

【Café 速递】肖雄武：无人机实时摄影测量与智能三维测图

核心提示：实时三维重建和智能三维测图是测绘遥感与人工智能交叉学科领域的研究热点。本期我们邀请到肖雄武副研究员，针对目前应急测绘、智能测图与建模的需求和存在的一些问题，对实时摄影测量和结构化全自动三维建模的新方法作了报告。

主持：侯翹楚 摄影：王思翰 摄像：李皓 文字：覃泽阳

>>>人物名片

肖雄武，工学博士，武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室副研究员、硕士生导师。兼任中国测绘学会卫星遥感应用工作委员会委员。入选武汉市最高层次人才计划。主持研制了无人机实时摄影测量系统 DirectMap 和多源遥感数据建筑物智能三维测图系统。申请发明专利 12 项，发表学术论文 30 余篇，其中 SCI 论文 11 篇、EI 期刊论文 10 篇。近 3 年，获得中国测绘学会和自然资源部“测绘科技进步奖二等奖”（排名第 3）、科技部“中国精品科技期刊顶尖学术论文”、中国遥感委员会“遥感科技期刊优秀论文奖”等科技奖励。

>>>嘉宾小语

- ✧ Every great achievement comes from unremitting efforts.
- ✧ Choosing an important thing that you like and try your best to do it very, very well. You will succeed in it!
- ✧ 越努力，越幸运。

>>>报告现场

12 月 25 日晚上 7 点，测绘遥感信息工程国家重点实验室肖雄武老师，做客 GeoScience Café 第 287 期报告交流活动。肖老师介绍了自己在空间信息快速获取、建模与智能解译方面做的一些工作，并详细讲述了新方法的具体内容和实践应用，针对听众提出的学术问题，进行了解答和深入交流。



图 1 肖雄武老师作精彩报告

报告伊始，肖老师对同学们进行了简单的问候，并列出了自己这次报告的提纲。肖老师将这次报告的内容分为四个部分，进行交流和分享，希望能对同学们有所思考和启发。

无人机实时摄影测量

第一部分是无人机的实时摄影测量。传统测绘偏重事后，但是存在着一些问题，故而从 2016 年开始，肖老师就想做实时测绘。以四川应急测绘为例，因为四川各种突发性自然灾害（如地震）比较多，而事后处理的工作效率还是不够高的。现在的航测大多是拿一个无人机飞完之后，再把数据导出来处理，拿一个摄影测量的软件来生成摄影测量的 4D 产品（DEM、DOM、DLG、DRG）。但是事后的处理中，导出数据和处理数据、采集和刺取控制点都要花费相当时间，例如采集和刺取控制点，需要内外业人员协同操作，对人力和物力都是较大的消耗。如果应用于工程，成本和效率都是不得不考虑的问题。

基于以上的考虑，肖老师在 2016~2017 年时开始着手做一个无人机实时摄影测量系统，设想是——“无人机在一边飞的过程中，就能一边同步生产出摄影测量产品”。如果完成了这个设想，就可以把测绘工作变得智能化、大众化、实时化。

那么，应该怎么实现呢？它需要从三个核心技术入手。一是免像控技术，利用高精度的差分 GNSS 技术，就可以减少甚至免除地面控制点的布设。二是实时的 SLAM 技术，SLAM 技术在近些年比较火，但主要应用于相对较小的场景，这个技术应用于室外的无人机大场景时，需要对实时匹配、位姿全局优化和实时空间三角网构建等工作进行重新设计、提升和优化。三是三维重建技术，即实时构网和实时纹理映射，这一块的重点在于实时构建三维三角网和动态更新优化，而实时纹理映射就相对比较简单。此外，还要做一些飞行控制、通信和云计算的工作。把算法设计出来之后，还可以进行 FPGA 嵌入式开发，将其写入到 FPGA 上，形成流片和实现量产。操作时，工作模式可以分为机载实时处理、地面站实时处理、云服务器实时处理，最终在移动端显示处理结果。

