

文章编号: 1672-8785(2012)08-0032-08

KML 超叠加层的批量生成及其在虚拟地球中的应用

李明江¹ 朱良峰^{1,2}

(1. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062;

2. 中国科学院上海高等研究院服务科学研究中心, 上海 201203)

摘 要: 介绍了 Keyhole 标记语言 (Keyhole Markup Language, KML) 中区域 (Region)、细节级别 (LOD) 和网络链接 (NetworkLink) 的概念及实现原理, 描述了用 <Region>、<Lod> 和 <NetworkLink> 等 KML 地图项创建 KML 超叠加层文件及其在 Google Earth 中快速加载大型数据集的方法。用 VC++ 编程实现了基于遥感影像数据的 KML 超叠加层文件的批量生成, 并在项目实践中检验了该技术的实用性。

关键词: 超叠加层; KML; 细节级别; 虚拟地球

中图分类号: P208 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.08.006

Batch Creating of Super-overlays in KML and Its Application in Virtual Globes

LI Ming-jiang¹, ZHU Liang-feng^{1,2}

(1. Key Laboratory of Geographical Information Science for Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Service Science Research Center, Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201203, China)

Abstract: The concepts and implementation principle of Region, Level of Detail (LOD) and NetworkLink in Keyhole Markup Language (KML) are presented. The method for rapidly loading large image files into Google Earth by using the KML super-overlay files created through KML tags including <Region>, <LOD> and <NetworkLink> are described in detail. The batch creating of KML super-overlay files based on remote sensing image data is implemented by using VC++. The practicality of this technique is verified in a project.

Key words: super-overlay; KML; LOD; virtual globe

0 引言

随着地球空间信息技术的快速发展, “数

字地球”建设的步伐也逐渐加快。至今, 人们已经开发出多种虚拟地球软件, 如 Google Earth、Microsoft Virtual Earth 和 NASA World Wind 等。

收稿日期: 2012-07-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40902093); 国家科技专项 (SinoProbe-08); 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室开放基金项目 (SHUES2011A06)

作者简介: 李明江 (1987-), 男, 硕士研究生, 主要从事地理信息系统方面的研究。

E-mail: 51100801034@ecnu.cn

其中, Google Earth 已成为众所周知的地球浏览工具。KML (Keyhole Markup Language) 是由 Google 公司旗下的 Keyhole 公司开发和维护的, 它能够很好地被 Google Earth 支持。用户通过编写 KML 文件, 不仅可以在 Google Earth 中添加和发布各种类型的数据, 如点、线、多边形、二维图像以及三维模型等, 而且还可以在 Google Earth 上实现各种应用, 如地质和地球物理模拟^[1]、恶劣天气追踪^[2]以及灾后影响评估^[3]等。一些地学研究人员虽然可以通过 KML 文件将数字地图加载到 Google Earth 中, 但是他们对于大型数据集的加载速度问题则考虑得较少^[1]。显然, 用常规方法加载大型数据集的速度相当慢, 而且并不实用。

为了提高大型数据集在 Google Earth 中的加载速度及其与 Google Earth 的交互性, 本文首先阐述 KML 中区域 (Region)、细节级别 (LOD) 和网络链接 (NetworkLink) 的概念及实现原理, 并介绍用 <Region>、<Lod> 和 <NetworkLink> 等 KML 地图项在 Google Earth 中快速加载大型数据集的实现过程。然后通过 VC++ 编程方法实现一幅分级影像的 KML 超叠图层文件的批量生成, 以提高工作效率。最后, 在项目实践中对该方法进行验证。

1 KML 简介

KML 是基于可扩展标记语言 (Extensible Markup Language, XML) 语法标准的一种标记语言, 符合 XML 标准, 同时也是一种文件格式和地理数据交换格式。与 HTML 类似, KML 采用标记结构, 并含有嵌套的元素和属性。它在地球浏览器 (如 Google Earth、World Wind 和 Virtual Earth) 中可用于显示地理数据 (如点、线、多边形、2D 图像和 3D 模型等)。作为一种多功能地理数据格式, KML 可以在 Google Earth 中将网页、图片和模型等多媒体档案完整地呈现出来。

