

# 基于 Terrasolid 软件的车载激光点云数据处理初探

谭 敏, 洪金益

(中南大学 地学与环境工程学院 湖南 长沙 410000)

**摘 要:**介绍了 Lynx 车载激光扫描系统基本组成及应用领域,阐述了 Terrasolid 的主要功能及基于该软件的激光点云数据处理方法,介绍了激光点云数据分幅、校正、坐标转换、分类及生成 DEM、DLG 的全部过程。

**关键词:**激光扫描;激光点云数据;处理;分类;DEM;DLG

中图分类号:P208 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2011)05-0195-04

## Primary Exploration of Vehicular Laser Point Clouds Processing Based on Terrasolid

TAN Min, HONG Jin-yi

(Institute of Geosciences and Environmental Engineering of Central South University, Changsha 410000, China)

**Abstract:** This paper introduces the basic components of vehicular laser scanner system and its applications. It also introduces the main function modules of Terrasolid. Then it discusses the whole procedure of laser cloud points processing, from framing, calibration, coordinate transformation, classification, to the production of DEM and DLG.

**Key words:** laser scanning; laser point clouds; processing; classification; DEM; DLG

### 0 引 言

3 维激光扫描技术是一项新兴技术,因其采集数据的高效性、数据量大等诸多优点,已成为获取空间数据的一种重要技术手段。根据载体平台主要分为机载、车载、地面激光扫描技术 3 种。地面激光扫描虽然扫描精度高,但其扫描范围较小,不适合大面积的获取数据;机载激光扫描速度快但扫描点云数据精度较低、点密度较小,车载激光扫描结合了两者的优势,可以获取大范围、高精度、点密度大的激光点云数据。目前具有代表性的车载激光扫描系统为加拿大 Optech 的 Lynx 系统和德国 IGI 的 StreetMapper 系统。

Optech 的 Lynx 是一种安装在工程车上的车载激光探测与测距系统,该系统集成了差分全球定位系统(GPS)、惯性导航单元(IMU)、360°视场激光扫描仪(LMS)、距离测量设备(DMI)等多种传感器,能实时、主动、快速、高精度地获取道路两边的建筑物、桥梁、车辆、树木等的 3 维几何信息。其高达 100 000 点/s 的数据采样频率保证了足够的数据采集密度,提高了测量、绘图效率。可以广泛应用于道路两侧建筑 3 维数据采集、城市 3 维信息化建模、高效地籍测量及监视、涵洞及桥坝勘测等各种高效、高精

度 3 维测量及滑坡、灾害评估等。2010 年 4 月,深圳先进技术研究院技术人员利用该设备对西藏那曲地区某路段进行了 3 维激光扫描测量,路段长约 105 km,本文主要讨论基本 Terrasolid 系列软件处理该段激光点云数据的有关问题。

### 1 数据处理软件介绍

Terrasolid 是芬兰 TerraSolid 公司开发的一套专门处理激光点云数据的软件,基于 MicroStation 开发运行。它包括 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler、TerraPhoto、TerraSurvey、TerraPipe、TerraSlave 等模块。针对本文中的 Lynx 车载激光点云数据,主要使用 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 和 TerraPhoto 模块。

#### 1.1 TerraScan 模块

TerraScan 是用来处理激光点云数据的软件。功能如下:以 xyz 文本或类似于 LAS 和 TerraScan 的二进制文本读入原始的激光点云数据;3 维方式浏览数据;自定义点类别;激光点自动手动分类;交互式判别 3 维目标(如铁塔);数字化地物;探测电力线;矢量化房屋;生成激光点的截面图;输出点分类。

收稿日期:2010-08-11

作者简介:谭 敏(1985-)女,湖北洪湖人,地图学与地理信息系统专业硕士研究生,主要研究方向为车载 Lidar 数据处理和地理信息系统应用。

### 1.2 TerraMatch 软件模块

TerraMatch 可以自动匹配来自不同航线的航带,是用于调整激光点云数据里的系统定向差,测激光面间或者激光面和已知点间的差别并改正激光点云数据的软件。TerraMatch 能当作激光扫描仪校正工具来用或者当作一个数据质量改正工具。实际的工程数据中可能数据源存在错误,TerraMatch 可以解决整个数据的改正或对每条航线单独做改正,自动调整和配置激光数据;并且可以和 TerraScan,TerraModeler 和 TerraPhoto 集成处理激光数据。

