

智慧城市及城市大数据采集  
快速真正射影像城市建模

李伟鹏 Thomas Lee  
星眺有限公司 Star Vision Ltd.  
网址: [www.starvision.com.hk](http://www.starvision.com.hk)  
电邮: [thomaslee@starvision.com.hk](mailto:thomaslee@starvision.com.hk)

2017年7月

摘要:

在科学信息技术日新月异的大数据时代,传统测绘技术已经越来越满足不了对地理信息获取的数量以及精确度的需求。具体体现在以下几个方面:资料更新速度慢,实地测量耗时长,需要大量人力;获取的信息量少,即使是使用车载激光雷达扫描系统,点云资料也仅限于路面及周围小范围的资料,不能覆盖到整个城市;做不到真正射影像(true orthophoto),解决不了阴影及遮挡的问题。星眺测量有限公司与2015年荣获香港特别行政区政府创新科技署颁发的300万创新及科技基金,并成功研发无人装置三维立体测绘系统。该系统采用无人机自动飞行技术,使用无人载激光雷达扫描系统,成功解决了传统激光雷达扫描系统信息覆盖面小的问题。并利用最新摄影测量建模技术成功制作出大范围的多比例尺真正射影像。该系统真正实现了快速城市建模。仅两人一天便可完成10平方公里范围的扫描,100天便可完成面积为1000平方公里的城市的扫描。多人同时进行可相应缩短扫描时间。已可以实现城市信息每三个月一次的更新。该系统已在香港和澳门测试成功,此论文中将分享测试成果。星眺测量有限公司已推出一系列的产品和服务,希望这个新系统可以帮助更多的人解决智慧城市及城市大数据采集的问题。产品包括真正射影像(SVMap-Image),三维点云,三维网格等。同时推出的证书培训致力于将最新三维立体测绘技术传授于世界各地的测绘人员,用于当地的智慧城市建设。

摘要:

在科學信息技術日新月異的大數據時代,傳統測繪技術已經越來越滿足不了對地理信息獲取的數量以及精確度的需求。具體體現在以下幾個方面:資料更新速度慢,實地測量耗時長,需要大量人力;獲取的信息量少,即使是使用車載激光雷達掃描系統,點雲資料也僅限於路面及周圍小範圍的資料,不能覆蓋到整個城市;做不到真正射影像(true orthophoto),解決不了陰影及遮擋的問題。星眺測量有限公司與2015年榮獲香港特別行政區政府創新科技署頒發的300萬創新及科技基金,並成功研發無人裝置三維立體測繪系統。該系統採用無人機自動飛行技術,

使用無人機載激光雷達掃描系統，成功解決了傳統激光雷達掃描系統信息覆蓋面小的問題。並利用最新攝影測量建模技術成功製作出大範圍的多比例尺真正射影像。該系統真正實現了快速城市建模。僅兩人一天便可完成 10 平方公里範圍的掃描，100 天便可完成面積為 1000 平方公里的城市的掃描。多人同時進行可相應縮短掃描時間。已可以實現城市信息每三個月一次的更新。該系統已在香港和澳門測試成功，此論文中將分享測試成果。星眺測量有限公司已推出一系列的產品和服務，希望這個新系統可以幫助更多的人解決智慧城市及城市大數據採集的問題。產品包括真正射影像（SVMMap-Image），三維點雲，三維網格等。同時推出的證書培訓致力於將最新三維立體測繪技術傳授於世界各地的測繪人員，用於當地的智慧城市建設。

