监测的数据处理”(项目负责人)等。主持自行开发出了一套 GPS 高精度变形监测数据处理软件,并应用于多项工程项目。目前正在从事精密卫星导航定位以及基于伪卫星的精密定位研究。主攻方向:导航卫星定位理论与方法、室内定位技术。

### 成员——江洋

熟练掌握各主流语言及平台的各类程序设计,包括 android 移动开发, windows 开发,网络编程,网站网页设计。本项目的总负责人,负责项目各种难题的攻关,并在自己学得后教授组员。

### 成员——贺玉麟

擅长编程,喜欢探索。熟悉 C、C++、C#、java 等编程语言,熟悉安卓开发、wpf 界面开发。本项目的编程负责人。并指导葛雯斐进行图片的处理。

### 成员——葛雯斐

热爱创新。C 语音基础扎实,初步熟悉 C++, Java 等编程语言。绘画水平团队里最佳,对色彩敏感,会使用 Photoshop 等图片处理工具。是本项目图像处理的负责人。

### 成员——李涛

学习刻苦,成绩优秀,数学功底扎实,对理论的理解很深刻,具有扎实的专业知识。熟悉 c 语言, C++, java 等多种编程语言,具有较强的编程能力。在本项目中负责算法的学习,并搜集各种网上的资料。

### 成员——张旻剑

动手能力强,不仅动手编程能力强,熟悉 C、C++、JAVA 等编程语言,而且动手干工科的各种实验的能力很强,喜欢探索前沿问题,富有创新思维与行动能力。本项目中所有代码

的整理者和所有会议记录的整理者，并帮助总负责人完成最终成果的整理。

### 三 项目的创新点和特色

本次科研实践初步实现室内外单目视觉定位的目的，让无人机和智能车成为现代人辅助定位的工具，探索通过无人机或者智能车等摄像头平台实现室内外无缝衔接定位的可能性，进一步开发多种多样的定位手段。

在整个这个阶段的科研过程中，我们一切从充实自己做起，在进行每一部分工作之前，都认真查阅大量资料，阅读文献书籍，选择适合我们的算法和研究方法。由于专业课程中对图像处理知识以及摄像机传感器知识的学习甚少，我们专门学习了摄像机标定的相关知识以及图像处理的主要算法，在深入了解之后实现我们自己的软件开发。同时，单目视觉定位技术作为比较热门的研究方向，其定位精度由于模型和算法的不同也不尽相同，我们在自主创新的基础上，提出新的解算空间位置的算法模型，并且经过理论推导具有较高的定位精度。在建立模型之后进行测试过程中我们遇到了很多问题，不断修正模型等一步步尝试让我们能够一定程度上克服困难，慢慢使得成果丰满起来。

整个一年的科研经历是十分宝贵的，我们收获很多，尝试很多，虽然我们的实验成果很微小，但是我们不停地在努力，有了这次的科研实践，在以后的科研或学习过程中，我们会有更多地经验，少走一些不必要的弯路，当然更重要的是教会我们要不断坚持，坚持正确的方向，慢慢修正总会有所收获。

我们团队在分析国内外单目视觉定位技术现状的基础上，主要研究了图像特征提取与匹配、摄像机标定、深度估计、目标物空间定位、坐标系投影转换等单目视觉系统几个关键问题，在前期的研究中我们利用智能车作为数据采集平台，测试了单目视觉匹配定位在室内定位中的应用，在技术成熟之后我们进一步利用无人机作为实验平台，测试单目视觉定位技术在室外环境中定位的可行性和稳定性。

### 四 项目实施的进展情况和初步取得的创新成果

为了实现更加智能化、自动化、机械化的自主单目视觉定位系统，小组把摄像机平台选为智能小车的车载摄像机，和无人机的摄像头，从而实现从采集环境图像建库、处理环境图像建立全景模型、拍摄单张环境图像、处理摄像机坐标等的全自动化目标。当然实验存在很多不足之处，实验结果的定位精度还有待提高，很多模型也比较简陋不够严密，程序算法中也会存在一定的 bug 而我们尚未发现，同时，现在的实验结果比较有局限性，进一步可以用移动终端如手机等的摄像头取代智能车和无人机的平台，这样才能将技术应用于更广阔的市场。