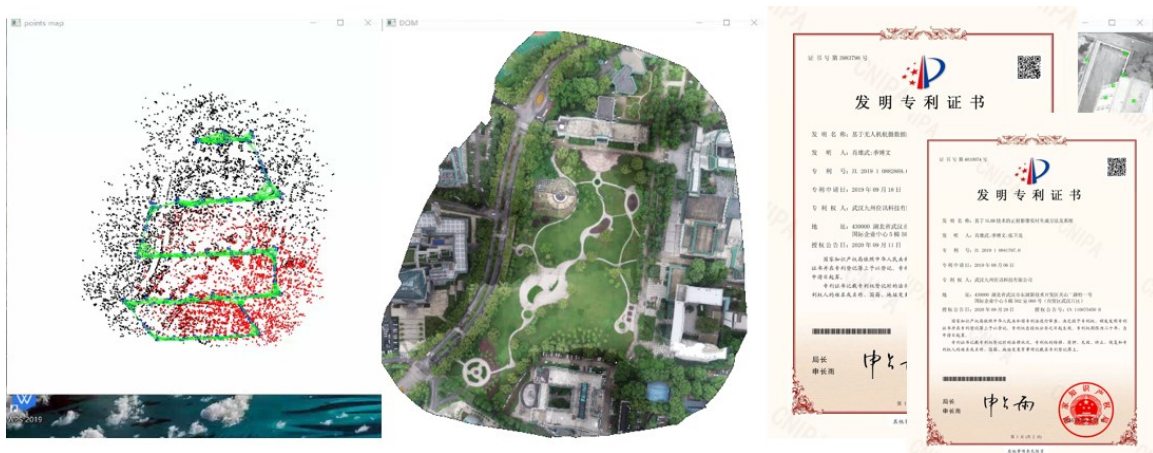


图 2 肖老师主持研制的无人机实时摄影测量系统 DirectMap

经过不断的努力，肖老师和他的团队最终实现了这套方案，在相关比赛和应用中都取得了较好的效果，并且得到了中央电视台一分钟的报道。



图 3 CCTV13 的报道

多源遥感数据建筑物智能三维测图

第二部分是多源遥感数据的建筑物智能三维测图。这是一个什么事情呢？我们知道，传统立体测图方法生产效率低，而现有的大范围建筑物三维建模方法又有着计算复杂度高、生成模型不具有结构化信息、单体化较困难等问题。而多源遥感数据优势互补，为建筑物智能测图和结构化建模带来了便利，因此，利用遥感立体影像和激光点云等多源数据的建筑物智能三维测图，就成了一个具有相当前景的技术。

正好在去年三月份的时候，肖老师收到了一个多源遥感数据建筑物智能三维测图的项目。由于之前没有做过这种课题，他们团队从零开始，一步步着手实现。具体思路是：先利用多源遥感影像融合生成高精度的可量测影像高程同步模型 OESM，再结合点云和 DOM 数据来融合推理建筑物屋顶高精度轮廓和建立矢量拓扑关系，最后，通过 OESM 计算 DOM 上的建筑物屋顶轮廓的真实高程坐标，通过相似三角形计算真实平面坐标，结合高精度 DEM 数据就能够实现建筑物的智能三维测图和结构化三维建模。

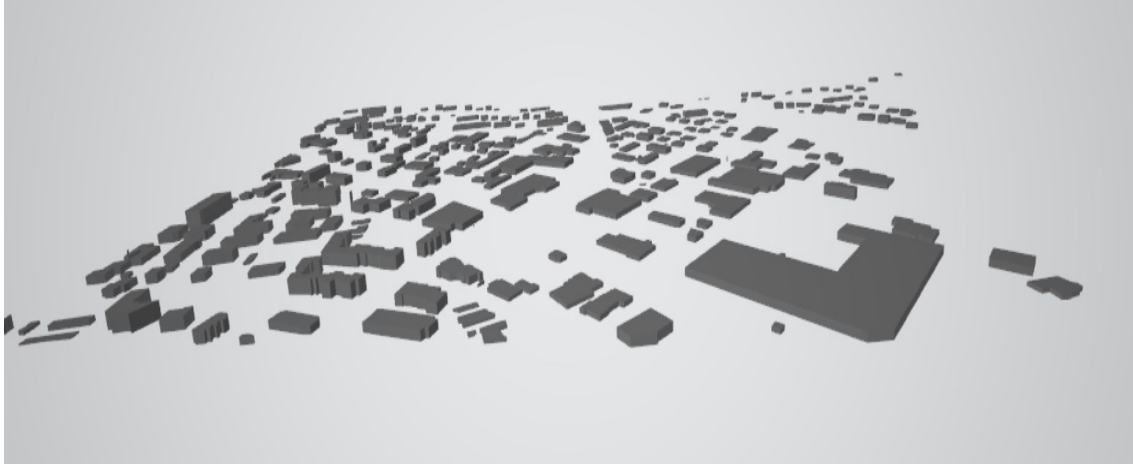


图 4 多源遥感数据建筑物智能三维测图结果

遥感立体像对三维测图

第三个工作和第二个工作差不多，只不过第二个是多源的遥感数据，第三个相当于把多源变成了单一的遥感立体影像。相当于没有用激光点云和其他传感器的一些数据了，只用卫星遥感来做大范围、境内外区域的低成本三维建模。