#### Abstract:

In the era of rapid changes in scientific information technology, traditional mapping technology has become increasingly unable to meet the number of geographic information acquisition and the accuracy of the demand. It is embodied in the following aspects: the data update is slow, the field measurement is time-consuming and requires a lot of manpower; the amount of information obtained is small, even if the vehicle is used in the laser radar scanning system, the cloud information is limited to the road and the surrounding small area, Can not cover the whole city; can not really shoot like (true orthophoto), can not solve the shadow and occlusion of the problem. Starview Measurement Co., Ltd. and the Hong Kong Special Administrative Region in 2015 won the Hong Kong Innovation and Technology Commission issued 3 million innovation and technology funds, and successfully developed non-human three-dimensional mapping system. The system uses UAV automatic flight technology, the use of unmanned airborne laser radar scanning system, successfully solved the traditional LIDAR scanning system information coverage of small problems. And the use of the latest photogrammetric modeling technology to successfully produce a wide range of multi-scale real shot images. The system really realizes fast urban modeling. Only two people can complete a day 10 square kilometers range of scanning, 100 days to complete the area of 1000 square kilometers of the city scan. Many people can simultaneously reduce the scan time. Has been able to update the city information once every three months. The system has been tested successfully in Hong Kong and Macau, and the test results will be shared in this paper. Starview Measurement Co., Ltd. has launched a series of products and services, hope that this new system can help more people to solve the wisdom of the city and the city large data collection problems. Products include true image (SVMMap-Image), 3D point cloud, 3D grid and so on. At the same time the introduction of the certificate training is committed to the latest three-dimensional mapping technology taught around the world surveying and mapping staff for the local wisdom of urban construction.

# 1 引言

随着 AlphaGo 与人类围棋对决的一次次胜利，人工智能（Artificial Intelligence, AI）开始进入人们的视野，为未来世界的发展创造了多种可能性。人工智能的研究开始于 20 世纪 40 年代第一台计算机的诞生。在七十年年的发展过程中，逐步具备了解决问题，规划，学习，语言处理，社交甚至自我创造的能力。Google 的 DeepMind 就是目前最前沿 AI 研究的机构之一。AI 成功的关键在于模仿人类的视觉以及处理视觉信息的能力。几十万年前生物第一次拥有了眼睛，由此生物多样性以前所未有的速度发展。视觉的重要性同样适用于测量界。摄影测量技术的发明，尤其是相对廉价的无人飞机的普及，使得将机器视觉运用于测量成为了可能。为了使这种可能性成为现实，星眺有限公司荣获香港特区政府创新科技署的创新及科技基金，用于研究和发展三维摄影测量技术。该技术可以用于智慧城市的三维建模。优点在于不需要传统的高成本相机和大型飞机，数据处理也具备自动化，免去了很多繁琐的步骤。该技术以成功运用于不同范畴，不同精度要求的测量。本文将从三维测量技术的原理，可获得产品及服务类型，相较于传统测量技术的优点，应用实例以及未来发展方向等方面分享星眺有限公司的三维测量技术研究成果。

## 2 三维测量技术原理

三维测量技术的核心在于多视角立体（Multiple View Stereo, MVS）和运动恢复结构（Structure from Motion, SfM）。

多视角立体（MVS）是利用一组多视角的二维图像重建物体或者场景的三维结构。运动恢复结构（SfM）是指从一组二维图像中分析拍摄角度和局部物体的运动，从而得到三维结构信息的过程。将这两个技术结合，便可将一组普通的照片重建为三维结构。首先利用 SfM 分析获得相机的运动参数，再将结果输入，利用 MVS 重建三维结构。在这样的技术基础上，不需要特定的摄影测量专用相机，普通的数码相机，无人机自带相机甚至手机内置相机拍摄的照片都可以用于建模。该技术已用于多重领域，包括工业建模，3D 打印，虚拟现实建模，文物遗产保护，刑侦鉴定等等。然而这一技术在测绘领域应用并不普及。

## 3 可获得产品及服务类型

三维测量技术可应用于不同精度需求的测量，得到不同精度需求的产品。产品类型包括：具备坐标系统的三维点云，三维模型，SVMap-Image（真正射影像），向量地图等。还可以制作线上地理信息系统，做到大数据分析和信息分享。三维点云，顾名思义，是大量的以点的形式记录的信息。每个点具备 RGB 颜色和三维坐标。在三维点云上可以直接量度点与点之间的距离。点的数目可以百万计。

三维模型是在点云的基础上，连接附近的点，建立三角网格，并赋予每个面在照片上对应位置的颜色和纹理，而建成的模型。在三维模型上可以直接量度距离和面积，并可用于制作 3D 打印模型。

