

基于分解组合法的三维景观网络共享

曾文华*

(浙江大学 地理信息科学研究所, 杭州 310028)

(*通信作者电子邮箱 mapz@sohu.com)

摘要:各地的数字城市建设积累了大量城镇区域的三维景观数据,但因为采用的标准规范、技术路线不同,之间不能互相共享和应用而成为“信息孤岛”。针对社会、公众三维景观网络在线共享的需求,分析三维景观数据内容、数据组织等标准规范和共享要求,比较二维、三维地理信息数据共享模式和集成机制,研究三维景观在线发布技术,提出基于分解组合法的跨地区三维景观在线共享的基本思路和技术路线,通过将三维信息在服务端分解为地形、影像、模型等组成单元,利用标准的地理信息服务发布,在客户端利用 HTML5 实现三维信息的组合和表达。通过省、市、县三级的共享实验表明,该方法对现有三维景观成果进行少量的改造就能够有效地实现共享。

关键词:三维地理信息;三维景观;分解;组合;在线共享

中图分类号: TP393.09 **文献标志码:** A

3D geoinformation network sharing based on decomposition and combination method

ZENG Wenhua*

(Institute of Geographic Information Science, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310028, China)

Abstract: People have accumulated a large number of 3D landscape data during the construction of digital city. 3D landscape application becomes "island of information" because of the difference of its standard criteria and technical route. Aiming at the public demand of 3D landscape online sharing, the standard of 3D landscape data's content and organization and sharing requirements were analyzed. Second, the research on the network sharing technique was conducted through comparing the sharing and integration mechanism between 2D and 3D geographic data. At last, the ideas and technical route of trans-regional 3D landscape online sharing based on decomposition and combination method were presented. This approach decomposed 3D information into various components such as terrain, image, model, etc. It used standard geographic information service and implemented construction and visualization of 3D information with HTML5 on the client. The simulation results demonstrate that this proposed method can effectively restructure 3D landscape model, and realize resource sharing among province, city and county with a little change.

Key words: 3D geographic information; 3D landscape; decomposition; combination; network sharing

0 引言

三维地理信息模型景观,简称“三维景观”,是虚拟现实的重要组成部分,主要用来作为容器模拟自然、社会、经济等活动。近年,全国数字城市建设已经积累了大量城镇区域的三维景观数据,许多点状的三维城市、三维社区、三维景区等三维景观系统在线提供着服务^[1]。如何整合与集成海量三维景观数据,实现跨地区、跨部门、复杂网络环境中的信息交换与共享,在三维景观的快速访问、加载、建模与可视化的同时,实现基于三维空间的索引查询和辅助分析,是当前迫切需要解决的现实问题。

文献[2]指出了三维景观共享需要解决的数据管理、数据调度、数据传输和信息集成四个问题,但其给出的方案是基于其专门软件 GeoGlobe 的,各个分布式三维景观只能局限于 GeoGlobe 的构建。测绘行业三维标准规范^[3-5]对三维地理信息模型作了详细的产品描述和生产建库规定,但其主要关注单个模型的描述,没有涉及具体的物理存储和发布共享规则。文献[6]提出单中心模式的三维 WebGIS 结构,在实际应用当中须各节点数据统一注册到单中心节点上,这种单核的三维

应用模式并不利于复杂网络环境间的共享;文献[7-8]指出 CityGML 作为一种三维模型数据定义与存储的描述语言,可以成为三维景观共享的基础模型和格式,这为后续研究复杂网络环境间三维景观的共享应用提供了支撑。

本文侧重于将分布在不同网络位置独立的三维景观,从整体系统的角度出发,研究其如何实现互联互通。基于分解组合法在服务端将三维景观分解为可以用标准地理信息服务发布的若干组成单元;在客户端实现发布信息的获取、组合和表达,最后通过省、市、县三级的共享实验进行验证。

