

# 使用 Sketch Up 结合车载扫描和航空影像数据进行建筑物三维建模——以纽约布法罗为例

吴海若<sup>1,2</sup> 钟若飞<sup>1,2</sup>

(1. 三维信息获取与应用教育部重点实验室,北京 100048;

2. 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室,首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048 Email: wuhuo@126.com)

## 摘要

使用车载扫描或航空影像数据进行三维建模,有自己的优点和缺点.车载扫描数据精度高,但由于设备是立面扫描,扫描得到的建筑物往往只有一个侧面,因此建筑物的信息不完整,它也经常遇到失锁的问题,从而大大影响数据的精度.在同一时间得到的航空影像数据的空间分辨率和精度低,并且缺乏仰角信息,然而它的图像特征连续并且包含光谱信息.通过将车载扫描数据和航空影像数据的结合,我们可以提高数据的精度.本文利用车载扫描获取的布法罗一个街区的激光点云数据,结合相应的航空影像数据,首先对点云和影像数据进行预处理,将数据进行定位配准;然后使用 Sketch Up 对街区进行三维建模,最后将该模型上传到 Google Earth 的 3D 模型库,来检测该模型的精度.

关键词: Sketch Up, Google Earth, 点云数据, 航空影像, 三维模型.

中图分类号: P228

## 0 引言

本课题依托首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室正在进行的车载激光移动测量与建模系统研究课题.车载三维激光移动建模与测量系统可以快速的获取城市建筑物的三维模型数据,激光扫描仪能够直接获取景物的深度信息,方便快捷.此外,利用激光扫描技术进行三维重建能够有效恢复出具有准确几何信息和照片真实感的三维模型.

目前用于三维景观模型建立的主要方法有基于摄影测量的三维景观构建、2D GIS 辅助下的三维景观构建、AutoCAD 与 3D MAX 结合的三维景观构建.基于摄影测量的三维景观构建方法是利用航测影像数据提取地形、正射影像及建筑物等数据,需要大量的人工参与才能完成,软件与硬件成本很高.2D GIS 辅助下的三维景观构建方法只能将建筑物提取成规则的几何体,建立的城市模型缺乏真实感. AutoCAD 与 3D MAX 进行三维建模,其操作复杂、效率较低、

周期较长.

本文将车载扫描的布法罗一个街区的点云数据结合相应的航空影像数据所构建的三维模型为研究对象,探讨如何使用 Sketch Up 将两种数据结合在一起实现街区模型的精确构建,并将模型上传到 Google Earth 实现精度评估的方法.

## 1 技术路线

首先根据已知信息对获取的原始扫描数据进行建筑物提取,得到整齐干净的点云数据,并与相应的航空影像数据自动配准;其次,车载扫描获取的布法罗点云数据道路和部分建筑物数据比较精确,我们使用 Sketch Up 手工绘制轮廓线,建立三维模型;对点云不完整的建筑物,直接用从航空影像数据得到的建筑物影像图进行建模.再次,通过在 Google Earth 上获取相应地形数据,利用点云数据自带的经纬度坐标,准确上传到相应的位置,实现三维模型同 Google Earth 地形的无缝融合.最后,将建好的模型上传到将建好的模型发布到 Google 3D 模型库中来,进行精度评估.

收稿日期: 2013-03-20

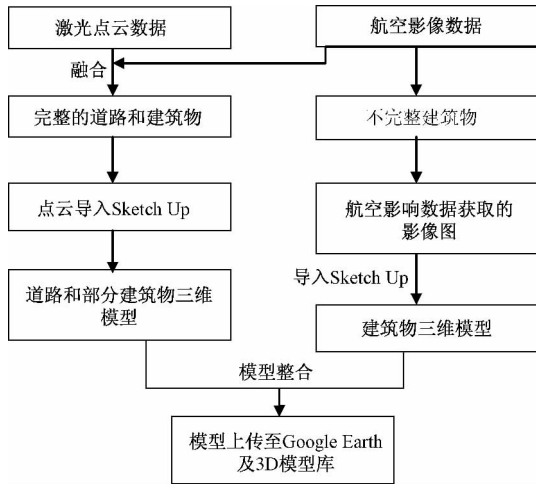


图1 基于 Sketch Up 三维模型路线流程图

## 2 三维建模

### 2.1 数据获取与处理

#### 2.1.1 车载激光点云数据

利用软件平台控制车载激光扫描仪得到的数据是点云数据(Point Cloud),点的表示形式为 $(x, y, z, intensity, R, G, B)$ ,不仅包含了点的空间位置关系,还包括点的强度信息和颜色灰度信息.离散的激光点云并不能够真实准确地表达建筑物的整体模型,为了满足建筑物三维建模的需求,首先要对所获得的点云进行处理,包括数据配准、数据滤波和数据分类.

