

# 基于 ArcGIS 的校园图书馆三维建模研究

李秀梅<sup>1</sup> 吴凡<sup>1</sup> 徐殿成<sup>1</sup> 陶陶<sup>2</sup>

(天津科技大学海洋科学与工程学院 天津市海洋资源与化学重点实验室 天津 300222)<sup>1</sup>

(重庆大学建筑城规学院 重庆 400045)<sup>2</sup>

**摘要** 随着三维地图应用领域的不断扩展,三维建模技术也日趋成熟。借助于校园三维可视化的研究,详细阐述了基于 ArcGIS 平台的校园图书馆三维建模技术,包括基于符号建模、基于插件建模和基于 DEM 建模;讨论了每种建模方法的优缺点,并在 ArcGIS 平台上实现了校园图书馆的模型。

**关键词** ArcGIS, 建模, TIN

## Research on Three-dimensional Modeling of the Campus Library Based on ArcGIS

LI Xiu-mei<sup>1</sup> WU Fan<sup>1</sup> XU Dian-cheng<sup>1</sup> TAO Tao<sup>2</sup>

(Tianjin Key Laboratory of Marine Resources and Chemistry, College of Marine Science and Engineering,

Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)<sup>1</sup>

(College of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China)<sup>2</sup>

**Abstract** With the expansion of three-dimensional map applications, the technique of three-dimensional modeling is more sophisticated. For study of three-dimensional visualization of the campus, the paper expounded three-dimensional modeling of campus library based on ArcGIS, including those based on symbolic modeling, based on plug-in modeling and based on DEM modeling. Furthermore, the advantages and disadvantages of each modeling method were discussed.

**Keywords** ArcGIS, Modeling, TIN

## 1 引言

目前由于三维地图显示效果逼真,系统界面直观友好,其应用领域越来越广泛。支持三维可视化技术的软件主要分为建模软件、平台软件和专题软件 3 类。专题软件主要是为了满足三维可视化技术在某一方面的应用而开发的应用程序,如数字校园、数字小区、三维城市景观仿真等。三维可视化的关键是建模,目前应用较多的建模软件有 Google 公司的 SketchUp; Autodesk 公司的 3ds MAX 和 Maya; Multigen 公司的 Creator; Microsoft 旗下 Caligari 公司的 trueSpace 等,这些建模软件几乎可以建立现实世界中存在的任何要素模型,比如房屋、道路、管线、日常用品等,但是模型本身缺少地理信息和属性要素。平台软件大多以模型为基础,实现漫游、查询、分析、决策等基本操作。专业的三维 GIS 系统软件或平台如美国 ESRI 公司的 ARCGIS; 美国 ERDAS 公司的 IMAGINE Virtual GIS; 美国的 Skyline 软件; 国内适普软件有限公司的 IMAGIS Classic; 灵图的 VRMap, 不仅可以创建三维模型,还可以引入建模软件构建的模型并赋予地理信息。本文借助于 ArcGIS 平台阐述校园图书馆三维可视化建模技术。

## 2 ArcGIS 平台和数据资料

目前,地理信息系统软件 ArcGIS 已经成为中国地理信息界用户群体最大、应用最广的 GIS 技术平台之一。ArcS-

cene 和 ArcGlobe 是 ArcGIS 中重要的三维可视化应用组件,与 ArcGIS 桌面组件相结合可以快速地构建三维模型。ArcCatalog 是 ArcGIS Desktop 中最常用的桌面程序之一,它是地理数据的资源管理器,用户通过 ArcCatalog 来组织、管理和创建 GIS 数据; ArcMap 用于对 ArcCatalog 所创建的数据进行编辑和导出二维地图;而 ArcScene 可以将 ArcMap 编辑好的数据模拟成三维视图和三维动画。简单地说,这 3 个“工人”分别承担着创建、编辑和显示三维数据的工作<sup>[1]</sup>。

本研究选用的三维可视化组件是 ArcScene, ArcGIS 版本在 9.0 以上;需要的数据包括:1. 高程数据:本研究中所使用的高程数据为本校档案馆提供的纸质高程数据,单位:m。2. 地形图:从 DWG 格式的校园基建图中提取含有校园的基本轮廓的地形图。

## 3 基于建模软件的三维建模方法

ArcGIS 中基于建模软件的建模方法有两种,分别是基于三维符号的可视化和基于三维模型的可视化。

### 3.1 基于三维符号的可视化

空间地物要素可以表示为地图上的点要素、线要素和面要素。ArcGIS 支持三维模型作为三维标注符号(3D Maker Symbol)对点、线、多边形 3 类地图要素进行显示。对于建筑物的三维显示,只需要将代表建筑物的点要素通过符号编辑器替换为 3ds MAX 或者其他建模软件生成的建筑物的模型,