为什么有了第二个工作还要做第三个呢？这是因为我们的无人机不能飞到境外其他国家或地区的领空，但是我们还可以用卫星看一看。如果没有像第二部分里面那么丰富的多源数据，实际上也可以生成影像的密集点，取代激光点云，但精度会差一些。或是，通过一些其他技术手段，例如改良的深度学习技术提取建筑物轮廓，再利用轮廓融合推理技术可以提高生成的建筑物轮廓精度，进而实现超大范围、超低成本建筑物结构化三维建模。

此外，还可以利用交互式半自动的作业方式，人工编辑建筑物屋顶内部的轮廓，生成复杂建筑物的高精度线框三维模型。

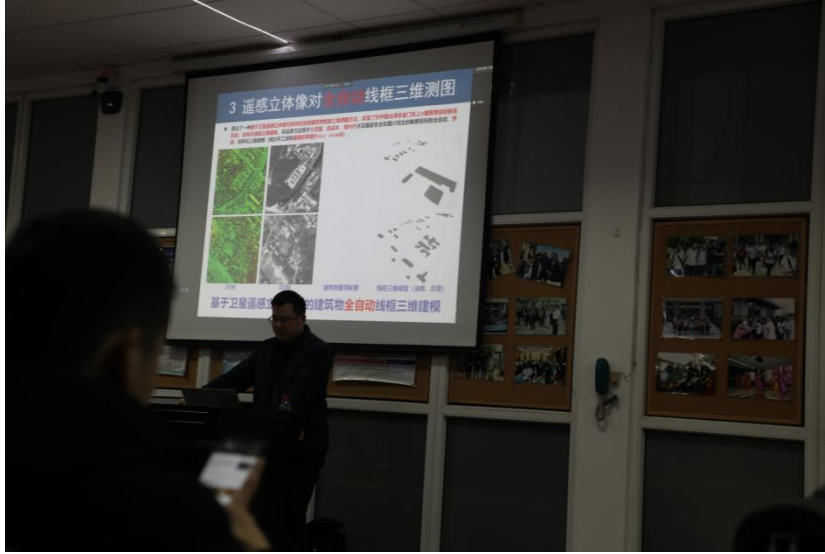


图 5 肖老师讲述遥感立体像对智能三维测图

总结

第四部分是对前面所做工作的总结。肖老师针对在线实时摄影测量对实时性和精度的高要求，通过融合 SLAM 和三维重建技术，提出一种基于影像的实时测绘与实时三维重建方法。针对传统的立体测图方法生产效率低和现有的大范围建筑物三维建模方法计算复杂度高、生成模型不具有结构化信息的问题，通过结合遥感立体影像和激光点云各自的优点，提出一种基于多源遥感数据的建筑物智能化测图和大范围快速结构化三维建模的新方法。针对境外敏感区域的自动三维测图，提出了基于遥感立体像对的超大范围、低成本建筑物结构化三维建模方法。

目前，肖老师领导的研究小组主要由一名学术泰斗、多名学术领军人物进行学术指导，一名年轻老师、五名研究生和十名本科生组成。在两年半的时间里，大家合力对上述系统进行研究，相关的大创项目有一个入选了武汉大学第七届大学生“三创”成果展、一个在“互联网+”大学生创新创业大赛中获得奖项。研究小组承担的国家级项目也顺利结题，并得到了评审组的高度评价。一年多时间，肖老师指导的学生申请了 9 项国家发明专利，有 2 项授权了，投稿了 6 篇 SCI 论文，有 3 篇 SCI 已经见刊了。团队的定位和发展方向，就是“立足学科前沿，紧跟国家重点实验室的最迫切需求”，瞄准空间信息实时获取、建模与智能解译方向，实现构想再把它转化成知识产权、高水平学术论文。科研项目方面，努力主持或参与一些国家项目、省部级重点项目，以及国家重点研发计划的课题，为我们国家应急救援以及军事领域做出一些贡献！