（一）研究学习单目视觉定位技术，并对其发展方向进行分析，了解其在工厂作业、手机定位、机械自动化等方面广阔的应用前景和研究需求，设计出我们的基于匹配的单目视

觉定位系统的整体构架；

（二）深入学习图像处理技术，研究 OpenCV 的应用，并对图像匹配和摄像机标定等算法方面进行深入研究学习，开发并测试基于最小二乘线性化的标定算法，提高了定位的精度；

（三）研究坐标系投影技术，并选择圆柱投影作为本实验室内环境模型建库的投影基础，并且进一步进行实验验证，设计室内外环境的全景建库模型，实现了较高精度的环境全景建库；

（四）研究摄像机成像原理和几何学知识，建立基于像素空间模型的匹配定位理论，理论推导并实践其可行性；

（五）设计实验进行验证，先实验测试环境建库的能力，再以环境图像库为基础，通过多次实验，采集实时单目图像数据并通过自行设计的匹配模型进行匹配定位，从而实现对兴趣点定位的目的；

（六）分析定位结果，改正模型及改变实验条件，多次实验以提高定位的可靠性与可用性。

（七）大量进行编程实践，先后进行了智能小车的嵌入式开发、智能小车的远程端图像信息实时采集实验测试程序开发、DJI 无人机移动控制端软件程序开发，锻炼了小组的编程能力。

（八）分析总结整个课题实验成果。

本次科研实践初步实现室内外单目视觉定位的目的，让无人机和智能车成为现代人辅助定位的工具，探索通过无人机或者智能车等摄像头平台实现室内外无缝衔接定位的可能性，进一步开发多种多样的定位手段。

在整个这个阶段的科研过程中，我们一切从充实自己做起，在进行每一部分工作之前，都认真查阅大量资料，阅读文献书籍，选择适合我们的算法和研究方法。由于专业课程中对图像处理知识以及摄像机传感器知识的学习甚少，我们专门学习了摄像机标定的相关知识以及图像处理的主要算法，在深入了解之后实现我们自己的软件开发。同时，单目视觉定位技术作为比较热门的研究方向，其定位精度由于模型和算法的不同也不尽相同，我们在自主创新的基础上，提出新的解算空间位置的算法模型，并且经过理论推导具有较高的定位精度。在建立模型之后进行测试过程中我们遇到了很多问题，不断修正模型等一步步尝试让我们能够一定程度上克服困难，慢慢使得成果丰满起来。

整个一年的科研经历是十分宝贵的，我们收获很多，尝试很多，虽然我们的实验成果很微小，但是我们不停地在努力，有了这次的科研实践，在以后的科研或学习过程中，我们会有更多地经验，少走一些不必要的弯路，当然更重要的是教会我们要不断坚持，坚持正确的方向，慢慢修正总会有所收获。

我们团队在分析国内外单目视觉定位技术现状的基础上，主要研究了图像特征提取与匹配、摄像机标定、深度估计、目标物空间定位、坐标系投影转换等单目视觉系统几个关键问题，在前期的研究中我们利用智能车作为数据采集平台，测试了单目视觉匹配定位在室内定位中的应用，在技术成熟之后我们进一步利用无人机作为实验平台，测试单目视觉定位技术在室外环境中定位的可行性和稳定性。

## 五 项目实施过程中的收获和体会

项目的具体实践是将所学理论知识进行实际应用的最好途径。我们的团队历经整整一年，从无到有，从弱到强，慢慢累积了对于科研创新的宝贵的经验与教训。下面我们将从不同角度阐述这一年来我们对项目实施的收获与体会。

最直观的成绩与收获莫过于从此次科研创新项目得到的科研成果。我们通过理论论证了通过单目视觉进行定位的合理性和可行性，并且在具体的实践中将这种理论的证明搬到了现实中，进一步证实了单目视觉定位的正确性。作为项目的参与者，我们每个人都受益于此次项目，并且可以将科研成果运用于未来的学习、工作与生活中。

同时，科研项目作为一种实践活动，无形中负担着转化理论知识为实践技能的任务。这也让我们每一个人在项目的实施过程中受到实际挑战的洗礼，在实践中进行理论的再学习、再吸收，因为它能教会我们很多书本上永远也阐释不出来的东西。通过此次项目实践，我们不仅熟悉了原有的知识，还在此基础上对其本质更加理解。具体来说，本次实践活动牵扯到多方面的知识及技能如图像识别、特征点提取、拼接等图像处理方面的算法，以及软硬件平台搭建等具体统筹。在大家的共同努力下，我们都或多或少提高了这些领域的知识和技能。