本文受国家自然科学基金(40701149),天津科技大学校基金(20060211)资助。

李秀梅(1976—),女,硕士,主要研究方向为地理信息系统共享、数字图像处理,E-mail:lixiumei@tust.edu.cn。

就可以不失真地显示出这个建筑的三维外观。这样实际上是在 ArcGIS 和其他建模软件之间搭建了一个桥梁,更重要的是,建模软件生成的模型被附上了点要素的地理信息,也就是说这个模型被赋予了地理查询功能,这是建模软件所不能赋予的。

对于校园图书馆的建模,可选的软件有很多,例如 3ds MAX、SketchUp 等。本文选择 Google 公司的 SketchUp 作为建模工具。事实上,3ds MAX 的兼容性比 SketchUp 要好, ArcGIS9.2 以下的版本不支持 SketchUp 的 skp 文件而支持 3ds MAX 的 3ds 文件,但是 SketchUp 生成模型时可以直接导出为 3ds 文件,而且 SketchUp 的操作比 3ds MAX 略简单。

要在 SketchUp 中构建校园图书馆模型,其操作可以简单概括为:设置中心轴、框选区域、柱体拉伸(可输入具体数值)和纹理编辑<sup>[5]</sup>。图 1 显示的是在 SketchUp 中构建校园图书馆的情况。构建好模型就可以替换作为校园图书馆的 Point,并赋予属性信息。

该方法的缺点是把图书馆设置为点要素,使得该要素的逻辑模型和属性信息不能有效匹配,并且纹理丢失,需要 SketchUpESRI 的插件解决。

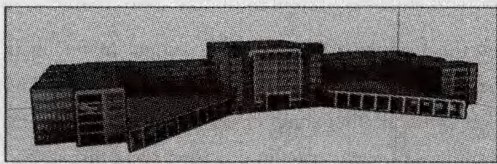


图 1 SketchUp 构建校园图书馆

### 3.2 基于三维模型的可视化

ArcGIS 中的三维模型文件格式为 Multipatch,可以结合 ArcEngine 构建建筑物模型。此外,SketchUp 专门为 ArcGIS 设计了插件 SketchUp ESRI,skp 模型可以借助于 ArcGIS 支持的三维数据格式 Multipatch 进行显示。SketchUp 与 ArcGIS 交互操作的流程为:ArcMap 中加载并导出矢量数据;SketchUp 中三维建模;SketchUp 模型转换成 Multipatch 数据;对模型进行编辑、分析等操作<sup>[2]</sup>。其原理如图 2 所示。

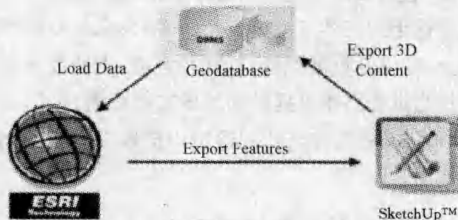


图 2 ArcGIS 与 SketchUp 结合原理图<sup>[3]</sup>

由于 SketchUp 中的一个 Group 对应 ArcGIS 中的一个要素,因此应根据需要设置 Group<sup>[6]</sup>。以图书馆为例,如果对整个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,并转为对应的 Multipatch。

现以校区整体规划为例,实现此过程。首先将 CAD 数据转换为 SHP 数据,应用 ArcGIS 桌面应用程序加载并编辑数据;然后利用 SketchUp 6 GIS Plug-in 工具将所需的要素导出到 SketchUp 中,并在 SketchUp 中进行建模;最后将建好的模型导出成 Multipatch 格式的数据<sup>[3]</sup>,过程如图 3 所示。