### 1.3 TerraModeler 软件模块

TerraModeler 是功能齐全的地形模型生成模块,可以通过本软件建立地表、土层或者设计的三角面模型。其功能如下:编辑任意独立点;在围栏里移动、升降、推平所有点;构建断裂线,在模型中添加元素;把模型作为辅助设计的数据参照;把元素降到模型表面,使元素贴近地表;建立 3 维的剖面图;创建等高线图;创建规则方格网图;创建坡向图;创建彩色渲染图;创建彩色渲染图;计算两个面之间的体积。

### 1.4 TerraPhoto 软件模块

TerraPhoto 是利用地面激光点云作为映射面对影像进行正射纠正,产生正射影像的软件,是专门用于在激光雷达系统扫描时产生的影像做正射纠正的。整个纠正过程可以在测区中没有任何控制点条件下执行。软件纠正简单,具有以下的特点:纠正影像不需要控制点;根据地表精确构造激光点三角面模型;根据高程值逐像素纠正影像;自动平滑过渡两个影像间的色差。

## 2 激光点云数据后处理

Lynx 车载激光扫描系统采集得到的原始数据主要包括原始影像数据;原始地面基准站 GPS 与 GPS,IMU 记录数据。对于原始数据,首先要进行数据预处理,利用 GPS 基站对车载动态 GPS 后处理差分解算精确轨迹,然后与原始点云数据结合通过 Dashmap 软件生成最终的激光点云数据 Las 文件。然后再进入到数据后处理阶段,即在数据预处理的基础上,再作进一步校正,坐标转换后,根据分类后的激光点云数据生成相应的 DEM,DLG 等,数据处理作业流程如图 1 所示。

### 2.1 激光点云数据分幅

激光点云数据分幅是为了后期按定义好的 macros 高效地批处理海量的点云数据,分幅可以分为 3 种,分别为沿带状目标中心线分幅,正南正北规则格网分幅,不规则多边形分幅。根据本项目需要,我们采取按带状目标中心线方式分幅,依次分批读入点云数据,直接从点云数据里面大致的画出道路中心线,根据道路中心线按 1 × 0.3 km 分幅。

### 2.2 激光点云数据校正

经过检较场检较后的激光点云数据,在无特殊条件影响和限制下,都是精度比较高的点云数据,但部分测区仍可能存在航带不能匹配的情形,如图 2 所示,测区共有

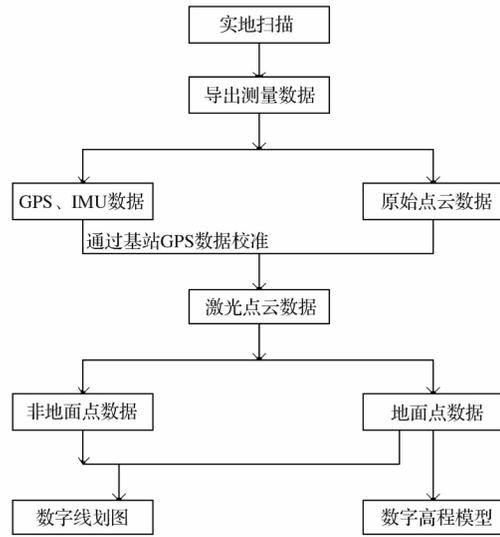


图 1 数据处理作业流程图

Fig. 1 The working flowchart of data processing

218 个控制点,扫描前在能够被激光车扫描到的控制点上布设 A4 幅白纸作为标记,依据测区的标记控制点进行该区域的点云数据调整,这一过程是借助于 TerraMatch 来完成的。在布设好的标记控制点的点位上点击该控制点,软件会自动记录该控制点的 3 维坐标,然后在其他视图的对应航带的同一位置点击鼠标,软件会依次记下不同航带上存在误差的点位坐标,依次添加各个标记控制点,软件根据所添加控制点构建曲线改正模型对不同航带的数据进行校准使之与标记控制点吻合,校准后的道路剖面图如图 3 所示,其中每种颜色代表一条航带。



图 2 校正前道路剖面图

Fig. 2 The road profile before correction



图 3 校正后道路剖面图

Fig. 3 The road profile after correction

### 2.3 激光点云数据坐标转换

经过预处理后的点云数据的坐标为 UTM 投影下的 WGS-84 坐标系,坐标格式为 WGS-84 坐标系下的平面坐标和大地高,由于本项目平均海拔为 4 000 m,且距离国

家坐标系的中央子午线也较远,为了满足规范对变形的要求,本项目采用了独立的工程坐标系。同时,为了提高坐标转换精度,我们将测区路线中 218 个控制点分成 6 个区,分别进行坐标转换参数的计算,计算过程中剔除了个别误差较大的控制点。

