

文章编号:0494-0911(2012)02-0039-04

中图分类号:P28

文献标识码:B

利用 Google Earth 建立等高线三维地形模型

莫善军,李志凜,陈成江,夏佳俊
(中山大学 工学院,广东 广州 510006)

3D Terrain Modeling Based on Google Earth: Method and Realization

MO Shanjun, LI Zhilin, CHEN Chengjiang, XIA Jiajun

摘要: Google Earth 提供的免费地理坐标数据,可以作为 CFD 软件地形几何建模的数据源。通过 C#编程提取 Google Earth 提供的高程数据,应用 Global Mapper V11.0、Rhino 5.0 等三维建模软件自动实现三维地形图几何建模,该方法简单实用,能满足 CFD 计算要求。

关键词: Google Earth;地形建模;高程数据;CFD

一、引言

三维地形图能够真实反映地物、地貌,是计算流体力学(computational fluid dynamics, CFD)不可缺少的几何场景。地形建模是大范围区域(如化工园区)CFD 计算重要的前期工作,但是目前地形建模过程中可能遇到问题有:① 大范围区域涉及基础模型范围太大,数据收集和几何建模太繁琐以至无法完成;② 我国大中比例尺的地形图多为保密数据,数据获取十分困难,通过图纸扫描数据并矢量化费时费力,从而使得建模变得相对复杂^[1]。如何方便、快捷地完成三维地形建模工作是当前 CFD 计算必须面对的问题。本文介绍如何基于 Visual Studio 2008 平台利用简单的编程提取 Google Earth 高程数据,解决地形数据来源问题,再应用 Global Mapper V11.0、Rhino 5.0 等三维建模软件自动生成三维地形图几何建模,该方法简单实用,能满足 CFD 计算要求,技术实现流程如图 1 所示。



图 1 技术实现流程图

二、三维坐标提取和转换

Google Earth 是 Google 近年推出的一款桌面地图产品,目前已是家喻户晓的地理空间搜索引擎,它主要通过访问 Key-hole 的航天和卫星图片扩展数据库,使用户能在普通 PC 上自由地浏览地球卫星影像。其提供的全球地貌影像的有效分辨率至少

为 100 m,通常为 30 m(如中国大陆),山区、军事禁区等分辨率较低,视角海拔高度为 15 km 左右^[2-3]。Google Earth 目前有 3 个版本:个人免费版、Plus 版、Pro 版,除能提供详细的地理经纬度信息外,还提供一项重要数据——海拔高程。本文中使用的开发平台是完全免费的个人版,利用其中超过 1 000 GB 全球的地貌影像和 3D 数据,以及支持二次开发的功能来提取地形数据。

Google Earth 不仅能够提供优异的地图图像传输功能,而且还提供支持二次开发的 API 接口,能够基于 API 控制地图的显示操作地图要素,完成一定的空间分析。在用户安装 Google Earth 程序之后,程序会将自带的动态链接库注册到用户的操作系统上,任何支持 COM 规范的开发语言都可以调用 Google Earth 的 API,实现多种用途的二次开发^[4]。

本文基于 Visual Studio 2008 平台通过 C#编程对 Google Earth 软件进行二次开发,实现对 Google Earth 的操作,如控制当前视图的高度、中心经纬度,保存当前图片(灰度图像),读取高程信息等。下面介绍用 C#语言操作 Google Earth,提取地图三维坐标信息并进行相关数据的转换代码设计关键技术。

1. 代码设计

1) 在 Visual Studio 2008 中添加引用 Google Earth 的 tlb 库文件,文件名为“Google Earth. tlb”,在 C#的类文件加入 EarthLIB 引用,即可在编程中访问库中的接口和类^[5]。

2) 通过 IApplicationGE 接口启动 Google Earth, IApplicationGE 是 Google Earth API 开发中最重要的一个接口,通过该接口可以控制 Google Earth 程序的开启、关闭,获取地图窗口的句柄,还可以进行获

收稿日期:2011-03-18

作者简介:莫善军(1978—),男,广西环江人,博士,主要从事火灾安全科学方面的教学与科研工作。

取地图视场照相机对象、获取 Google Earth 版本号、转换坐标等一系列复杂操作。启动 Google Earth 的 C#代码设计如下

```
ApplicationGECClass GeApp = new ApplicationGECClass();
```