KML 文件有助于 Google Earth 实现数据的导入与导出, 而且其书签功能也可使 Google Earth 的使用和交流变得更加便利。用户不仅可以

不同的应用需求创建各自的 KML 文件, 而且还可以从相关专业网站上获取有趣的 KML 文件。与之前的版本相比, 最新的 KML2.2 版本的功能更丰富, 性能更完善。其主要功能如下: (1) 指定图标和标签来识别地球上的特定地点; (2) 为视图创建不同的视点, 添加的附加功能可以用全景六度来控制视图, 因此可以在空间中定位镜头, 然后绕 x、y 和 z 轴旋转; (3) 添加屏幕或地面叠图层; (4) 定义标注的显示样式; (5) 为标注指定基于 HTML 语法的描述, 支持超链接和图片的嵌入显示; (6) 使用目录对要素进行分层管理; (7) 与时间数据关联, 并可对具有时间戳记的标注进行动画展示; (8) 动态加载本地或远程网络地址的 KML 文件或 KMZ 存档; (9) 给 KML 地图项添加自定义数据; (10) 逐步更新通过网络链接 (NetworkLink) 加载的数据; (11) 采用 COLLADA 转换文件格式导入三维模型, 如建筑、桥梁和纪念碑等; (12) 当 Google Earth 客户端的视图变化时, 自动更新视图信息; (13) 允许跨空间和跨时间的移动游览。

2008 年 4 月 14 日, 开放地理信息系统协会 (Open Geospatial Consortium, OGC) 宣布 KML 成为开放地理资讯编码标准^[4]。Google 公司不再控制 KML 标准, 而是将其移交给 OGC 去维护和发展^[5]。现在越来越多的 GIS 相关企业也开始采用 KML 格式进行地理数据的交换。

2 用 KML 实现大型数据集的快速加载

在给 Google Earth 加载 KML 地面叠图层文件时, 如果图像文件属于 10 MB 级甚至 100 MB 级的大型数据, 其加载速度将会相当缓慢。那么如何能给 Google Earth 快速加载大型数据集而又不影响其性能呢? 创建数据金字塔和超叠图层可以很好地解决这个问题。数据金字塔不像影像金字塔那样以不同的分辨率显示同一幅影像, 而是将一幅影像分级后再以特定的分辨率显示其不同级别的图像的。运用当前实用的图像切割工具可以方便地自动或手动创建数据金字塔, 然后再结合 KML 中的 <Region>、<Lod> 和 <NetworkLink> 等地图项便可以完成超叠加

层的创建。这样就可以完美解决 Google Earth 中大型数据集加载缓慢的问题。

图 1 所示为在 Google Earth 中快速加载大型数据集的实现步骤。



图 1 在 Google Earth 中快速加载大型数据集的实现步骤

2.1 准备原始图像

准备需要载入 Google Earth 的原始图像。首先获取原始图像信息，如图像格式、分辨率、像素大小 (如 1024×1024) 和经纬度坐标范围等，尤其是要获取精确的经纬度坐标范围和像素大小。然后检查图像是否规则 (矩形)。若不规则，则最好进行填补使其变得规则，以便随后进行图像切割。本文只讨论原始图像规则的情况。

2.2 确定分割级数

准备好原始图像之后，需要确定图像的分割级数，即确定“数据金字塔”的层数。确定合适的分割级数对后续工作的顺利进行极其重要。分割级数应该根据项目的实际需要以及图像大小来确定。实践经验表明，在将原始图像分割至小于等于 512×512 (根据实践所得的参考大小) 像素的最小图片时，加载速度较佳。若图像太大，则将图片分割至 1 MB 以内的最小图片，此时也可以获得令人满意的加载速度。另外，一般采用四叉分割的思想对图像进行分割，每次分割所得到的平铺图片数量为 4^{n-1} (n 为分割级数)。因此，我们还需要顾及数据量和工作效率。综合以上因素，建议将图像分割至 5 ~ 6 级。