WGS-84 坐标系到工程坐标系之间的转换其关键是两个坐标系转换参数的计算,通常有两种方法来原因两个坐标系之间的转换,一是采取七参数法(3 个平移参数,3 个旋转参数和一个尺度参数)直接计算出转换参数,输入到 Terrasolid 软件中;二是利用 Terrasolid 提供的坐标转换功能。为了保证点云数据的完整性,本项目采用方法二,将两个坐标系下的坐标文件按相应的格式编制成记事本文档,在 TerraScan 的相应菜单中按要求分别输入源文件和目标文件,转换类型根据需要选择七参数或者九参数,即可计算出转换参数并命名。6 个区参数计算完毕后,我们对坐标转换参数精度进行检查,完全满足中误差小于 0.2 m 的要求。

### 2.4 激光点云数据分类

激光点云数据的分类,是进一步处理和利用的基础,经过预处理后的激光点云数据包括低点、地面点、植被、建筑物等,且都在同一图层中,激光点云数据分类就是将这些点放在先前定义的几个图层中。TerraScan 提供了许多分类工具,包括低点、地面点、高于地面点等,每一类里又分为若干小的类别,每一种分类都基于不同的算法,我们可以灵活地应用这些工具来对激光点进行分

#### 2.4.1 分离低点

分离低点主要是分离在相邻点云中较低点位的点,Low points 算法经常用来搜寻那些明显低于地面的并且可能是错误的点,这一算法的原理是给定一个点作为中心点,指定其范围内的每一个点与其高程进行比较,如果中心点明显低于其他点,那这个点将被分离出来。分离低点窗口如图 4 所示。

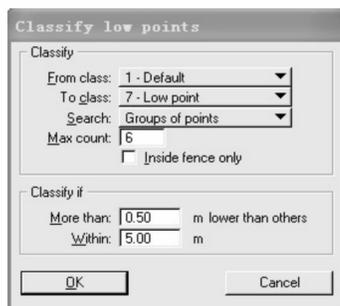


图 4 分离低点窗口

Fig. 4 The interface of Classify low points

#### 2.4.2 地面点分类

地面点分类是点云分类中最为关键的一步,其主要思路是通过反复迭代建立地表三角网模型的方式来分离地面点,ground 算法首先在分离低点的基础上,在一定范围内搜寻初始地面点来建立一个初始模型,并在这些点

之间构建一个临时的 TIN 模型;然后,在初始模型的基础上,通过迭代方法再添加新点到 TIN 模型中,新增加的点使得模型越来越接近真实的地面。

Ground 算法中 3 个关键参数是 Max buildingsize, Iteration angle, Iteration distance, 其中 Max building size 是测区建筑物最大边长,也可以理解为搜索窗口尺寸,若 Max building size 偏小,则可能将非地面点提取到地面点图层中;若 Max building size 偏大,则可能漏掉地形复杂处的地面点。Iteration angle 是点、其在三角形平面投影和与之最近的三角形顶点之间的最大角度,Iteration angle 值越小,点云数据的变化越容易控制。平坦地形使用较小角度(约为 4.0°),山区地形使用较大角度(约为 10.0°)。Iteration distance 是迭代时点到三角形平面的最大距离,它可以确保当三角形过大时迭代的起伏不会太大,这有助于剔除模型中的低矮建筑物。分离地面点窗口如图 5 所示。

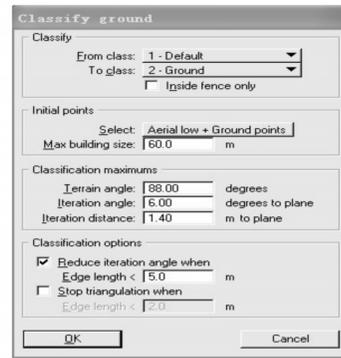


图 5 分离地面点窗口

Fig. 5 The interface of Classify ground

#### 2.4.3 地面以上点分类

根据点在地表模型中的高度值来区判断点的类别。通过高程值的不同将地面以上点划分为三类:低矮植被、中等植被、高植被。根据测区的具体类型,如可以将距离地面 0~0.2 m 划分为低矮植被,距离地面 0.2~2 m 划分为中等植被,距离地面 2~10 m 划分为高植被。By height from 算法是根据已分好的地面点建立一个临时的三角形模型,然后其他点与这个三角形模型的高度值比较,如果符合定义的高程值,就归入到对应的图层中。对于高植被分类,根据点的具体分布和高度,可以进一步区分出建筑物、电力线、植被等。建筑物分类可以使用 construct building 命令,再加以人工辅助修改,电力线和植被需人工来区分。