#### 2.1.2 航空影像数据

Google Earth 的卫星影像,并非单一数据来源,而是卫星影像与航拍的数据整合.目前 Google Earth 只提供了二维影像数据,并未提供所需的高度等信息,无法直接从中获取建筑物的高度信息,我们结合 Google Earth 二维影像的阴影数据获取建筑物高度数据.

### 2.2 数据融合

将点云数据赋予 RGB 值,对点云数据的解译、分类和一些细节特征的表达都有非常大的帮助.对彩色点云数据生产,国内外学者从理论和生产上都进行了许多研究.主要思路有:①通过一些技术方案使两传感器同心(激光扫描仪中心和相机投影中心重合),匹配影像和点云中的同名特征点,恢复相机拍摄时的姿态,使对应两传感器投影角度实现数据融合.②在激光扫描的同时,用面阵相机进行立体摄影,构建立体像对,在同一坐标系内与激光扫描点云进行邻近融合.这些方法大多是针对地面静态扫描

仪或小区范围的数据采集,数据采集和处理复杂,难以满足复杂的动态街道测量要求.

本文的车载激光移动建模系统在点云数据采集的同时采集了目标物的影像数据,利用 POS 系统获取的姿态数据可以直接或间接地计算出相机曝光时刻的姿态数据.影像数据和点云数据的坐标系统就统一起来了,利用共线条件式可以使点云数据与影像数据准确融合.

### 2.3 三维建模

#### 2.3.1 激光点云数据模型建立

我们对预处理的点云数据通过专业软件构建.在 Pointools Plug-in for Sketch Up 中手工提取特征线,在 Sketch Up 中建模. Pointools Plug-in for Sketch Up 提供使用者在 Google Sketch Up 平台能够灵活且快速的处理大量点云资料,并且可以快速建立三维模型.

由于扫描获取的数据十分庞大,为了提高效率,我们可以在 Sketch Up 软件中利用提取工具,将点云分成几部分,分别进行模型构建.这里仅需要将道路和建筑物轮廓的特征点提取出来,不进行构网,直接根据点云图勾绘出其几何特征.

首先用 POD Creator 把布法罗街区 xyz 格式的点云数据转换成 pod 格式;打开 Sketch Up,导入 pod 格式的点云数据,放大点云,用 clip-box 截取其中一栋房屋,根据 clip-box 在点云下方画出基础平面;选择一个面或线激活模型,继续用 point snap 跟踪画出建筑物的轮廓线;使用 axes 工具来调整 X 轴和 Y 轴的方向,以便 Sketch Up 工具更容易地在 X、Y 和 Z 轴发挥功能.

然后打开设对话框,调整点云的密度和透明度,改变这些值更容易看见投影.使用 push/pull 工具拉伸一个表面,创建出体,这里的轮廓线被‘拉’起来,形成墙;使用 move 工具来提高地面,你可能会想直接复制地面或者创建一个靠近建筑物基础平面的新平面,但是当你移动一个对象,Sketch Up 将会沿着 X(红色),Y(绿色),Z(蓝色)来设置约束;在屋顶画一条线来代表屋脊,使用 move 工具来移动沿着 Z 轴(蓝色)的线,使用同样的方法来创建更小的坡度屋顶不是很好,Sketch Up 会改变所有相邻面来努力保持实体对象;相反,我们要选择垂直面和扫描线来找到屋脊线和在选定的面上创建一个同一平面上的三角形,使用 push/pull 工具把平面转换成三维体.为了提高墙体和屋面直接的吻合度,我需要使用