除此之外，作为一个多人共同实施的项目，成员间的协同合作必不可少。在团队建立之初，每个人的能力也有不同的侧重。我们团队的成员在进行项目的实施过程中，逐渐学会了与他人协同进行工作，逐渐从最开始的“每个人各干各的”，转变到“大家在一起和睦地做事”。当然，不仅是在工作上进行分工协作，我们也在这种合作中不断学习对方的优势能力，在个人的全面发展上也走出了很长的一段路。团队的力量总是比个人的力量要强大的，虽然综合起来可能会冲淡一些个人优势，但是整体发挥出来的效率是个人无法相比的。

经过一整年的努力，我们的团队收获的是更加扎实的理论知识基础、更加熟练的个人实用技能以及作为团队一份子的团队协作意识和团队协同能力。通过不断应对项目实施中凸显出来的种种挑战锻炼个人的灵活应变的能力，也让我们在与同伴的不断合作攻关下取长补短、共同进步。我们衷心希望以后还能继续参加类似这样的科技创新活动，将剩余不多的大学生涯过得更加充实。

科研项目从来都没有一帆风顺的，就算是校级的科研创新项目在进行实施的过程中也总是会不断涌现出新的状况让我们进行挑战。而这些挑战便是项目实施过程中最大的财富了。对于危机的冷静思考和解决是成为一名合格的科研工作者必备能力，而这些能力必须在实际的项目中去磨练，大学生科研创新项目就为我们带来了这样极好的机会。

在短短的一年时间里，我们经历了很多突发的状况。其中一部分是实验环境的因素，比如在中期报告中描述过的低光照环境下单目视觉定位准确度的滑坡式变化，以及在这次终期报告中提到的不平地面状况的视觉定位失效情况。一般来说这样实验环境变化导致的实验结果偏离预期的情况只有在实验数据较大时才能发觉，此时可以由失败实验的环境变量控制下清楚地看出端倪；但是我们最初对实验数据很疑惑，因为我们并没有对实验环境进行变量控制，导致出现失败实验的时机非常随机。这在开始确实让我们很沮丧，但是随着我们经验的不断增长，我们逐渐掌握了这种控制环境变量的方法。

还有一部分突发情况出现在内部的算法上面。对于计算机编程来说，控制不出现低级错误的最好办法就是逐步调试。然而我们往往对于算法逻辑上面出现的问题很难察觉，比如最初在进行摄像头模型建模时，对摄像头的成像模型理解地不是很透彻，就导致解出的定位结果出现极大的偏差；又比如在进行无人机成像的拼接工作中，对于成像算法用到的多线程解决方案我们没有给每个线程添加线程锁，导致了 OpenCV 数据溢出，程序最终闪退，我们最终还是将运行时的手机连接入到电脑查看各线程使用状况才找到了这个问题。事实上，因为内部原因出现的问题往往多于因为外部因素引起的问题，这一部分是因为我们使用的环境模型较为简单，还有一部分是因为没有掌握好科学的算法项目管理办法造成的。

我们觉得，这些不断涌现出的问题正好表明了我们个人技能和合作方法的不够成熟，这也给我们每个人心中都放上了一块沉甸甸的石头，时刻提醒着我们还有很大的进步空间，我们还需要继续努力，继续磨练自己。这也就是这些挑战带给我们的一点鞭策和激励吧。

总之，项目实施过程中的所有挑战都值得我们进行反思，只有不断消除挑战，我们才能等到成功的到来；如果不进行反思，挑战就会永无休止，我们也就没有任何收获可言。

这一年，我们没有虚度，因为我们不仅完成了最初的科研目标，也在不断的项目实施中提高了自己各方面的能力，这也就是我们团队中每一位成员参加科研创新项目的初衷，也是我们的终极目的——没有实践的学习只是纸上谈兵，而我们每个人的强大都应该建立在坚实的地基上面！我们将带着这一次实践的经验，不断提高自己各方面的能力，为风云变幻的未来提前做好准备！