#### 2.4.4 分离水面点

通常情况下,用于扫描地形的激光在扫描到水面时,大部分激光点被吸收,且反射回来形成的激光点数据具有不确定性,当窗口显示的点云数据比较稀疏时,可判断该区域为水面,把落在该区域的点全部分类到 water 层中,但是需要借助影像来判断水面的边界。

在整个点云分类过程中,经过程序自动分类之后,都需要进行人工辅助编辑修改使之更为精确,在这一过程

中,要懂得灵活应用剖面工具来辅助识别,同时可以参照地面模型和影像,通过地面模型来判断激光点的分类是否准确,如地面模型中出现“拉丝”或者“凹陷”现象,可以判断对应的地面点中出现没有区分开的其他层的高点或者有没有剔除的低点等。而不容易判断的区域可以参考对应的影像来确定点云数据的所属类别。

## 2.5 生成 DEM

在完成了以上的点云数据分类后,因为激光点云数据本身就是具有 3 维坐标的离散点,所以可根据分类后的地面点云数据来生成 DEM,这一过程是借助于 TerraModeler 来完成的。从生成的地面模型可以直接生成测区的 DEM,并可以输出各种用户所需格式的 DEM(如图 6~7 所示)。

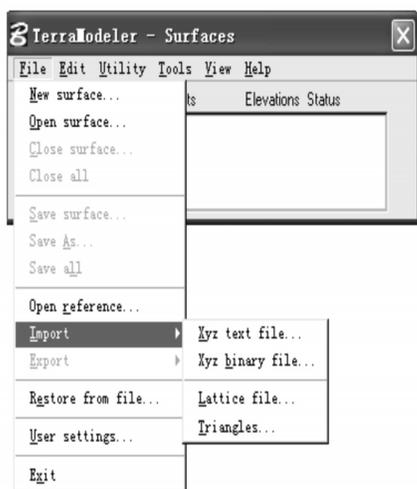


图 6 DEM 导出窗体

Fig. 6 The interface of exporting DEM



图 7 DEM 图

Fig. 7 The DEM map

## 2.6 生成数字线划图

在点云数据分类基础之上,利用分类后的地面点,借助于 TerraModeler 模块按等高距 0.2 m 生成 1:2 000 的等高线图。由于激光点云数据没有精确的边界,需借助于 TerraPhoto 结合影像数据,利用分类后的建筑物点、植被点、电力线点、水面点等具体点云数据,在 microstation 中按相应的制图规范修正完善等高线图,进而制作成测区数字线划图。测区部分数字线划图如图 8 所示。

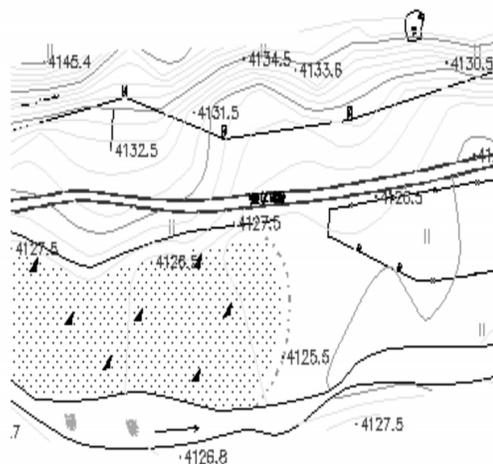


图 8 测区部分数字线划图

Fig. 8 The part digital line map of survey area

## 3 结束语

现代科学技术的发展日新月异,其显著特点是多学科交叉渗透的结合,随着激光雷达技术硬件与软件技术的不断发展以及国内各个行业对该技术的认识与研究不断加深,该技术借助于其独特的优越性,如可直接获取地形信息,快速获取高精度、点密度大的海量点云数据等,必将在工程行业内取得越来越广泛的应用。

### 参考文献:

- [1] 张娟,张小叶.基于 Terrasolid 系列软件的机载 LiDAR 数据后处理[J].科技情报开发与经济,2009,19(26):90-92.
- [2] 黄金浪.基于 TerraScan 的 Lidar 数据处理[J].测绘通报,2007(10):13-16.
- [3] 杨伟,刘春,刘大杰.激光扫描数据三维坐标转换的精度分析[J].工程勘测,2004(3):61-63.

[责任编辑:王丽欣]