2.3 分割图像

根据 2.2 节中确定的分割级数，对原始图像逐级进行四叉分割。目前，有很多种工具软件都可以用来自动或手动分割图像，如 ArcGIS Server 和 Photoshop 等。图 2 所示为图像切割过程 (切割至三级)。

2.4 重采样平铺图片

重采样平铺图片就是将分割后得到的图片另存为不同于原图片大小的新图片 (通常以最小图片的大小为标准进行重采样)，然后便可以得到不同的细节级别。图像分割完成之后，需要将所有图片重采样为最小图片的大小。重采样后

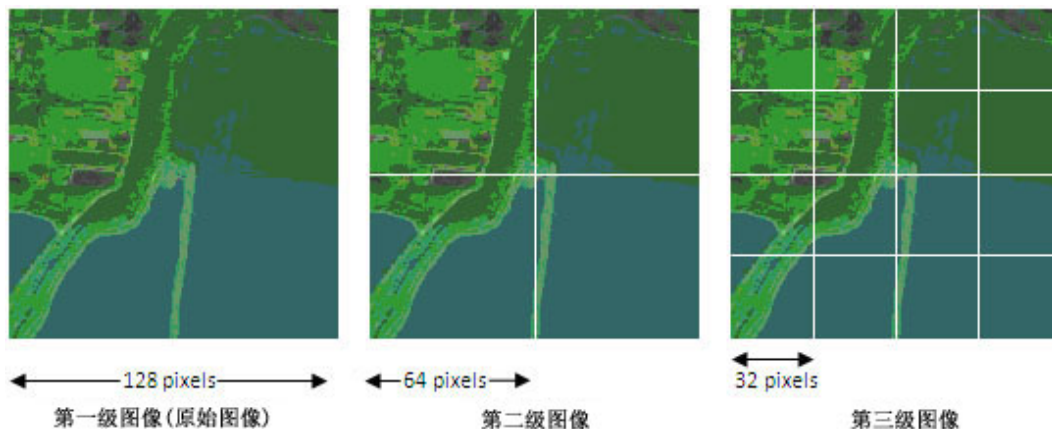


图 2 图像切割过程

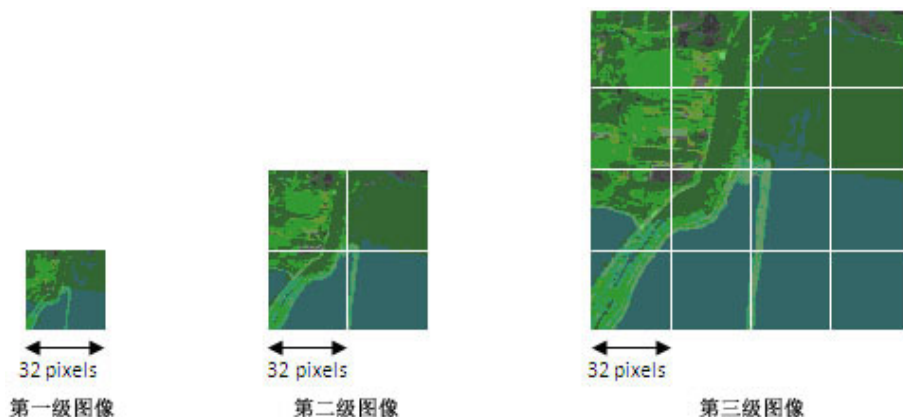


图 3 重采样平铺图片

的平铺图片比较粗略,但其与更远处的视点相对应,因而不会损失视觉信息。图 3 所示为经三级分割后的平铺图片的重采样过程。

当用户从最远处浏览该图片时, Google Earth 显示原始图片的缩略视图。当用户放大图片时,该图片被细分为四张平铺图片。其中每张平铺图片的大小都与原始图片的缩略图相同,但其可以提供更丰富的图像信息。若用户继续放大该图片,则会显示更加详细的图像(分辨率更高),直至显示具有最完整分辨率的图像为止。

2.5 计算平铺图片的经纬度

重采样平铺图片之后,需要根据原始图像的经纬度坐标范围来计算各张平铺图片的经纬度坐标范围(东、南、西、北)。由于原始图片是规则的,加上是四叉分割,所以获取各张平铺图片的经纬度坐标范围是很容易的。人们既可以手动计算,也可以通过编写简单的程序进行计算。