SVMap-Image 是一种真正射投影影像地图。相对于普及的卫星照片的航拍照片，SVMap-Image 经过了特殊的处理，分辨率更高，更精准，并且消除了阴影，以及卫星照片中普遍存在的较高物体倾斜，遮盖地面物体的问题。所以，可以说 SVMap-Image 是真正的顶视图，是一张影像地图。SVMap-Image 具备坐标系统，可以直接量度距离和面积，或用于绘制向量地图。这种影像地图可以在需要的时候随时记录制作，相比传统地图和卫星地图，数据的更新率更高。

以上产品具备大量的信息，不同用户对信息的需求也有所不同。对产品加以特别定制的数据分析和处理，能从中抽取用户需求的特定信息，并加以分析。例如，我们可以利用某一区域的航拍照片生成 SVMap-Image，然后使用分析软件，分析出这一区域植被的覆盖率。

结合三维模型，SVMap-Image 以及大数据库，可以制作智慧城市的三维地理信息系统。利用云技术，该系统可以根据用户需求共享自定义权限的信息给不同的用户。

## 4 对比传统测量技术的优点

传统的测量技术大多依靠在实地使用全站仪测量点与点之间的距离。需要大量的人手，然而获得的信息量十分有限，仅适用于少量信息的地图绘制。基于资源的局限性，地图的更新率不高，可能需要几年甚至十几年才会更新一次。而使用新的三维测量技术可以快速获得大范围的大量数据。仅两人一天便可完成 10 平方公里范围的扫描，100 天便可完成面积为 1000 平方公里的城市的扫描。多人同时进行可相应缩短扫描时间。已可以实现城市信息每三个月一次的更新。

而相对于传统的摄影测量技术，星眺有限公司的新技术具有以下优点：

1. 传统摄影测量技术使用的是专业的测绘摄影机，需要大型飞机搭载使用，成本高昂。而我们的新技术可使用普通的相机，可使用无人机，汽车，船搭载，甚至可以直接用在地面拍摄的普通照片。
2. 传统的技术需要多张照片来建模，该过程需要大量的人工操作，包括输入照片的基准标志（fiducial mark），相机校准资料，手动找连接点等等。新技术可以实现上述步骤的自动化，并生成数字高程模型，正射投影照片和等高线。甚至一张照片都可以完成建模。
3. 传统的技术耗时耗力。新技术可以自动处理大量的照片，自动寻找大量的连接点，生成大量密集点云。