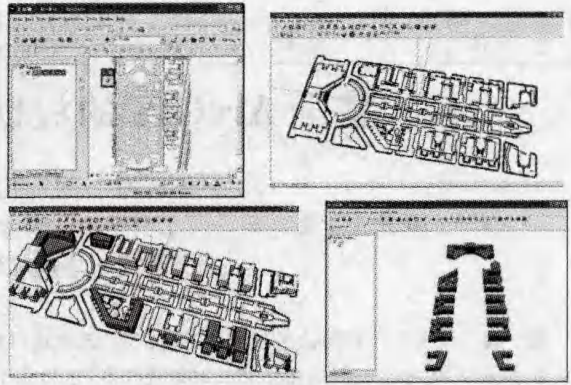


图 3 SketchUp 与 ArcGIS 结合的校园建筑物建模过程

基于插件的三维可视化必须依赖于第三方建模软件,其存在数据的兼容性和位置精度不能保证的问题,本文接下来探讨一种基于 TIN 的建筑物建模方法。

## 4 基于 DEM 的建模方法

### 4.1 基于卫星图像的可视化

这类方法可以理解为将二维的卫星图像转变为三维地表的过程。通常这类方法以数字高程模型(DEM)为基本的数据源,将规则格网转换为不规则三角网(TIN),然后在此基础上对生成的 TIN 进行进一步的加工修饰,最终得到需要模拟的地貌。这种方法的优势在于能迅速地模拟出地表,缺点是受 DEM 精度的影响,该类方法大多数情况下只能模拟大范围的地表起伏,而不能很详细地显示一些小区域的地物,如建筑物的起伏在此方法中是无法体现的,所以本文重点介绍下面一种方法。

### 4.2 利用柱状分块显示建筑模型

#### 4.2.1 规则模型的创建

该方法同样也是基于 DEM 的可视化方法。在 ArcGIS 中,生成 TIN 的过程实际上是将一个高程值的面与其他高程值的面进行联系生成德劳内三角面的过程<sup>[4]</sup>。生成的面必然是一个坡面,它反映的是从一个高度向另外一个高度过渡的情况,换句话说,它是一个变换的趋势。例如,在 ArcMap 中编辑两个图层,将一个图层的高程值设为 0m,用来代表地面;在这个图层上再添加一个图层设高度为 20m,代表某建筑的房顶,那么系统可以生成一个坡面体,如图 4 所示。

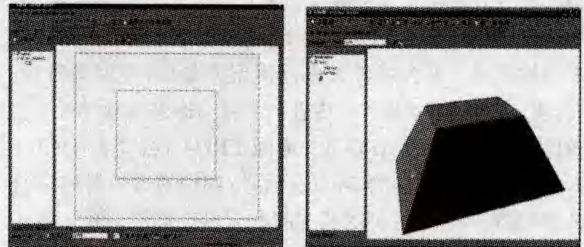


图 4 德劳内三角生成的坡面

在 ArcGIS 中以 TIN 的方式显示柱状体理论上是行不通的。原因就在于,计算德劳内三角面的过程中,一个高度面上的所有点都会参与计算,也就是说,“地面”上的每一个点都会和“房顶”上的点做计算生成属于它的德劳内三角。例如两个不同高度值的面要素重合的情况下,即上文的例子中 0m 和 20m 的两个面的面积和形状都一样,却不能实现现实世界中建筑物的 90°墙体。因为,德劳内三角面体现的是一种变化趋

势,必然要给这样的变化留有空间,两面重合的情况不符合这样的要求,所以系统不会做任何计算。或者是因为生成 TIN 的高程数据在每一个像素或者每一个点上只能有一个高度值,而两面重合时,面的边缘线上每个点就有了两个高度值,自然无法生成三角面。

接着上面的例子,假设 0m 高程面的面积和形状都无限地接近 20m 高程面,这样既为变化留了空间,又使得三角面无限接近于垂直 0m 的高程面,虽然这样的 TIN 依旧是一个坡面体,但是已经可以被近似地看作是柱状体了。图 5 展示的就是这种情况。

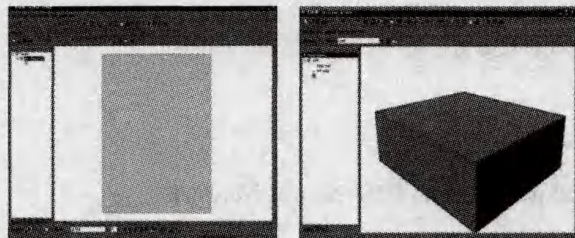


图 5 近似柱状显示

#### 4.2.2 复杂外形的建筑物显示

上文中解决了柱状显示的问题,如果所有的形状都可以被柱状显示,这样一个复杂外形的建筑物就能一步到位地显示出来。但是,经过实际应用之后可以发现,只有规则外形的凸多边形才能被柱状显示,凹多边形在柱状显示的过程中会发生形变。其原因就是,在生成 TIN 的过程中,只要是存在高度差异的面都会被计算并生成德劳内三角面,凸多边形的德劳内三角面都已经被最外围的表面所覆盖,所以能正常显示。而凹多边形的德劳内三角面会在其“凹陷处”暴露出来,从而造成了显示的失真,如图 6 所示。这可以由分块的方法解决,即将复杂外形的建筑物以规则的凸多边形进行划分,尤其是将凹多边形分解为凸多边形;然后将每个凸多边形分别柱状显示后再在一个坐标系中组合,最终显示这个建筑物的外观。值得注意的是,分块分得越多,最终显示出的建筑物模型就越细致,但是相应的数据量也会很大。