2.6 编写 KML 文件

准备好图像之后,接下来就要为重采样后的每一张平铺图片准备一个 KML 文件。其中每一个 KML 文件必须包含以下地图项:

(1) <Region>: 包含子元素 <LatLonAltBox> (用于指定该区域的范围) 和 <Lod> (用于确定该区域是否是活动的);

(2) <NetworkLink>: 用其子元素 <Link> 链接到下一级平铺图片的 KML 文件;

(3) <GroundOverlay>: 包含子元素 <Icon> (用于指定地面叠加层的图片) 和 <LatLonBox> (用于指定地面叠加层的位置范围,需与 <Region> 中的 <LatLonAltBox> 中的范围保持一致)。

下面简单介绍 LOD、Region 和 NetworkLink 的概念及其在 KML 中的语法结构和实现原理。

2.6.1 细节级别 (LOD)

LOD 技术是在不影响画面视觉效果的前提下,通过逐次简化景物的表面细节减少场景的几何复杂度,从而提高绘制算法的效率的^[6]。运用该技术时,通常需要为原始的多面体建立几个逼近精度不同的几何模型。与原始模型相比,每个模型均保留了一定的层次细节^[6]。图 4 所示为常用的四叉树模型。当从远处观察物体时,采用较为粗糙的模型;当从近处观察物体时,则采用精细模型。也就是说,屏幕上只显示当前视角范围内的细节数据,而远处的细节被忽略或者被简化处理掉了。LOD 技术最初是用于控制复杂三维场景的渲染的。然而,这一技术同样适用于多尺度二维图像的实时显示。

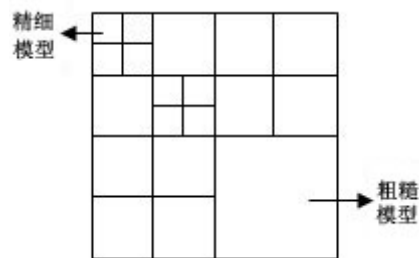


图 4 基于四叉树的细节层次模型

在 Google Earth 中添加大型数据集时, 由于计算机屏幕的空间有限, 最好的办法就是在具体的视图中载入合适的细节级别数据, 即随着视点的不断靠近, 逐渐载入分辨率较高的数据。由于低分辨率数据也占据了屏幕的一小部分, 用户无法辨别其差异, 而且其载入速度更快, 所以这样做既不会影响视觉效果, 又能大大提高加载速度。

在 KML 中通过 `<Lod>` 标签实现数据的细节级别显示, 其语法如下:

```
<Lod>
  <minLodPixels>0</minLodPixels>
  <maxLodPixels>-1</maxLodPixels>
  <minFadeExtent>0</minFadeExtent>
  <maxFadeExtent>0</maxFadeExtent>
</Lod>
```

其中, `<minLodPixels>` 标签指定显示数据时的最小像素, `<maxLodPixels>` 标签指定显示数据时的最大像素。对于投影到屏幕上的数据, 只有当占据的屏幕区域大于 `<minLodPixels>` 且小于 `<maxLodPixels>` 指定的像素值时才能显示。`<maxLodPixels>` 的默认值为 -1, 表示可将数据激活到无限大。`<minFadeExtent>` 指定几何图形从完全不透明到完全透明的距离, `<maxFadeExtent>` 则与之相反。

2.6.2 区域 (Region)

“区域”是一个强大的 KML 地图项。通过它可以给 Google Earth 添加大型数据集, 而不会影响到其性能^[7]。由于为数据提供了不同的细节级别, 若数据处在视图内且占据足够显示细节的屏幕, 则区域被激活。只有这样, 该细节级别的数据才会被 Google Earth 载入和绘制。

