

三维激光扫描技术应用于沙丘监测的研究

张庆圆¹, 孙德鸿², 朱本璋³, 蒋涛²

(1. 河南理工大学 测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000; 2. 北京则泰盛业科技发展有限公司, 北京 100107; 3. 杰魔(上海)软件有限公司, 上海 200233)

On Monitoring of Dune by Using Laser Scanning Technology

ZHANG Qingyuan, SUN Dehong, ZHU Benzhang, JIANG Tao

摘要: 着重论述三维点云数据获取、拼接、坐标转换、去噪、DEM的生成方法, 以及通过两次监测结果对比沙丘的变化情况, 目的是研究三维激光扫描技术在沙丘变形监测方面的可行性。

关键词: 沙丘监测; 三维激光扫描技术; Cyclone, Gemagis

一、引言

多年来沙漠迁移、沙尘暴等自然灾害给国家造成重大的经济损失, 土地荒漠化作为全球十大环境问题之首, 已成为当今社会普遍关注的热点, 对沙漠的监测变得刻不容缓。对于露天矿、桥梁、道路、大型或超大型建(构)筑物, 传统的变形监测方法有安装应力应变传感器、用测绘仪器(全站仪、GPS等)测量等, 但其采样点少, 很难反映变形的全部特征, 且耗时费钱, 不适用于沙漠监测。三维激光扫描技术是目前国际上最先进的测量方法之一, 三维激光扫描仪可以快速地以毫米级采样间隔获取实体表面点的三维坐标并以点云数据形式存储到计算机中。它可以快速建立目标的三维模型并提取线、面、体等制图数据, 实现“实景复制”, 传统的单点数据采集方式得以改变。此次试验即是三维激光扫描技术与沙漠监测有机地结合在一起, 大大提高了工作效率。三维激光扫描技术能够提供扫描物体表面的三维点云数据, 可以获得高精度高分辨率的数字地形模型, 并通过对比实现对沙丘的移动监测。在环境保护的基础上, 还可以合理开发和利用沙丘, 改善沙区气候, 防治荒漠化, 促进周边地带农牧林业生产快速发展。

二、三维激光扫描仪工作原理

三维激光扫描仪是由一个激光发生器装置发射激光到高速旋转的镜面上, 经镜面反射使激光发射到周围环境的物体上, 然后通过物体的反射, 激

光接收器接收反射回来的激光, 再根据在设备中的距离传感器和编码器角度的计算, 从而获得物体的空间三维点云数据。

三、作业流程

采用三维激光扫描仪对沙漠进行扫描以实现监测目的, 流程包括: 布设测站和设置永久性控制标靶; 统一各次扫描的坐标系统; 提取变形信息; 变形监测误差的估算; 变形数据显示等。

1 现场环境扫描

本次试验选择的是一个比较典型的区域, 即沙漠中的河道, 并进行两次对比扫描。现场环境如图1所示。



图1 现场环境概貌

第1次扫描时, 需要考虑设置永久性控制标靶。控制标靶是拼合各次扫描点云的基准点, 也是网格坐标与仪器内部坐标的转换媒介, 其位置必须保持稳定。考虑到沙漠气候干旱多风, 将固定点(例如树木)作为控制点虽稳定不变, 但对于扫描的整体

控制并不合适,因为:①精度不能达到标准;②固定点数量稀少,所在处不一定为两次数据拼接的公共最佳位置。因此,笔者选择在几个重点位置打深桩设置若干个标杆,以确保不受大风、沙丘流动等可变因素干扰,再以其作为控制点对要监测的区域进行高精度扫描。相隔若干天后,或一次大风等较大的气候变化后,用同样的仪器,设置同样的精度,对同样的位置根据第1次的控制点进行第2次扫描。将扫描后的点云数据存入计算机进行后期处理。

2 数据拼接及坐标转换

由于所获得的不同视角的20幅扫描点云数据都是以扫描仪位置为参考点的独立坐标系统,因此必须对所获取的扫描点云数据进行拼接及坐标转换,以使扫描数据坐标与大地坐标一致。