1 三维景观共享中的分解组合法

1.1 分解组合法基本原理

分解组合法是管理学中处理复杂现象的主要方法,广泛应用于大型制造、工程设计、软件开发等综合工程中。其基本思路是解决一个综合性、复杂性的问题,把它转换成已有解决方案的几个简单问题或者基本问题。分解组合法将现实世界中的模型分解为可用抽象符号来表示的基本单元,然后再使用关系将它们组合在一起,形成一个稳定的结构。分解的结果是:有限的单元类型、固定的表达和使用的方式,以及对应

的解决方案,因此标准清晰的基本单元是组合复杂事物的关键。而组合是通过关系将不同事物组装在一起,形成完整的功能产品^[9]。

以单个三维模型为例说明,无论采用何种格式的网格文件,要组成一个富有真实感的物体,都需要将网格与纹理有机地结合起来,如图1所示,一个模型可以分解为若干个网格和纹理,网格和纹理都有各自独立的存储和组织方式,它们之间还存在对应关系,并遵循一定的映射规则:如网格 a 表示实体表面的某一特定区域,这一区域的颜色图案和沟纹即为纹理 a 。

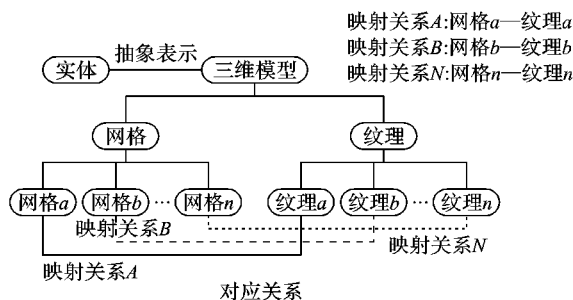


图1 三维模型的分解和组合

1.2 二维地理信息共享规范

二维地理信息共享已经形成了完整的解决方案和标准体系,目前开放地理空间信息联盟(Open GIS Consortium, OGC)已经完成了一系列二维地理信息共享标准规范的制定^[10]。表1中的规范已经广泛存在于各类二维地理信息应用和服务中。

表1 常用的 OGC 规范

OGC 规范	服务内容
WMS(Web Map Service) 网络地图服务	地图显示
WMTS(Web Map Tile Service) 网络地图切片服务	地图显示
WCS(Web Coverage Service) 网络地理覆盖服务	栅格数据获取、显示
WFS(Web Feature Service) 网络要素服务	地理要素的编辑、检索
WPS(Web Processing Service) 网络处理服务	地理处理和分析
CSW(Catalog Service for Web) 网络目录服务	目录和元数据服务
GML(Geography Markup Language) 地理标记语言	空间信息编码方式,用于数据传输和存储

1.3 三维景观共享技术路线

三维景观共享,旨在通过跨地区、跨部门的协作,将分布式的三维景观数据,纳入到统一的地理信息服务体系,建立良好的数据交换、更新和维护机制。按照分解组合法对三维景观共享进行分析,将其分解为表1中标准服务能够表达和交换的最大单元,再利用此服务将这些单元信息发布出去,那么在网络另一端的用户就可以访问和接收这些服务单元,再按照推荐的方式或用户意愿重新组合,恢复还原成特定的三维景观,达到三维景观共享的目的。分解法通过将三维层次的共享问题分解为若干个二维层次的共享问题,实现复杂问题简单化。若网络间各自独立的三维景观按照这种方式分解和发布,就可以将分散在各节点的三维信息聚合形成一个大型

分布式三维景观综合场景,使得各孤立的三维景观均处在同一环境下,达到三维信息的有效共享、集成应用的效果。

三维景观共享分解组合法基本流程见图2。首先,对三维景观进行分解,理清每个组成内容的采集、存储、组织和管理的内部机理,以及在线共享的方法和要求,按照标准的地理信息服务或 Web 服务将分解后的信息发布,形成相对独立的功能单元;其次,分析每个单元间的内在逻辑,从三维景观整体模型的角度考虑,包括服务端的组织方式、客户端的加载方式和展现方式、客户端和服务端之间的交互方式、三维分析功能的实现方式,将分解的各单元模型按照应用需求重新组合成一个完整的三维景观。