在 KML 中, 区域是通过 `<Region>` 及其子元素来实现的, 其示例如下:

```
<Region>
  <LatLonAltBox>
    <north>31.346037</north>
    <south>31.309955</south>
    <east>120.851693</east>
```

```
    <west>120.820979</west>
  </LatLonAltBox>
  <Lod>
    <minLodPixels>0</minLodPixels>
    <maxLodPixels>-1</maxLodPixels>
  </Lod>
</Region>
```

其中, `<Region>` 具有定义数据边框的 `<LatLonAltBox>` 元素, `<LatLonAltBox>` 具有北 (North)、南 (South)、东 (East) 和西 (West) 边界, 定义了绘制数据的范围。在 `<Region>` 中结合 `<Lod>` 使用时, 屏幕只显示目标区域的数据, 而非所有的数据, 避免了数据冗余, 提高了加载速度。而且数据不会累积, 也不会增加系统的存储负载。

2.6.3 网络链接 (NetworkLink)

`<NetworkLink>` 标签用于载入本地或远程网络上的 KML 文件或 KMZ 存档^[8]。使用其子元素 `<Link>` 指定 KML 文件的位置。若 `<Link>` 元素的子元素 `<viewRefreshMode>` 的值为 `onRegion`, 则指定只有当区域被激活时才载入与区域相关联的数据。因此, `<NetworkLink>` 只载入与“活动”区域相关联的数据。由于数据金字塔是按细节级别递增的层次结构, Google Earth 会载入最适合当前视图的图像。因此, `<NetworkLink>` 可以与 `<Region>` 结合使用, 从而高效地加载大型数据集。

在 KML 中, `<NetworkLink>` 结合 `<Region>` 使用的简单示例如下:

```
<NetworkLink>
  <name>Sample.jpg</name>
  <Region>
    <LatLonAltBox>
      <north>31.346037</north>
      <south>31.327996</south>
      <east>120.836336</east>
      <west>120.820979</west>
    </LatLonAltBox>
    <Lod>
      <minLodPixels>128</minLodPixels>
      <maxLodPixels>-1</maxLodPixels>
    </Lod>
```

```

</Region>
<Link>
  <href>Sample.kml</href>
  <viewRefreshMode>onRegion</viewRefreshMode>
</Link>
</NetworkLink>

```

因为最后一级图片所对应的 KML 文件不需要链接到下一级图片的 KML 文件, 所以可以没有 <NetworkLink> 元素。但即使有, Google Earth 也不会报错。需要特别注意的

是, <NetworkLink> 的子元素 <Link> 中必须包含 <viewRefreshMode>, 而且其值必须为 onRegion, 指定当区域变为活动状态时刷新文件 (链接到其下一级图片的 KML 文件)。另外, 本文将 KML 文件与采样后的图片存放在同一个根目录下, 以便编写 KML 文件。