在Cyclone7.1软件处理数据的过程中,对所获得的扫描点云数据进行拼接。利用拼接模块选取相邻两站扫描点云数据中的3处公共点(至少3个不在同一直线上的标杆),由软件自动计算,并将两站数据以最小误差拼接起来,拼接误差结果可以在软件中查询。利用这种方法就可以把多站不同位置获得的点云数据拼接成一个完整的三维点云数据(如图2图3所示)。整个拼接好的点云数据坐标是以第一站导入数据的局部坐标为基准的相对坐标系统,为使点云数据坐标与大地坐标一致,须使用GPS对控制点进行测量,得到其大地坐标。将得到的特征点的大地坐标,导入到Cyclone软件中,形成一个具有大地坐标系的ScanWorld,然后以此ScanWorld作为基站,将拼接好的点云数据与基站再次拼接,从而完成相对坐标系向大地坐标系的转换。

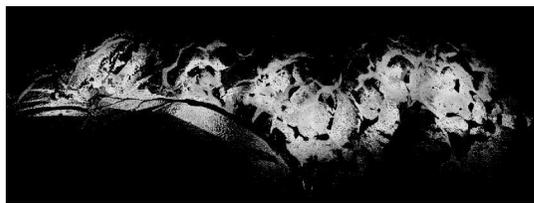


图2 第一次点云数据拼接结果

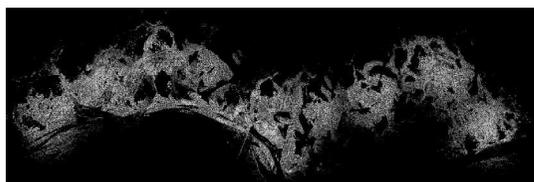


图3 第二次点云数据拼接结果

3 数据后续处理

后续工作是对三维数据进行去噪。外业扫描时,点云图像中采集到了现场施工时的施工器械、标杆、

工作人员、电线、植被等信息,这些都是后期处理的干扰信息,对于这些点云数据应尽可能删除。

对去噪完成的点云数据进行模型化,将点云用三角面片生成模型。可在Cyclone软件的mesh模块中生成模型,此过程中先通过统一点云功能设定点云的平均间隔降低点云数量,在一定程度上减少数据量,以提高运算速度,然后创建地形模型,没有点云数据的部位也会自动拟合生成三角面片,必须将这些信息删除,点云稀疏的部位将自动进行修补。

在Cyclone软件等高线模块中生成DEM,等高线间距为0.2m,将获得的地形等高线数据以dxf格式导出(如图4图5所示),以便在AutoCAD中打开再编辑。图4图5为最终的DEM成果,从图中可以清晰地看出河道(粗线条表示)的变化和沙丘的移动方向。

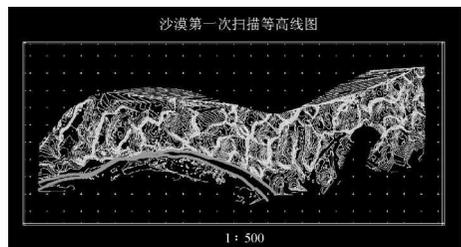


图4 第1次扫描等高线图

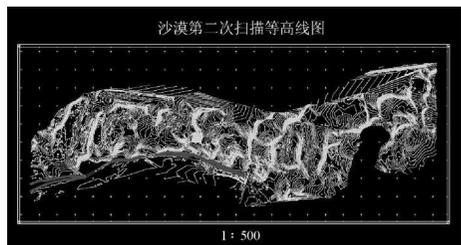


图5 第2次扫描等高线图

将两次扫描的点云数据用前期设定的基准点拼接,叠加起来对比(如图6所示),上层为第1次扫描点云图,下层为第2次扫描点云图。两次扫描的点云数据基于同一个参考面分别计算土方量,得到整个区域参考面以上沙子的总体积,第1次扫描沙子总体积为 $900\ 698\text{ m}^3$;第2次扫描沙子总体积为 $623\ 682\text{ m}^3$,即可估算出整片区域沙丘的变化土方量。用fence框抠出河道的点云数据,根据相同的方法计算沙丘向河道移动了 $4\ 832\text{ m}^3$ 。经数据处理得到多种沙漠形态变化的对比结果,从而得到变形数据。

在Geomagic Qualify 11软件中对两次扫描结果进行对比,以第1次扫描数据为参考对象,第2次扫描数据为结果对象。参考对象的测试点被投影到结果对象的曲面上,它们的偏差量(即从结果对象到参考对象上任一个点的最短距离)以不同灰度的