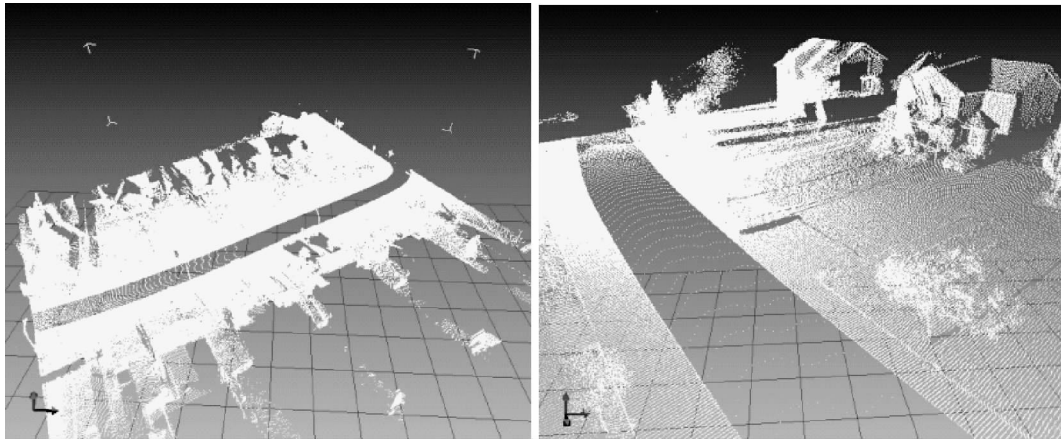


图2 布法罗激光点云数据

move 工具移动轮廓线.

最后使用 line、rotate 和 push/pull 工具来绘制其他细节,比如建筑物上的窗户,可以用 line 工具来画窗户的轮廓,用 push/pull 工具来做基本窗口形状的凹槽;同时修改点设置,使点云更加容易看到,接着使用 arc 和 curve 工具来制作更复杂的形状;使用 clip 工具来选择建筑物一个面,这里我们使用的是平面着色器,窗户显示红色,窗框绿色,窗户蓝色,这样绘制细节部分就很容易了,当其中一个窗户制作完成,可以复制它来重复使用.

### 2.3.2 航空影像数据建模

车载激光扫描仪只获取了道路侧面的点云数据,得到的数据不是体,而是一个二维的面,因此拟合后的建筑物往往只有一个侧面,我们对缺失点云数据的建筑物直接用航空影像数据获得的影像图来建模,来实现房屋的精确建模.

使用 Sketch Up 软件可以通过 Google 地图进行地理位置建模,Sketch Up 中内置了 Google 地图,通过给模型添加地理位置,在内置的 Google 地图中找到彩色的图像和更精确的地形.思路是把 Google Earth 上的影像以截屏方式保存下来,用 get screen 这个软件可以实现自动截屏并且拼接,可以获取到很清晰的影像数据.

对点云中数据不全的建筑物,获取其各侧面的图片,这里借助 Sketch Up 的“匹配照片”功能,您可以跟踪一张或多张照片来构建模型.使用匹配过程创建与建筑物或构筑物的一张或多张照片相匹配的 3D 模型.此过程最适于制作构筑物图像模型,如方形窗户的顶部和底部.我们先将图片导入软件,并将视图的透视关系与图片中的透视关系相匹配,接下来就可以进行模型构建.

### 2.4 着色和渲染

Sketch Up 中贴图制作集中在 Paint Bucket 工具中.可以利用程序自带的材质库中的材质和纹理,也可以自己拍摄、处理贴图,导入到 Sketch Up 中使用;可以设置贴图的具体尺寸;贴图的调整主要是通过贴图坐标来调整,可以实现曲面贴图、包裹贴图等高级贴图方式;吸管工具可以很方便地完成具有相同贴图的面的贴图操作;另外,还可以对贴图进行扭曲变形达到想要的效果.Sketch Up 也支持镂空贴图,将带有 alpha 通道的图片导入进来就能实现透明效果;将不同的对象赋予不同的材质,根据材质可以很方便地计算出某种对象的面积.

### 2.5 模型整合

直接用完整点云建立的道路和建筑物保存为 skp 格式,用航空影像图建立的建筑物模型我们也保存成 skp 文件,对于两个不同的文件,在 Sketch Up 中可以进行有效合并.

具体步骤:首先,确定道路和建筑物所在的模型位置,调好参数.然后单击菜单|窗口|组件|弹出组件,打开或创建库/增加库到常用选要合并 Sketch Up 模型的文件,组件窗口只就出现文件中的 Sketch Up 模型.以建筑物为例,如果对整栋建筑物进行编辑和分析,则按整栋为整体设置成一个 group;如果需要对楼层进行查询,则应以楼层为整体设置成 group,转为对应的 multi-patch.最后,模型被合并.