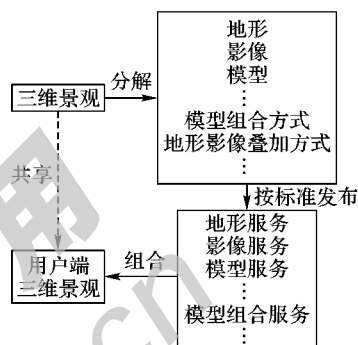


图2 分解组合法三维景观共享流程

2 三维景观单元分解及其共享方法

典型的三维景观可分解为:三维地形(影像数据、数字高程模型组成)、三维模型和二维信息三个主要组成部分,以及将单元内联的规则和要求,如坐标系统、分类代码、精度要求等。下面就各项内容展开说明。

2.1 坐标系统

大部分三维景观数据基于城市平面坐标系构建,不利于跨地区的数据共享。为了实现城市之间、城市与省、国家之间三维景观的无缝衔接,须基于统一的坐标系统,通过采用国家标准,约定采集、加工处理方式进行统一,包括:1)平面基准。统一转换到2000国家大地坐标系的球面上来,并保持模型之间的无缝连接,解决缝隙和交错问题。2)高程基准。统一采用1985国家高程基准,同时统一三维模型在三维地形上的放置高度处理(如对地形的削平处理、对建筑物单体的抬高处理)。3)模型坐标系。遵循场景下的坐标系统,对三维模型进行坐标的转换处理,包括三维模型中关键点(锚点)的确定和坐标转换处理;同时统一模型缩放、旋转(包括 x 、 y 、 z 三个方向)和偏移的定义。

2.2 分类代码

按照文献[5]对三维模型进行编码,包括建模单元编码、模型类型、模型顺序号和表现等级四部分,统一单个模型划分粒度。

2.3 三维地形

三维地形的主要组成包括影像数据和数字高程模型,以及约定的两者之间的叠加关系。其中:1)影像数据用于反映地形地貌的纹理、材质及地表形态,须明确影像的现势性要求、分辨率要求,以及影像金字塔构建方式,并制定接边处的影像处理要求。影像数据可发布为标准的 WMS、WMTS 服务方式进行共享。2)数字高程模型数据用于反映地形起伏特征,需要明确数据的现势性要求、格网间距以及跨地区拼接处的数据处理要求。数字高程模型可发布为标准的 WMS、

WMTS 服务方式进行共享。

2.4 三维模型

三维模型因为建模软件不同,模型的文件格式各不相同。又因为采集精度、纹理贴图等存在差异,即使采用同一软件,最终的三维模型成果也存在差异。要将模型有序地共享,需要对三维模型在以下四个方面进行统一。

2.4.1 模型格式

模型作为单独的文件发布在服务器端,按一定规则调度提供给客户端使用,客户端获取到的是若干模型文件,因此要求客户端能够较好支持各模型文件格式。目前,多数第三方浏览器框架提供了大部分 3D 模型文件的支持,模型文件格式如: .x、.3ds、.skp、.wrl、.obj 等,即可发布共享。

2.4.2 模型精度

模型平面精度、高程精度和纹理精度按 LOD 1~5 划分,具体参考文献[3~5]。

2.4.3 影像纹理、贴图方式

为了最大限度获取客户端软件支持,纹理和贴图要选用通用且漫游效率高方式组织。按照文献[3]明确纹理文件规格的要求,约定 Alpha 通道、分辨率、压缩品质等信息。当模型较大时,还需要进行烘焙处理。

2.4.4 模型组织方式

三维模型是离散建设的,一个城市包含上万个三维模型,通过定义矢量点 shapefile 文件可将离散的模型组织起来。shapefile 文件中应定义以下内容:1)位置信息:经度、纬度、海拔高度、离地间隙高度、旋转角、倾角、翻滚角;2)缩放比例: x、y、z 三轴的缩放比例;3)模型类型、文件位置;4)属性信息:名称、分类代码、图片和说明等。