2.7 加载数据

KML 文件编写完成之后就可以给 Google Earth 快速加载大型数据。只需打开重采样后第一级图片所对应的 KML 文件即可, 如图 5 所示。

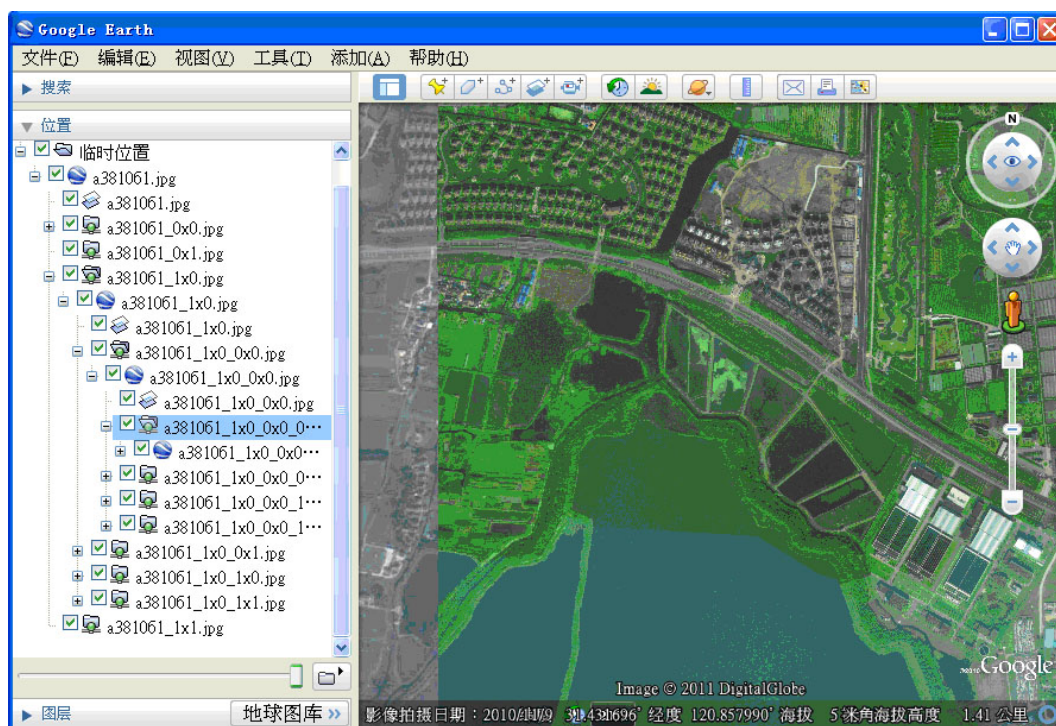


图 5 大型数据的快速载入

从图 5 中可以看出, 随着视点的逐渐靠近, 相应的区域不断被激活, <NetworkLink> 逐级载入与此对应的细节级别数据。而且它只载入与活动区域相关联的数据, 即满足给定的区域在视图中且投影大小适合当前视点, 所以不会随下一级图像文件的增多而影响其加载速度。

3 基于 VC++ 的 KML 超叠层文件的批量生成

由于总的图片数是按 4^{n-1} (n 表示分割级

数) 逐级累加的 (若分割级数为 5 级, 则图片总数为 341 张), 因此要手动为每一张图片编写一个 KML 文件。这不仅相当耗时, 而且还可能会出现不必要的错误。考虑到每张图片所对应的 KML 文件具有相同的结构 (最后一级图片的 KML 文件的结构也可以相同), 而且每张图片的经纬度范围都是按规律变化的, 所以可以采用 C++ 中的循环结构和文件的读写操作来为每张平铺图片自动创建 KML 文件, 从而实现 KML 超叠层文件的批量生成。这不仅可以大大提高工作

效率,而且还可以避免手工操作可能导致的错误。基于这一原理,本文设计和开发了一个基于 VC++ 的 KML 超叠层文件批量生成程序。其中,每幅图片信息的结构如下:

```
struct ImageInfo
```

```
{
```

```
    double m_dLat;    // 影像中心点的纬度
```

```
    double m_dLon;    // 影像中心点的经度
```

```
    wchar_t m_wcFileName[50];    // 生成的
```

KML 文件的路径

```
    wchar_t m_wcCol[2];    // 列号
```

```
    wchar_t m_wcRow[2];    // 行号
```

```
};
```