在信息的处理上，星眺有限公司的新技术利用里人工智能（AI）的技术，分析高精度的 SVMap-Image，可以做到信息的大数据处理。

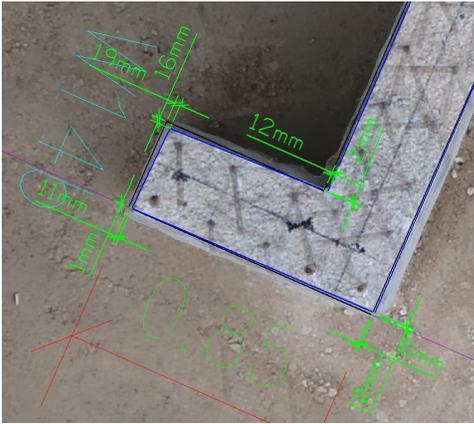
## 5 应用实例

### 建筑质量监控

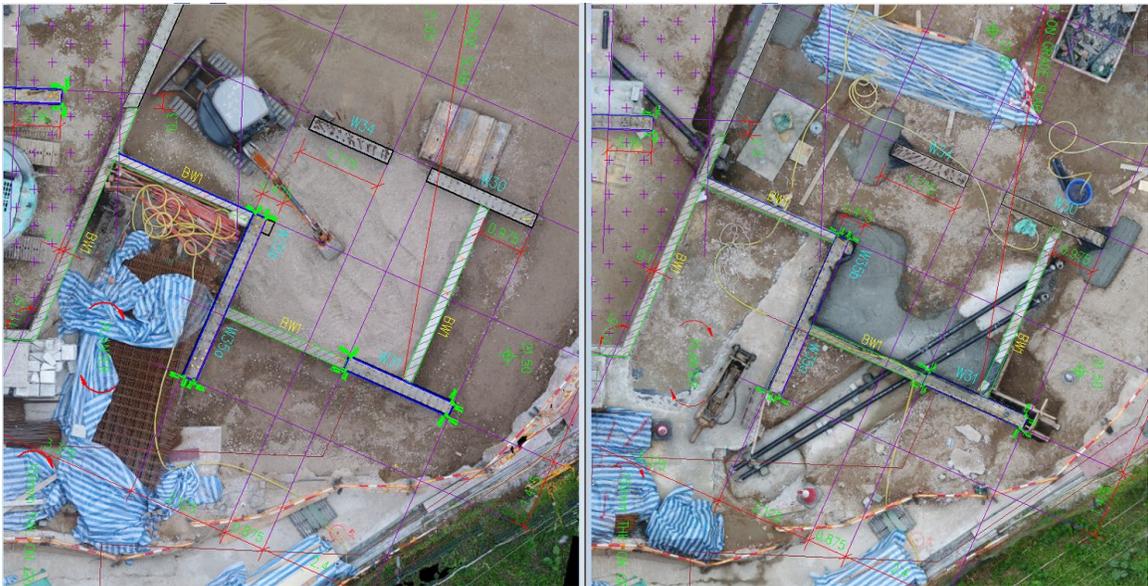
星眺有限公司的三维测量技术已成功应用于建造过程中的质量监控。应承建商的要求，星眺有限公司在香港的一个建筑项目工地采用最高精度级别的三维测量技术检查混凝土基脚和墨线的准确度。据估计，如果用传统的测量方法（使用全站仪），一组测量人员检查所有的地基和墨线需要大约 20 个小时。采用新的三维测量技术，两位测量人员和一架无人机，一个小时便可以扫描完毕整个工地。获得的信息量以千万计，大大超过传统的逐点测量。精准度（与全站仪测到的地面控制点比较）做到水平 1 毫米，垂直 0.2 毫米。

利用获得的模型和 SVMMap-Image, 实际基脚位置和设计图上的位置的误差可以准确量度，结果以毫米计，已达到工程精度要求。

如果在建造过程中做到定期扫描监控，便可以得到工地的四维模型，记录建造的整个过程。



图一：实际基脚位置和设计图上位置的误差



图二：建造过程监控

## 大范围城市模型

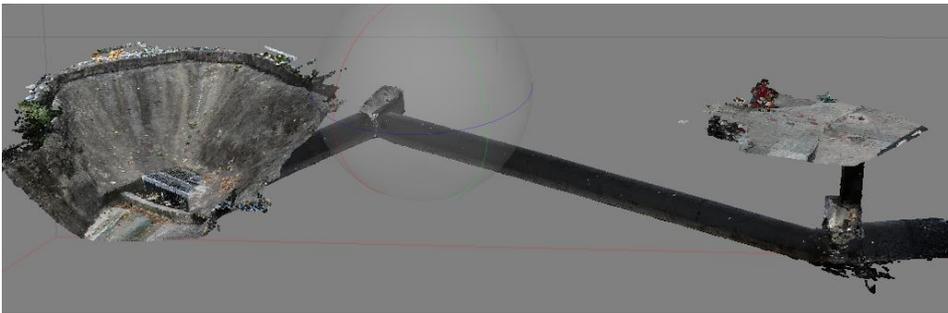
星眺有限公司已成功做到大面积城市模型的制作。该技术利用人工智能（AI）的技术，只需人工输入扫描面积便可自动计算航道，航道之间的间距，飞行速度等参数。飞行范围可以是不规则的多边形，根据用户指定的起飞位置和返航位置，系统会自动生成最优化的飞行路线。因此该技术适用于不同城市的不同地理特点，确保了无人机不会进入禁飞区或者危险区域。基于这样的技术，可以做到城市的快速扫描。以两位测量人员为一组，每一组一架无人机，一天便可以完成10平方公里面积的扫描。制作的影像地图精准度为5-15厘米。这种大范围的模型可用于制作智慧城市的三维地图。城市模型的定期制作更新可以用于记录城市的建设发展，土地使用等等。星眺有限公司已成功完成了部分澳门本岛和香港九龙半岛的扫描。