对合并好的模型,对照布法罗航空影像数据,找到相应位置,在模型中加入树木、轿车、小狗和人等细节部分,这样模型就变得生动逼真.这些细节的添加,不会影响到模型的精度和地理坐标数据.

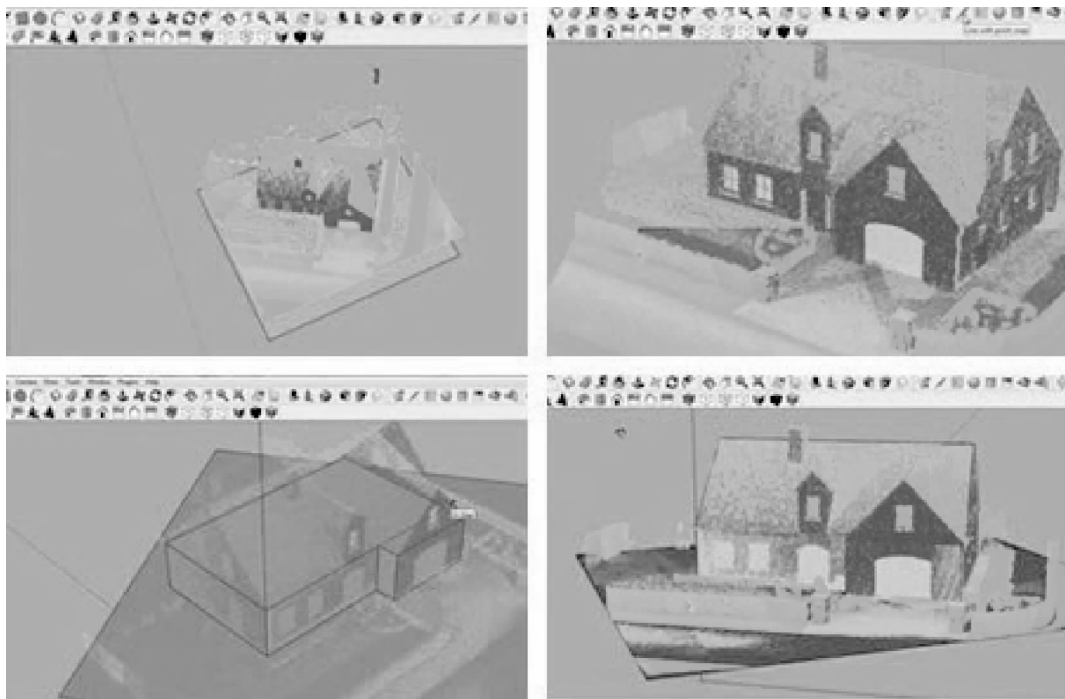


图 3 Sketch Up 中点云数据三维建模



图 4 航空影像数据获取的建筑物图片三维建模

### 3 输出模型到 Google Earth

#### 3.1 软件介绍

##### 3.1.1 Google Sketch Up

Sketch Up 是一个建筑草图软件,它能使用户快速建立简单的 3D 建筑模型. Sketch Up 提供了一个

插件,可以直接把 Sketch Up 建立的三维建筑物模型导入 Google Earth,并与 Google Earth 中的三维地形数据整合. Sketch Up 的推出极大地方便了三维模型的上传. 用户可以亲手制作 Google Earth 上的三维建筑物,只要使用 Sketch Up 把制作的三维建筑物地标放到 Google Earth 即可与他人共享.

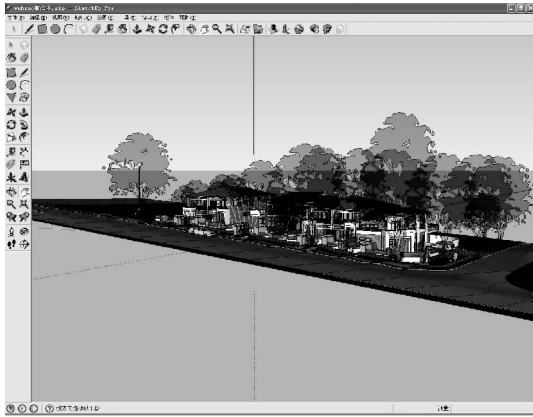


图5 Sketch Up 三维建模成果

软件名称	模型格式	支持数据格式	软件优点	软件缺点
Sketch Up	*.skp	.3dx .dwg	快速建模, 优质贴图功能	坐标信息不足, 数据量不宜过大
3DS Max	*.max	.obj .dwg	功能强大	功能复杂, 贴图较复杂
Sky Line	*.x	.x	支持海量三维 数据场景展示	单体三维建模 功能相对较差

图6 Sketch Up 与其他三维建模软件比较

### 3.1.2 Sketch Up 三维建模流程

在 Sketch Up 中建立三维模型就像我们使用铅笔在图纸上作图一般, Sketch Up 本身能自动识别你的这些线条,加以自动捕捉. 它的建模流程简单明了,就是画线成面,而后挤压成型,这也是建筑建模最常用的方法.