3) 通过 IApplicationGE 接口提供函数 GetPointOnTerrainFromScreenCoords ([in] double screen_x, [in] double screen_y, [out, retval] IPointOnTerrainGE * pPoint) 实现屏幕坐标和地理坐标转换功能。该函数能返回一个三维点坐标 pPoint, pPoint 包含经度、纬度和高程数据, 坐标点 (screen_x, screen_y) 范围可以从 Google Earth 当前视图的左下角 (-1, -1) 点开始, 通过循环遍历整个视图, 直到读到当前视图右上角的 (1, 1) 点, 精度由程序里面变量设定, 遍历得到的坐标点通过公式转换得到平面相对三维坐标值 (单位为 m), 写入根目录下的 A.txt 文件下。关键的 C#代码设计如下

```
string text = "";
PointOnTerrainGE pot = new PointOnTerrainGECClass();
int i, j;
double m, n;
double px, py;
double jd, wd, gd;
string strln;
FileStream fs = new FileStream ( ". / A.txt", FileMode.
Create);
StreamWriter sw = new StreamWriter ( fs, Encoding. De-
fault);
m = 100; n = 100; // 设定循环次数, 即读点数的精度
for ( i = 0; i <= m; i ++ )
{
    px = -1 + 2 * i / m;
    for ( j = 0; j <= n; j ++ )
    {
        py = -1 + 2 * j / n; // 取点数据
        pot = GeApp. GetPointOnTerrainFromScreenCoords
(px, py);
        jd = pot. Longitude;
        wd = pot. Latitude;
        gd = pot. Altitude;
        jd = (jd - 113.5208) * 28.48457 * 3600; //
以当前视图点 (E 113.2508, N 22.8101) 为原点, 将所得的经
纬度转化成平面相对坐标
        wd = (wd - 22.8101) * 30.6385 * 3600; //
经测算经度 1 度 = 28.48457 * 3600 米, 纬度 1 度 30.6385 *
3600 米
        strln = jd. ToString() + " , " + wd. ToString() +
" , " + gd. ToString() + "\r\n"; // 写入文件
        sw. Write(strln);
    }
}
```

```
}
}
strln = ". . end. . " + "\r\n";
sw. Write(strln);
sw. Close();
fs. Close();
```

2. 数据提取

广州市南沙区小虎岛是一个化工工业园区, 岛北主要是居民生活区, 地形以平地为主, 岛的中部和东部分布有化工厂, 分别散落在岛上两座山的周围。在应用 CFD 软件模拟计算储罐或管道危险化学品泄漏事故时, 岛屿的三维地形建模是几何建模重要的前期工作。在 Google Earth 设定视场高度为 2.85 km, 得到小虎岛区域视图如图 2 所示。循环遍历完当前视图的所有三维坐标点后, 可以通过移动视图将岛上其他部分的三维坐标点进行遍历, 得到的点坐标信息保存到 A.txt 文件中。文件内容如图 3 所示, 第 1 列为相对原点 X 轴坐标; 第 2 列为相对原点 Y 轴坐标; 第 3 列为高程值 (单位为 m)。其中原点位于当前视图的左下角, 经纬度为 (E113.2508, N22.8101)。为了便于 CFD 软件计算, 视图区域高程值为负值即表示该点海拔高度在海平面以下, 小虎岛周边区域为水域, 将负值的高程数据简化为零值。



图2 小虎岛视图面

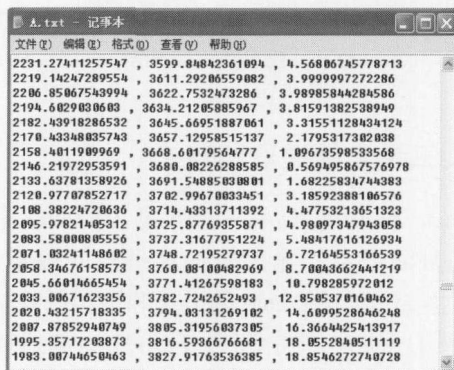


图3 点坐标信息文件

三、基于 Rhino 的等高线建模

1. 等高线生成

Global Mapper 是一款地图绘制软件,能够将数据(如 SRTM 数据)显示为光栅地图、高程地图、矢量地图。将点坐标信息文件 A.txt 导入 Global Mapper V11.0 软件中,导入类型要选中“从 3D 点数据获得海拔网络”,生成的等高线图如图 4 所示。然后利用 Global Mapper V11.0 软件导出数据,即在菜单项“文件”中选择“输出矢量数据”,选择“输出 DWG”,得到 DWG 格式的 CAD 文件,打开后如图 5 所示。