通过地图服务发布软件将矢量点文件发布成标准的 WFS,网络上的用户通过 WFS 便可查询三维模型的存储位置、坐标、叠加参数以及属性信息。根据当前的位置和视野加载关联的模型文件,创建三维白模(无纹理信息);再通过模型本身存储的网格与纹理的映射关系,将纹理读出,并按照模型索引有序渲染。

2.5 二维信息

三维景观集成二维地理信息,主要包含两方面的目的:一是增强三维的表现,对地面要素进行标注和说明;二是标识地物信息,辅助查询检索分析。二维信息查询利用 WFS 的方式对三维模型属性进行关联和管理,二维展示则通过 WMTS 或 WMS 方式叠加。

3 三维景观的组合和表达

在服务器端按照规范生产和处理各类组成单元,并按照标准的服务发布出来,但目前为止每个单元只是孤立的元件,不能成为具备功能的产品。为此需要三维景观组织文件,用于建立各个独立单元之间的连接并完整地展示和应用。三维景观组织文件是实现各类分布式三维景观的数据组织、管理、共享和融合,并提供应用服务的核心。

3.1 三维景观组织文件

开放的三维地理信息场景组织文件基于 XML 构建,能够将场景中各种结构化数据传递到浏览器,进行客户端计算和展示。文献[6]描述了 World Wind 的场景配置 XML 文件,文献[7~8]阐述了基于 CityGML 和 KML 描述的三维城市开放数据模型,两者都是 OGC 支持的标准规范,均可应用到三维

模型结构的组织和定义中。本文只提出了共享的内容要求,模型的组织可以按照 CityGML 或 KML 文件结构构建。主要的组合内容包括:

1)景观文件的组成,包括 DEM、影像、三维模型、文字标注等内容划分及其标识;

2)单元文件的描述,包括单元的描述、属性项的定义、相互关系的定义等;

3)三维场景控制,根据地图分辨率的大小或者相机的高度,展现的模型、要素及其层次等。

图3定义了一个XML描述的简化的三维景观组织文件。一个三维景观组织文件可管理多个孤立的三维景观中的单元信息,每个景观又有自身的覆盖范围、视域范围和层级,景观内的地形、影像和模型也可由多个来源组成。

```
<?xml version="1.0"?>
<TDMapSet>
  <TDMap>
    <terrain provider="**img" homePath="www.xxx.com/terrain"
      level="1" pixelSize="0.5" altitude="1000,10000"
      bound="120,30,0.5,0.5" serviceType="WMS"
      coordinateSystem="CGCS2000">
      <!--地形: 影像系统, 影像类型, 影像范围, 影像分辨率范围,
      分辨率, 层级, 影像格式, 提供源。-->
    </terrain>
    <image provider="**img" homePath="www.xxx.com/image"
      level="1" pixelSize="0.5" altitude="1000,10000"
      bound="120,30,0.5,0.5" serviceType="WMS"
      coordinateSystem="CGCS2000">
      <!--影像: 影像系统, 影像类型, 影像范围, 影像分辨率范围,
      分辨率, 层级, 影像格式, 提供源。-->
    </image>
    <model provider="**obj" level="1" pixelSize="0.5"
      altitude="1000,10000" bound="120,30,0.5,0.5"
      serviceType="WMS" coordinateSystem="CGCS2000"
      modelHomePath="www.xxx.com/model"
      organizationHomePath="www.xxx.com/modelOrg"
      format="obj">
      <!--三维模型: 坐标系统, 模型类型, 模型文件格式, 模型范围,
      模型分辨率范围, 分辨率, 层级, 模型格式及分辨率设置, 模型源
      分辨率, 提供源。-->
    </model>
  </TDMap>
</TDMapSet>
```