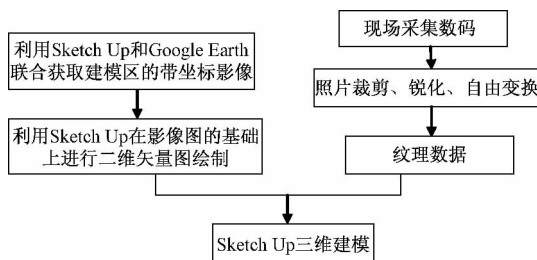


图7 Sketch Up 三维建模流程图

### 3.1.3 Google Earth

Google Earth 是一款 Google 公司开发的虚拟地球软件, Google Earth 把卫星照片、航空照相和 GIS 布置在一个地球的三维模型上,用户可以在上面标注自己的地标,并上传自己拍摄的照片.

Google Earth 于 2005 年向全球推出,被“PC 世界杂志”评为 2005 年全球 100 种最佳新产品之一. 用户们可以通过一个下载到自己电脑上的客户端软件,免费浏览世界各地的高清晰度卫星图片.

Google Earth 使用了公共领域的图片、受许可的航空照相图片、KeyHole 间谍卫星的图片和很多其他卫星所拍摄的城镇照片. Google Earth 采用的 3D 地图定位技术能够把 Google Map 上的最新卫星图片推向一个新水平. 用户可以在 3D 地图上搜索特定区域,放大缩小虚拟图片,然后形成行车指南. Google Earth 主要通过访问 Keyhole 的航天和卫星图片扩展数据库来实现这些上述功能. 该数据库在上星期进行了更新,它含有美国宇航局提供的大量地形数据,未来还将覆盖更多的地形,涉及田园,荒地等.

### 3.2 输出模型到 Google Earth

三维模型做好以后,就要将这些模型导入 Google Earth. 具体操作过程如下:首先在 Google Earth 中显示三维建模区域, Google Earth 中点击“add”下拉菜单,选择“add placemark”,添加三维立体模型的位置,添加地标. 然后将 Sketch Up 打开,把已做好的 skp 文件(三维模型)导入到当前图片中有地标建筑物的区域.

这样已经实现了从 Sketch Up 中输出三维立体模型到 Google Earth. 需要说明的是,每次输出的模型都保存在 Google Earth 的“Temporary Places”图层中一个叫“3D Warehouse”中. 每次制作后要重新打开 Google Earth 和 Sketch Up,否则会出错或建筑物不能当道指定地点.

至此已经完成了 Sketch Up 与 Google Earth 的结合,可以将做好的三维立体模型上传到服务器上,就可以方便别人看到共享的三维模型. 具体操作是点击 Sketch Up 上的 Plugins,下拉菜单中选择 3D Warehouse 点击 Share model,在弹出的对话框中输入标题与简介,单击“Upload”按钮,上传过程成功完成. 可以在 Sketch Up 中打开,也可以 Google Earth 中直接浏览.

### 3.3 模型精度评估

将建好的模型发布到 Google 3D 模型库中,模型经过审查后,可能会收入 Google earth 的“3D 模型库精选”图层. Google 地球中的“3D 模型库精选”图层,只有最优秀的模型才能入选该图层,从而实现了模型精度的测评.