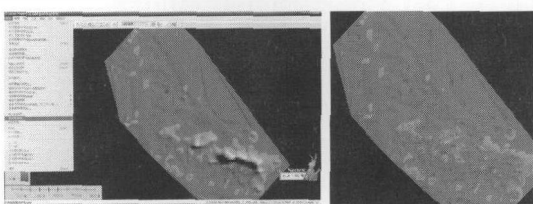


图 4 在 Global Mapper V11.0 中生成等高线

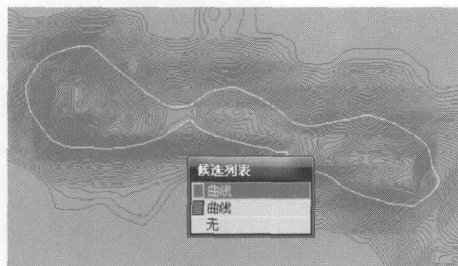


图 5 DWG 格式等高线图

2. 三维地形图生成

DWG 格式的等高线图主要由多段线和样条曲线绘制而成,Z 轴坐标表示等高线的高程,可以通过 Rhino 5.0 软件进一步处理生成三维地形图。Rhino,中文名称“犀牛”,是一款超强的三维建模工具,是美国 Robert McNeel & Assoc 开发的专业 3D 造型软件,它广泛应用于三维动画制作、工业制造、科学研究以及机械设计等领域。

通过 Rhino 5.0 软件直接导入 DWG 格式等高线文件,然后通过 Rhino 5.0 软件的相关工具对等高线图进行相关的简化和处理。需要注意的是,地形图中每条等高线必须封闭,而且不能重叠,如果有等高线不符合规格,会给后续的建模造成一定的麻烦,必须通过检查把不合格的等高线进行处理。图 5 是 DWG 格式等高线图,它可以应用 Rhino 5.0 软件的“嵌面”功能处理生成曲面,得到的地形曲面图如图 6 所示。

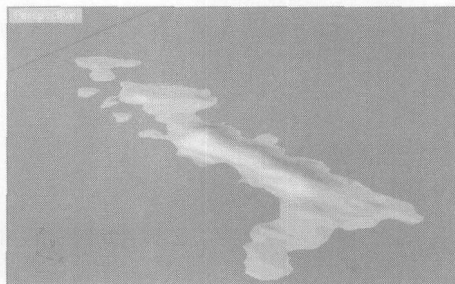


图 6 地形曲面图

下一步工作就是要从曲面生成实体,具体操作步骤如下:

- 1) 选取曲面,利用实体功能的挤出曲面处理,将曲面向下挤出一定高度。
- 2) 新建一个平面作为海平面,并用曲面向下挤出实体。
- 3) 运用实体中的差集运算,将前面两步做成的实体进行分割,得到三维地形实体,如图 7 所示。

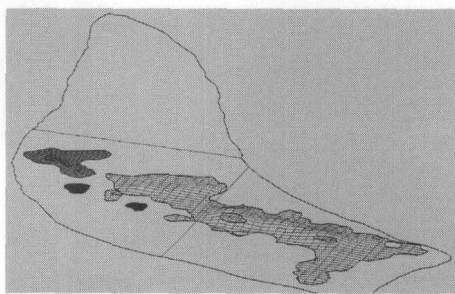


图 7 三维地形实体网架图

四、其他地物建模

1. 小虎岛轮廓的提取

小虎岛轮廓线的地理坐标提取可以使用另外一种更加简单实用的方法,该制作方法操作步骤如下:

- 1) 应用 Google Earth 提供的 Add polygon(多边形)工具,通过多个点把某个不规则的小虎岛岛屿描绘出来,得到的轮廓图如图 8 所示。

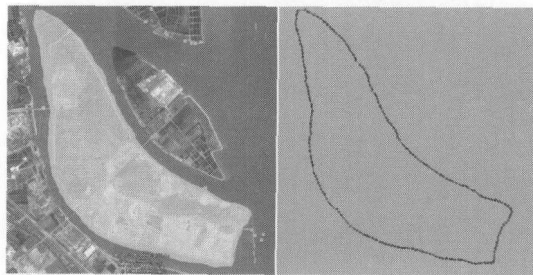


图 8 小虎岛轮廓图

2) 把绘制得到的 polygon 保存为 KML 格式文件,利用 Global Mapper V11.0 软件的格式转化功能把 KML 文件转为简单的 ASCII 文本文件。ASCII 文本中的数字表示轮廓边上点的经度、纬度和高程数据,这些数据再通过 Excel 公式计算实现地理坐标转换平面相对坐标,当前视图原点坐标为 (E113.250 8, N22.810 1),计算公式如下