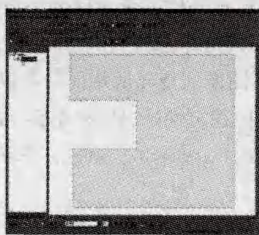


图 6 凹多边形显示失真

#### 4.2.3 构建图书馆模型

Shp 文件的建立和编辑:使用 ArcCatalog 建立要素文件,并且根据所需构建的柱体个数建立相应数量的要素文件。由于本方法采用的是由面要素向 TIN 的转换,因此建立的要素文件为面要素文件。Shp 文件建立完成之后的工作即是在 ArcMap 中对这些文件的编辑,编辑需要借助于转换好的地形图,通过俯视图将需要建模的建筑进行分块划分,分块的个数由所需模型的精细程度确定。本例中将校园图书馆共划分为 13 个块区,如图 7 所示。在 ArcMap 中还需要完成的另一项工作是给 Shp 文件添加属性信息、高程数据以及其他一些关于该建筑的信息。

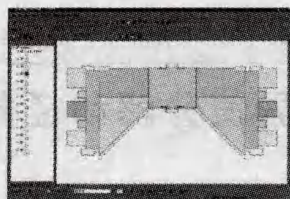


图 7 图书馆分块

TIN 文件的生成:通过 ArcGIS 的 3D Analyst 模块将这些面要素依添加的高程字段分别生成 TIN 模型,然后在 ArcScene 中组合起来,如图 8 所示。分块的 TIN 模型组合完成之后将生成 TIN 的 Shp 文件也导入到 ArcScene 中,这些 Shp 文件并不会显示在三维模型上,但是可以实现地理信息系统的地理查询功能。

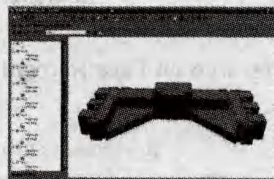


图 8 分块法构建的图书馆模型

#### 4.2.4 误差分析

关于分块柱状法的误差分析主要有以下几个方面。

**坡度:**以柱状显示的 TIN 实际上是坡面体而不是真正的柱状体,其侧面和水平面的夹角无限近似于  $90^\circ$ ,但是从视觉的角度来说这种近似显示和实际地物没有什么差别。而且即使是现实世界中的建筑物的墙体也不是完全达到  $90^\circ$  的,也是存在误差的,因此,以这种柱状体显示建筑物模型是可以接受的。

**坡向:**是面的法向量在水平面上的投影与正北方向的夹角。其范围是  $0^\circ \sim 360^\circ$ ,实际上体现的是面的延伸趋势。按照正常的情况,建筑物的墙体与水平面呈  $90^\circ$ ,其法线方向和这种近似柱状显示的面的法线方向没有区别,所以近似柱状的显示不影响坡向的表达。但是,按照定义,坡向是不会出现负值的,而 ArcGIS 中所显示的 TIN 的水平面的坡向都是  $-1$ ,这可以理解为此面不向任何一个方向延伸。

**结束语** 本文通过数字化图书馆探讨了基于 ArcGIS 的几种建筑物建模方法。比较来看,借助于其他建模软件提供的模型,在 ArcGIS 平台上可以快速实现三维可视化,但是其存在数据兼容性和纹理丢失的缺点;利用柱状分块法在 ArcGIS 平台上创建建筑模型能保证位置的精确性,但是纹理匹配的问题还有待解决。

#### 参考文献

- [1] <http://www.esrichina-bj.cn/>
- [2] 马素颜,吴健平,周美娟,等. SketchUp 构建 GIS 三维模型方法研究[J]. 计算机与信息技术, 2009(Z1): 38-40
- [3] 3D modeling based on Arcscene[EB/OL]. <http://www.sketch-upbbs.com/>
- [4] Bratt S, Booth B. ArcGIS 3D Guide[Z]. ESRI Co
- [5] SketchUp Users' Guide[EB/OL]. [http://downloadsketchup.com/OnlineDoc/gsu6\\_win/gsuwin.html](http://downloadsketchup.com/OnlineDoc/gsu6_win/gsuwin.html)
- [6] SketchUp and ArcGIS how they work together[EB/OL]. <http://www.sketchup.com>