图三：影像地图（SVMaP-Image）

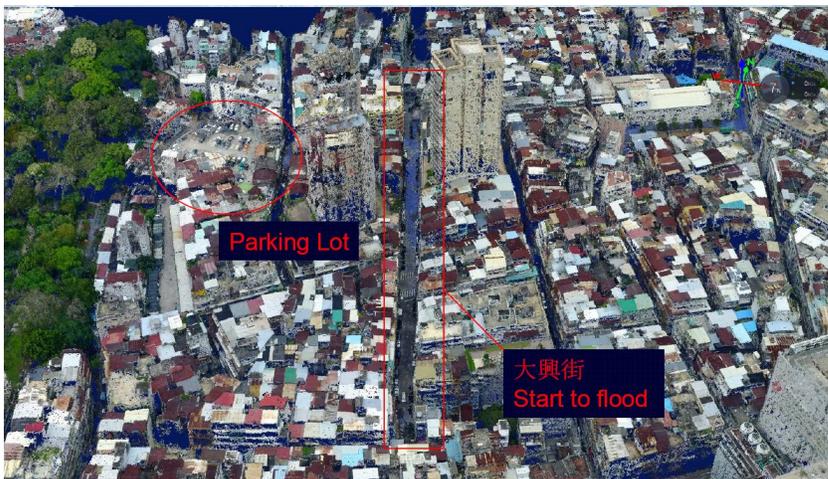
## 6 智慧城市的应用

星眺有限公司的三维测量技术可用于制作一带一路智慧城市的大数据地图。除了传统的地理信息系统包括的点线面资料，新的大数据地图可以包括影像地图甚至三维模型，这使地图的表达更为直观，地图的信息量也更大。甚至城市地底的地下管线系统也可以在改系统中显示。影像地图和三维模型的定期更新，更可记录城市的变化。这种变化可以大到区域的开发重建，小到某棵景观树的移植。利用人工智能的飞行技术，三组测量人员和三架无人机就可以做到每两个月之内更新整个香港范围的模型。如果用更多的无人机，将会做到更快地更新。



图四：城市地下管线模型

当然，作为智慧城市的一部分，这种影像地图和三维模型并不只是将城市的模型电子化那么简单。地图上的任何一个物体都可以包含大量的信息。信息可以是地址，建筑高度，面积，建筑年龄，人口数量等等。输入的信息数量没有限制。系统可以储存大量的大数据信息，比如人口年龄分布，消费水平，实时交通情况等等。数据可以设计生活的各方各面。通过对信息的发布及权限管理，数据库中的信息可以有选择性地发布给不同需要的人群。譬如，可以有一个网上公开的系统，只显示地址，建筑名称，交通，生活设施资料等生活信息。而同时可以有另外特定的系统供不同需求的专业人士使用，比如人口统计地图，建筑数据库地图，植物品种地图，等等。可能性是无限大的。



图五：澳门大兴街水浸预测

建立这样大型的数据库，例如一带一路所有城市的数据库，不仅需要大量的数据，影像地图和三维模型的更新也需要相关的人才和资源。星眺有限公司提供技术分享和支援服务。星眺有限公司可为有需要的城市和部门订制智慧城市的发展计划，供应相关软件和硬件，并提供每年一次的系统维护和训练课程。成功通过训练课程的专业人士可以获颁证书，成为三维测量技术的专业人士。凭借该证书，专业人士可以提供服务，将我们的技术分享给更多的人。由于相关技术还处于迅速发展阶段，软件和硬件更新频繁，加上我公司继续的研发，系统将更为完善。因此，我们会对客户每年一次的技术维护和更新服务。希望该技术可以帮助到世界更多地方，特别是一带一路跨国经济带上的国家。

## 7 结论

星眺有限公司的最新三维测量技术基于多视角立体（Multiple View Stereo, MVS）和运动恢复结构（Structure from Motion, SfM）的技术原理，对比传统的测量技术和传统摄影测量技术有显著的优点。该技术已成功用于政府和私人机构的工程顾问项目，正用于三维智慧城市的创建。相信在未来，随着大数据库的不断完善，该技术可以帮助一带一路国家的政府及私人机构制作更加信息完善，更新快速，稳定安全的三维智慧城市系统。