图3 简化的三维景观组织文件样例

3.2 三维客户端的开发和表达

最终的三维景观组织文件是在客户端浏览器中表达和应用,三维景观展现不像二维地图能够得到浏览器的普遍支持,如何扩展浏览器的三维展示能力,传统的方式是通过插件来实现,如:天地图三维插件、Google Earth 插件、World Wind Java Applet、Skyline TerraExplorer 插件等,服务器发布的三维景观只能在特定客户端中使用。因其市场覆盖广,数据源丰富,需要另外对其进行处理,将数据按照分解组合法的要求重新配置,使得每个组成单元均可支持网络共享。另一种方式是基于 HTML5 开发,HTML5 内置组件 canvas 对三维有较好的支持,此外 WebGL 是 HTML5 中的 3D 技术,可为 HTML5 提供硬件 3D 加速渲染。目前,主流浏览器(Chrome、Firefox、Safari)均已经支持 WebGL,Android、iOS 等移动设备也开始支持 WebGL。文献[11~12]中提出基于 HTML5 3D 的三维地理信息系统建设思路,利用 Three.js、PhiloGL、SceneJS 等第三方 WebGL 框架库,开发纯浏览器的三维地理信息客户端,通过解译服务器端开放的三维地理信息场景组织文件,可实现浏览器端聚合分布式的地理信息,并支持三维场景的浏览和交互。图4是客户端访问三维景观的流程示意图。

3.3 应用实验

本文提出的方法在浙江省市县三级三维景观在线共享中进行了实验。实验选取的三方均已经完成了数字城市三维景观的建设,如表2所示,由于这些三维景观成果坐标系、发布软件、模型制作方式、采集和处理要求都不尽相同,各自均为孤立的节点,无法实现从全省大场景无缝缩放到市、县的城市三维景观。

表 2 实验区域三维景观差异

参数	浙江省	绍兴市	柯桥区
范围	全省	城区	城区
面积	10 ⁵ km ²	365 km ²	39.6 km ²
坐标系	2000 国家大地坐标系	地方坐标系	地方坐标系
发布软件	Skyline	科澜 3DVP	科澜 3DVP
地形、影像	MPT 格式	数据库存储	数据库存储
模型格式	xpl 格式	专门格式	专门格式
模型组织	shp 格式	数据库表单	数据库表单

通过分解组合法将三者的三维景观数据进行分解改造(包括坐标系转换成 2000 国家大地坐标系,地形和影像切片,模型转换成 Three.js 支持的 JSON 格式,模型 LOD 规范化整理,模型组织文件转换),发布在线的服务,再配置三维景观组合文件,实现了一个集成省、市、县的跨地区、跨部门的三维景观平台,支持无缝显示、漫游和查询。数据的转换和坐标变换可以通过程序自动化完成,整体工作量较小。图 5 是浏览器中共享的三维场景效果图,基础地形和影像来自于省节点、三维模型分别来自于绍兴和柯桥节点。

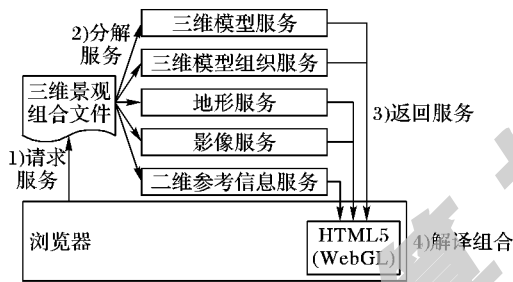
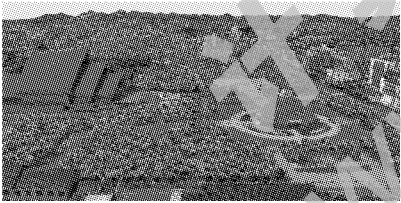
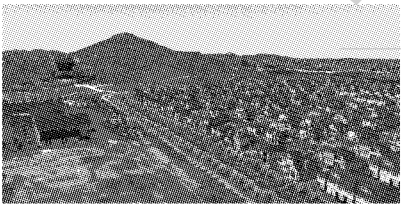