该程序用户界面友好,易于操作,执行效率高。其可行性已经在项目中得到了验证,因而具有较大的实用价值。图 6 所示为其运行界面。

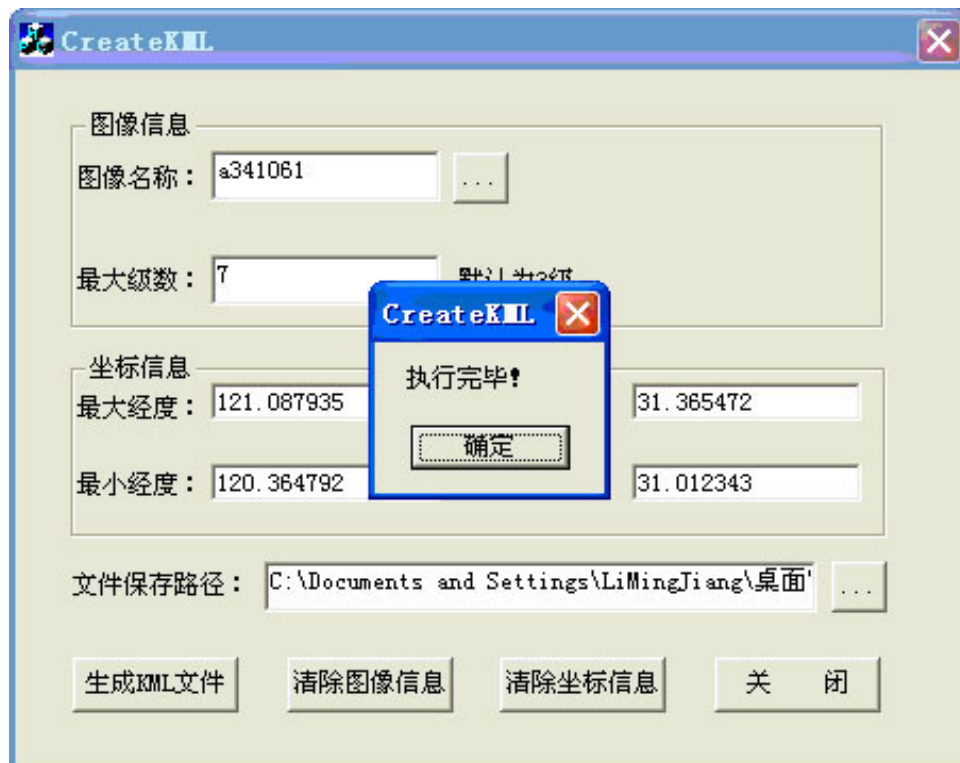


图 6 基于 VC++ 的 KML 超叠层文件批量生成工具的运行界面

4 研究实例

昆山市位于东经 $120^{\circ}48'21'' \sim 121^{\circ}09'04''$ 、北纬 $31^{\circ}06'34'' \sim 31^{\circ}32'36''$ 之间,处于江苏省东南部、上海与苏州之间。根据研究需要,须在 Google Earth 中载入分辨率更高的航空影像。整个昆山市的影像由 20 幅 200 MB 左右的航空影像组成。将其另存为 JPEG 格式之后,每幅影像的大小为 60 MB 左右。如果依次载入这 20 幅影像,不但会使加载速度变得非常慢,而且还会增加 Google Earth 的存储负载,有时甚至会出现程序崩溃的情况。

基于数据金字塔和超叠层的思想,我们把研究区的 20 幅航空影像分别分割至 4 级,并创建了数据金字塔;然后利用自己开发的 KML 超叠层文件批量生成工具为每一幅影像的各级图片创建了 KML 文件;最后编写了一个总的 KML 文件,并用它完成对 20 幅影像的同时载入,如图 7 所示。

由于总的 KML 文件也包含了 `<Region>`、`<NetworkLink>` 以及 `<Lod>` 等元素,它同样是一个超叠层文件,加载时不会影响加载速度和 Google Earth 的系统负载。