图 6 合影留念

>>>互动交流

提问者一：老师，您好。我第一个问题是关于动态更新，老师能不能多介绍一下这方面的内容。第二个问题，我想了解一下，老师您的方法在精度上面是一个什么样的结果。

肖雄武老师：好的，你听的很认真，也有可能就在做相关的工作，对吧？利用实时生成的点云动态构建三角网，是指：你可能每一次来了一帧（影像），三角化后就增加了少量的三维点云；在已有的三角网上，把这新增的点云构成新的三角网，加在了前面的网上；但是加之前要判断一下，新增的这几个点跟前面这些点有无重合的？如果有重合的地方，就要做融合和更新；我们做融合是把粗差先剔除，剩下的点做一个最小二乘的融合。如果在已有三角网中有新增的点，就要对局部三角网进行拆分和重构。第二个问题我也讲到了它的绝对精度是可以达到 1.4 米以内的，当然这里面包括了 GNSS 本身存在着一定误差，假如用这种一两厘米定位精度的高精度 RTK 的话，我们方法的绝对精度还可以提高。

提问者二：老师，您好。我有两个问题。第一个问题是在做 SLAM 的时候，是有一个累计误差的，因此会有一个闭环检测的策略来更新它之前的一些错误，不知道您的这个系统有没有考虑这样的累计误差。然后第二个问题的话是关于遥感，各个传感器之间精度不一样，多源融合时您是怎么配置的。

肖雄武老师：这个同学提的问题挺好。第一个误差累计的问题，首先这个里面我们是有回环检测的，但是回环检测在我们的无人机系统，包括卫星系统里面，基本上不是特别有用。因为我们无人机是在天上，它们不像在屋里的扫地机器人一样转圈——有很多重复的地方，可以做回环。我们的无人机一直往前面走，为了提高效率，不可能一直往重复的地方来回工作。但是回环检测我们也有，这是系统必要的一环。我们还有 GNSS 的信息，可以做周期性的局部和全局平差（这个全局平差所处理的数据量，要根据系统的实时性来自动确定），能够解决误差累积的问题。

第二个关于配置的问题，多源遥感数据也有高、低分辨率的差别。对于密度大的激光点云，可以在影像密集匹配后与激光点云做匹配融合；对于稀疏的激光点云，可以与影像稀疏匹配生成的点云做了配准之后，我把配准得到的高精度的点作为种子点，按照一定的方式进行匹配扩散，这样就可以得到高精度的密集点云。

提问人三：老师您好。对于室外的大场景重建，外头很多白墙存在着特征点较少的问题，现在的话一个比较流行的方法，就是用特殊的相机去测量它的深度，但是作用也是非常有限的。如果未来要做大场景的实时纯视觉建图的话，您觉得突破点在哪？

肖雄武老师：你说的很对，实验室有老师，前一段时间参加一个比赛，取得了不错的成绩、获得奖项，但主要是室内的实时三维重建。对于室内的重建呢，第一个它这个场景很小，可以做实时的匹配等处理，第二个可能用到了深度相机，用到了这种很连续的、具有三维信息的深度图影像，所以效果很好。但对于室外的场景，它的场景更大，影像的重叠度变得低了很多。对于室外的无人机来说，对于十米以上的距离，深度相机是不能够用的，这时候就需要通过普通光学相机、纯视觉来做了。

场景大了就意味着飞的高，飞得很高的时候，激光跟深度相机都不能用了（深度相机是一定用不了了，激光有可能用来做辅助控制）。大场景实时处理，难点主要还是在于匹配，可以试着设计新的描述子、实现视觉的 GPU 加速方法等，侧重如何高效率高性能地实时处理视觉数据。



图 7 交流环节

GeoScience Café以“谈笑间成就梦想”为目标，于每周五晚 7:00 在实验室四楼休闲厅，邀请 1-4 位嘉宾，为大家带来学术报告或经验分享。报告内容包括摄影测量与遥感、地理信息系统、导航与定位服务等研究方向，听众可在报告结束后向嘉宾提问、与嘉宾交流探讨，同时每学期还会举办 2 期人文类讲座和 2 场导师信息分享会。每期报告会根据嘉宾意愿在 B 站开设直播，使不能来到现场的听众同步参与。报告 PPT 和视频会在征得嘉宾同意的情况下在 qq 群和 B 站上发布。

更多精彩内容（讲座预告、讲座回顾、报告 PPT、报告视频）敬请通过以下方式获取：



QQ群



微信公众号



B站直播