图 4 客户端访问三维景观流程示意图



(a) 绍兴城区场景



(b) 柯桥城区场景

图 5 浏览器中共享的三维场景

4 结语

针对目前三维景观在线服务系统的现状,本文分析了三维景观的基本组成和内在机制,提出了三维景观“分解组合法”在线共享模式,将三维层次的共享分解为若干个二维层次的共享,降低了共享的复杂度,保障现有数据的重用性。通过省市县的实验表明,该方法对于实现数字城市独立三维景观之间的共享具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] LI D, LIU Q, ZHU Q. An integrated representation of outdoor and indoor in CyberCity GIS[J]. Geomatics and Information Science of

Wuhan University, 2003, 28(3): 253 – 258. (李德仁, 刘强, 朱庆. 数码城市 GIS 中建筑物室外与室内三维一体化表示与漫游[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(3): 253 – 258.)

[2] GONG J, CHEN J, XIANG L, et al. GeoGlobe: GEO-spatial information sharing platform as open virtual earth[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2010, 29(6): 551 – 553. (龚健雅, 陈静, 向隆刚, 等. 开放式虚拟地球集成共享平台 GeoGlobe[J]. 测绘学报, 2010, 29(6): 551 – 553.)

[3] National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation. CH/T 9015—2012 Specifications for the digital products of three-dimensional model on geographic information[S]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2012: 3 – 14. (国家测绘地理信息局. CH/T 9015—2012 三维地理信息模型数据产品规范[S]. 北京: 测绘出版社, 2012: 3 – 14.)

[4] National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation. CH/T 9016—2012 Specifications for the producing of three-dimensional model on geographic information[S]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2012: 1 – 7. (国家测绘地理信息局. CH/T 9016—2012 三维地理信息模型生产规范[S]. 北京: 测绘出版社, 2012: 1 – 7.)

[5] National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation. CH/T 9017—2012 Specifications for the database of three-dimensional model on geographic information[S]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2012: 2 – 8. (国家测绘地理信息局. CH/T 9017—2012 三维地理信息模型数据库规范[S]. 北京: 测绘出版社, 2012: 2 – 8.)

[6] LI T, ZHANG Z. Research on three-dimensional WebGIS system structure based on World Wind[J]. Coal Technology, 2010, 29(10): 153 – 155. (李涛, 张志刚. 基于 World Wind 的三维 WebGIS 结构研究[J]. 煤炭技术, 2010, 29(10): 153 – 155.)

[7] ZHOU N, ZHANG J. Research on 3D city models' representation with CityGML[J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2010, 19(4): 50 – 55. (周宁, 张军. 基于 CityGML 的城市三维模型的描述方法[J]. 测绘工程, 2010, 19(4): 50 – 55.)

[8] JI Y, SHI S, ZHANG C, et al. Study of 3D spatial data interoperability on basis of city GML coding standard and W3DS[J]. Coal Technology, 2009, 28(11): 109 – 111. (吉云松, 史胜辉, 张弛, 等. 基于 CityGML 和 W3DS 的分布式三维空间数据共享案例研究[J]. 煤炭技术, 2009, 28(11): 109 – 111.)

[9] XIE Q, ZHANG L, REN H, et al. Optimization design of complex system based on target cascading method[J]. Computer Aided Engineering, 2013, 22(S2): 138 – 144. (谢秋慧, 张琳, 任鸿频, 等. 基于目标分解方法的复杂系统优化设计[J]. 计算机辅助工程, 2013, 22(增刊 2): 138 – 144.)

[10] OGC Standards[EB/OL]. [2015-02-02]. <http://www.opengeospatial.org/standards/is>.

[11] OUYANG H, SUN J. Technical discussion on environment construction in HTML5-based three dimensional geographical information platform[J]. Surveying and Mapping, 2013, 36(3): 102 – 103, 128. (欧阳洪原, 孙敬杰. 基于 HTML5 的三维地理信息平台环境搭建技术探讨[J]. 测绘, 2013, 36(3): 102 – 103, 128.)

[12] DIRKSEN J, LI P. Learning Three.js: the JavaScript 3D library for WebGL[M]. Beijing: China Machine Press, 2015: 143 – 147. (DIRKSEN J, 李鹏程. Three.js 开发指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 143 – 147.)