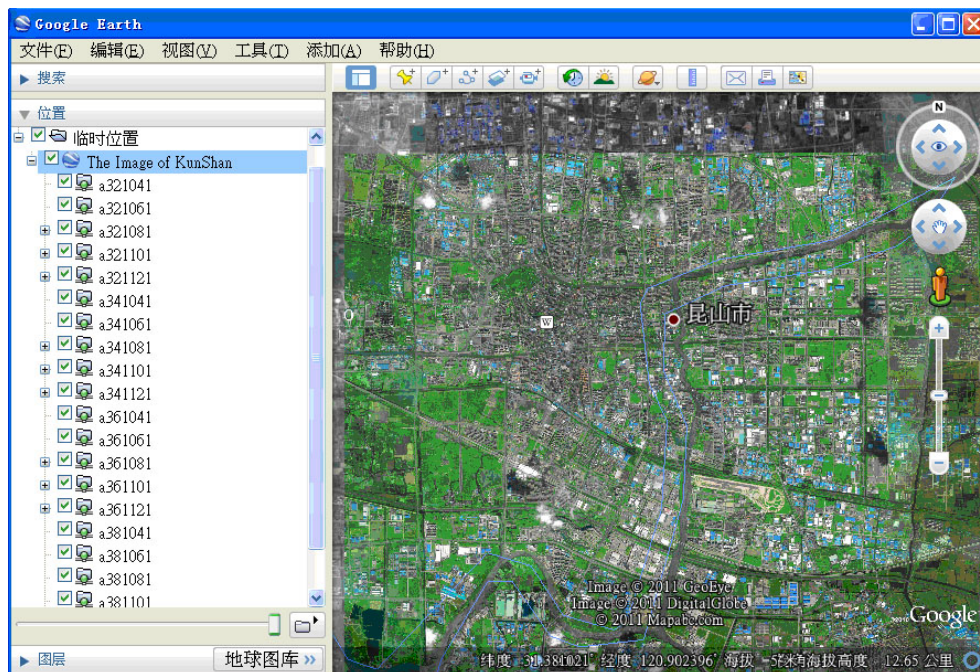


图 7 在 Google Earth 中同时载入研究区的 20 幅航空影像

5 结论

(1) 通过建立数据金字塔并创建基于区域、LOD 和网络链接的 KML 超叠层, 可以有效解决在虚拟地球系统中加载大型影像数据集的难题;

(2) 与手动创建 KML 超叠层文件相比, 本文设计和开发的批量生成 KML 超叠层文件的工具软件能够显著提高工作效率。

参考文献

- [1] Declan G, Paor D, Steven J W. Geological and Geophysical Modeling on Globes Using KML, COLLADA, and Javascript [J]. *Computer & Geosciences*, 2011, **37**(1): 100-110.
- [2] Joseph T, Jeff H, Kim R, et al. A Tropical Cyclone Application for Virtual Globes [J]. *Computer & Geosciences*, 2011, **37**(1): 13-24.
- [3] 欧阳溯, 洪培钊. Google Earth 及 KML 在日本地震的应用初探 [J]. *矿山测量*, 2011, **21**(4): 40-43.
- [4] OGC. Approves KML as Open Standard [EB/OL]. <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857>, 2008.
- [5] Google. KML – New Standard for Sharing Maps [EB/OL]. <http://google-latlong.blogspot.com/2008/04/kml-new-standard-for-sharing-maps.html>, 2008.
- [6] 张国宣, 韦穗. 虚拟现实中的 LOD 技术 [J]. *微机发展*, 2001, **11**(1): 13-16.
- [7] KML Tutorial – KML – Google Code [EB/OL]. <http://code.google.com/intl/zh-CN/apis/kml/documentation/regions.html>, 2008.
- [8] KML Tutorial – KML – Google Code [EB/OL]. [http://code.google.com/intl/zh-CN/apis/kml/documentation/kml reference.html](http://code.google.com/intl/zh-CN/apis/kml/documentation/kml%20reference.html), 2008.
- [9] Luca P, Peter D, Andrea M, et al. Standardization of Seismic Tomographic Models and Earthquake Focal Mechanisms Data Sets Based on Web Technologies, Visualization with Keyhole Markup Language [J]. *Computer & Geosciences*, 2011, **37**(1): 47-56.
- [10] Nguyen Q C, Soon K T. Google Earth as a Tool in 2-D Hydrodynamic Modeling [J]. *Computer & Geosciences*, 2010, **37**(11): 38-46.
- [11] Lisa M B, Bruce H R, Ruth E D, et al. Representing Scientific Data Sets in KML: Methods and Challenges [J]. *Computer & Geosciences*, 2011, **37**(1): 57-64.
- [12] 胡志蕊, 祝国瑞, 徐智勇. LOD 技术与制图综合在多尺度地图适时显示中的应用研究 [J]. *测绘科学*, 2006, **31**(5): 78-79.
- [13] 王艳, 何凭宗. 基于 VC++ 的 Google Earth KML 地标文件的自动生成及应用 [J]. *北京测绘*, 2009, **23**(2): 32-34.
- [14] 袁俊超, 苗放, 李玉林. 使用 KML 实现多细节层次技术 [J]. *地理空间信息*, 2009, **7**(4): 159-161.
- [15] 薛亚婷. 基于 Google Earth 及 KML 的数字校园设计与实现方法研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2007.