色谱显示(即变形信息),如图7所示。负值为沙丘减少,正值为沙丘增多。

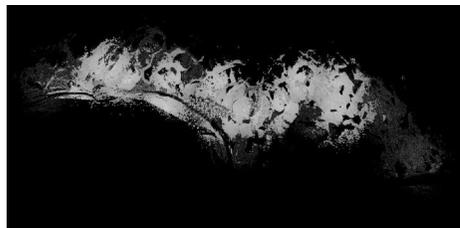


图6 两次扫描结果对比图

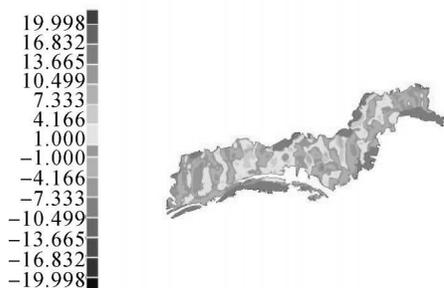


图7 变形信息示意图

四、结束语

本文采用三维激光扫描技术获取了沙漠的三维点云数据,在 Cyclone7.1 软件中生成地形线并导出到 AutoCAD 中,最终得到沙漠的大比例尺地形图。由于三维扫描技术具有高效率等特点,并且通过设置控制点能够实现对目标物的多次扫描,因此通过两次扫描结果对比可以看出:典型的沙丘在这段时间内的偏移;整片沙漠的走向;是否向城市方向前进或者后退等。这说明三维激光扫描技术可以

监测沙漠的变化状况,同时处理软件能够将这种变化状况以较高精度数值表示出来,如这片沙丘的整体体积、变化体积、河道的偏移距离、土方量等。

三维激光扫描技术在沙漠监测方面的应用与传统方法相比有如下优势:

1) 在三维空间里大幅度提高了测量密度,扫描速度快、数据质量高,因此大幅度提高了测量数据的精度;

2) 因采集过程大量减少了传统人工统计时的工作量,既节省了时间,也有效地减少了人为因素介入造成的误差;

3) 监测结果更加直观、易操作、易利用。

这样的作业方式更为科学、高效、客观,它将为解决沙漠监测、防沙治沙领域的许多难题提供重要的技术支持。

参考文献:

- [1] 董秀军. 三维激光扫描技术获取高精度 DIM 的应用研究 [J]. 工程地质学报, 2007, 15(3): 428-432
- [2] 张国辉. 基于三维激光扫描仪的地形变化监测 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 96-97.
- [3] 李清泉, 杨必胜, 史文中, 等. 三维空间数据的实时获取、建模与可视化 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 31-77
- [4] 赵群, 刘键, 陈金科. 应用激光扫描法对国家体育馆大跨度钢屋架滑移过程变形监测与分析 [J]. 测绘科学, 2007, 32(3): 110-111.
- [5] 丁连刚, 严平, 杜建会, 等. 基于三维激光扫描技术的草方格沙障内蚀积形态监测 [J]. 测绘科学, 2009, 34(2): 90-92

(上接第 18 页)

3) 若某一幅影像不能完成 1)、2) 两步, 则根据时间顺序的前后两幅影像内插出该影像摄影时刻的太阳方位参数。

4) 对每一幅影像, 利用其太阳方位参数在 DSM 上计算出阴影范围。

5) 反投影, 重采样成真正射影像; 若是阴影点, 则对亮度作适当的线性拉伸。

就阴影区域的亮度应作怎样的线性拉伸, 将在以后的工作中继续深入探讨。

五、结束语

本文提出了一种基于灭点几何原理的高精度检测和剔除阴影的方法, 如果把它引入摄影测量产品的生产过程中, 可以以较低的投入换取较高的回

报。此方法的优点是有严格的几何模型和较高的理论精度, 但在阴影的色彩和亮度处理中仍有不足, 阴影的色彩和亮度处理可以参考其他文献。

参考文献:

- [1] 吴福朝. 计算机视觉中的数学方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2008
- [2] 冯文灏. 近景摄影测量 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002
- [3] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1997.
- [4] 张剑清, 潘励, 王树根. 摄影测量学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003
- [5] 王树根, 李德仁, 郭泽金, 等. 正射影像上阴影和遮蔽的信息处理方法研究 [J]. 测绘信息与工程, 2004, 29(4): 1-4