$$X = (jd - 113.520 8) \times 28.484 57 \times 3600$$

$$Y = (wd - 22.810 1) \times 30.638 5 \times 3600$$

最后,将转换后的轮廓线平面相对坐标文件导入 Rhino 5.0 软件即可得到一个点云图像,炸开点组合后,再通过“多重直线→通过数个”功能绘制封闭曲线,最终得到小虎岛的轮廓线图。

2. 主要建筑建模

小虎岛上的主要建筑有化学储罐、厂房和居民楼,这些建筑物都是比较规则的图形,可以利用 Auto-CAD 的插入光栅图像参照功能,插入 Google Earth 中小虎岛的俯视图,参照已有的轮廓线大小适当调整图形,使之在比例上和轮廓线一致,然后利用 CAD 的画图功能针对岛上所有的建筑进行矢量化,如图 9 所示。再通过 Rhino 5.0 绘制平面图形,利用实体的挤出平面曲线功能把建筑物对应各自的高度建立三维实体,得到局部三维实体图,如图 10 所示。



图 9 小虎岛地物矢量图

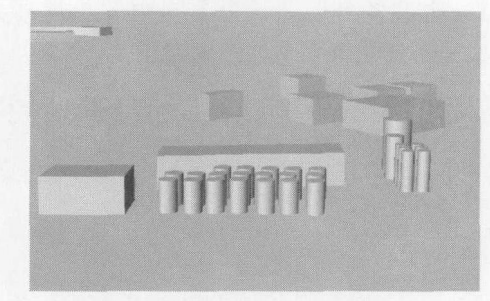


图 10 化学储罐和厂房三维实体图

最后,将地形模型和其他地物模型进行合并,得到完整的小虎岛三维几何模型,如图 11 所示。Rhino 5.0 软件处理生成的三维地形图可导出满足各种 CFD 软件几何建模的多种文件格式。如立体成型 (*.stl) 文件格式可以导入 Phoenix 软件。

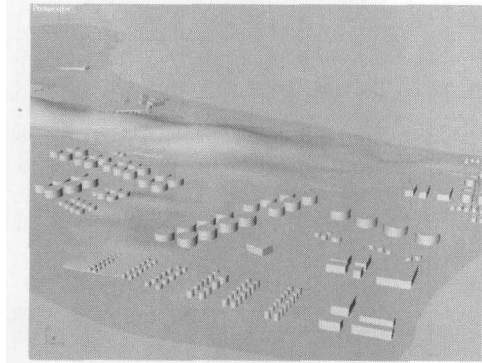


图 11 小虎岛三维几何模型图

五、结束语

从以上实例可以看出,利用 Google Earth 提供的等高线构造的三维地形,能够在一定程度上满足识别具体地形地貌的要求,可以作为大范围区域(如化工园区) CFD 软件计算几何建模的场景。本文通过 C#编程对 Google Earth 软件进行二次开发,提取了地图三维坐标信息并进行转换,再应用 Global Mapper V11.0、Rhino 5.0 等三维建模软件自动生成三维地形图,保留了等高线包含的地形特征,较好地实现了地形和地貌特征的表现,满足 CFD 计算要求。该方法技术比较简单,容易实现。

参考文献:

- [1] 徐拥军,廖婷. 基于 Google Earth 的高程图制作方法[J]. 中国西部科技, 2010,4(11):29-31.
- [2] 彭和强,张有能. 基于 Google Earth 的地形图制作技术[J]. 测绘通报, 2009(10):56-58.
- [3] 马谦. 智慧地图:Google Earth/Maps/KML 核心开发技术揭秘[M]. 北京:电子工业出版社, 2010.
- [4] 莫平浩,胡茂林. 利用 Google Earth 制作卫星影像图[J]. 电力勘测设计, 2008,4(2):30-31.
- [5] 陈育春. Google Maps API 开发大全[M]. 北京:机械工业出版社, 2010.