如果我们的模型准确地代表了现实世界存在的建筑,那么就可以成为 Google 地球里“3D 模型库精选”图层的候选模型. 所以为了提高模型精度,我们必须遵守以下步骤:

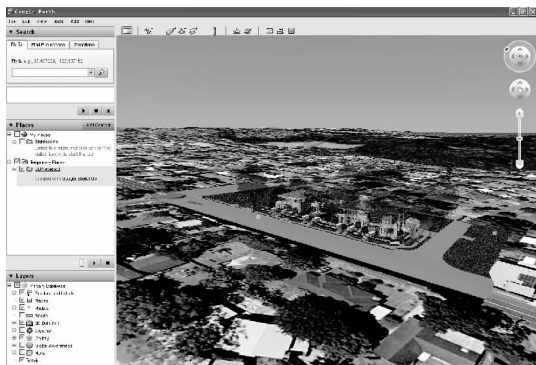


图 8 Google Earth 模型上传



图 9 模型上传到 3D 模型库

#### 1) 使用 Google 地球和 Google Sketch Up 让我们

的建筑在 Google 地球中准确定位。

2) 使用 Google Sketch Up 来给我们的建筑建模。

3) 将我们的模型发布到 Google 3D 模型库中。

4) 模型经过审查后,可能会收入 Google earth 的“3D 模型库精选”图层。这个挑选流程需要时间,但我们应该会在几周后在图层中看到自己的模型。

5) 入选“3D 模型库精选”图层的模型,在 3D 模型库中会以符号标示。

## 4 结 语

车载激光点云数据和航空影像数据结合提高了三维模型构建的数据精度,而 Sketch Up 的点云三维建模和照片匹配建模功能为快速建立物体的三维模型提供了一种全新的技术手段,而 Google Earth 为这一技术手段提供了很好的展示平台。借助于 Sketch Up 的强大功能,可以将做好的三维立体模型上传到服务器上,别人就可以看到共享的三维立体模型。因为本研究内容还处于创新阶段,本文提供的方法还达不到最优,但实现的结果还是令人满意的。需要进一步改进的是模型的细节精度,使方法更加灵活。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Sohn G , Dowman I. Data Fusion of High-resolution Satellite Imagery and LiDAR Data for Automatic Building Extraction [ J ]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing , 2007( 62 ) : 43 - 63.
- [ 2 ] Lemmen C H J , van Oosterom P J M , Eisenhut C , et al. ( 2010 ) The modeling of rights , restrictions and responsibilities ( RRR ) in the Land Administration Domain Model ( LADM ) [ C ]. Proceedings of the XXIV FIG International Congress 2010 , Sydney.
- [ 3 ] <http://earth.google.com/index.html>.
- [ 4 ] [http://www.SketchUp.com.cn/support\\_SketchUp.htm](http://www.SketchUp.com.cn/support_SketchUp.htm).
- [ 5 ] <http://www.SketchUp.google.com/support/bin/answer.py?answer=37938&topic=9061>.
- [ 6 ] 邓非. 基于 LiDAR 与数字影像的配准和地物提取研究[D]. 武汉: 武汉大学 2006.
- [ 7 ] 李黎 胡晓波 李剑. Google Earth 面面观[J]. 中国测绘 2006 , 1: 64 - 67.
- [ 8 ] 魏毓洁 巫从 蔡如. Sketch Up 在工程设计专业教学和实践中的应用[J]. 科技情报开发与经济 2006 8( 16 ) : 248 - 249.

# The Use of Sketch Up in Combination with Vehicle Scanning and Aerial Image Data for 3D Modeling of the Building—A Case Study of Buffalo in New York

Wu Hairuo<sup>1 2</sup> Zhong Ruofei<sup>1 2</sup>

(1. Key Laboratory of 3D Information Acquisition and Application of Ministry of Education, Beijing 100037, China;

(2. Beijing Municipal Key Laboratory of Resources Environment and GIS, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

## Abstract

Using vehicle scanning or aerial image data for 3D modeling have their own advantages and disadvantages. Vehicle scanning data is high precision, but because the equipment is vertical scanning, the vehicle always scanned out a side of the building, thus the character information of building is not obvious, there are no direct interpretation of the objects, and it is also encountered the problem of loss lock, which greatly affect the precision of the data. At the same time, the aerial image data has low spatial resolution and precision, and it is also lack of elevation information, however, its image feature serials and have spectral information. Through a combination of vehicle scanning data and aerial image data, we can improve the accuracy of data. In this paper, the vehicle scan obtained point cloud data of one block in Buffalo, combined with appropriate aerial image data. First, deal with the point cloud and image data. Then use Sketch Up for 3D modeling of the block. Finally, the model will be uploaded to the 3D Warehouse of Google Earth to test the accuracy of the model.

**Key words:** Sketch up, Google Earth, point cloud data, aerial image data, 3D model.