

面向对象的影视 GIS 数据模型

张兴国^{1,2}, 刘学军¹, 宋宏权¹

(1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046;
2. 信阳师范学院城市与环境科学学院, 河南信阳 464000)

摘要: 本文以青藏公路冻土区影视数据为实验对象, 全面考虑影像和视频数据的特点, 结合影视 GIS 空间量测和三维建模需求, 提出一种将影像拍摄点位、影像序列轨迹等直接认定为地理对象的面向对象的影视 GIS 数据模型; 并结合 GIS 影视数据分析方法进行了系统开发和应用探讨。该模型实现简单、易于理解, 便于影视的查询、浏览和分析等。

关键词: 影视 GIS; 面向对象数据模型; 影视 GIS 分析
【中图分类号】P208 【文献标识码】A

【文章编号】1009-2307(2013)06-0064-03

1 引言

随着科学技术的发展, 面向大众的影视数据采集设备日益普及, 面向专业测绘的高精度三维激光扫描设备也开始大量使用, GIS 应用中涌现出大量的影像、视频、音频等数据, 这些宝贵的资料日益引起大众和专业人士的关注, 如 2008 年闰国年, 刘学军等阐述了影视 GIS 的概念与关键技术^[1]。如何管理和分析这些影视数据, 为 GIS 行业应用提供精确的时空决策, 是目前 GIS 研究和应用中非常迫切的问题。

影视 GIS 数据模型是影视数据浏览和分析的重要基础。目前, 在 GIS 应用中已出现了一些影视 GIS 应用和设计方案。李欣等提出将数字视频服务器与 GIS 结合, 为 GIS 提供实时的音视频专题信息, 该设计直接将视频与地理对象进行关联^[2]; 唐冰等提出了铁路沿线影视 GIS 开发技术, 实现了里程与视频帧的关联^[3]; 孔云峰提出了地理视频数据的实体—关系图, 通过空间参照、线性参照和语义参照将视频数据与地理数据集成, 实现了地理视频的查询、检索、播放和地图跟踪^[4]。这些模型都实现了由影像到点或者由点到影像的关联, 很好地实现了两者的相互查询, 对于影视 GIS 中影像的可视化而言易于实现, 效果较好。

但以上模型更侧重于影视的可视化及点位单一视频帧的查询, 没有对影像和视频进行整体建模, 对相关的相机参数、拍摄方位等信息重视不够, 而这些信息在后期影像量测、三维重建等应用中具有重要作用。本研究基于面向对象的思想, 全面考虑影像和视频数据的特点, 结合影视 GIS 空间量测和三维建模需求, 提出了一种将影像拍摄点位、影像序列轨迹等直接认定为地理对象的面向对象的影视 GIS 数据模型, 并对青藏公路冻土区的影视数据进行了实验。

2 面向对象影视 GIS 数据模型

2.1 数据分析

目前, GIS 应用中的影视数据主要来源于普通数码相机、视频监控、带 GPS 定位的数码相机和三维激光扫描仪等, 所获影像有些不具备任何位置信息和相机参数信息, 有些具有精确位置信息, 相机参数, 高精度点云等, 还有些影像的信息居于两者之间。在功能需求方面, 以可视化为主, 即完成点位影像和序列影像的显示。同时, 对基于影视的三维重建、量测、虚拟模型的实景融合、动态目标检测、异常行为识别等也提出了要求。建立科学的 GIS 影视数据模型是影视 GIS 的基础, 以面向对象的思想进行建模, 符合认识现实世界的客观规律, 便于数据的管理和后期维护。

在实际应用中, 对于没有位置信息和拍摄方位信息的影像, 用户可以借助电子地图进行记录, 将其纳入某坐标系, 当然这些信息也可以置空。对于含有不同参数信息的影视数据, 可基于计算机视觉和摄影测量技术的相关理论进行分析, 如相机参数恢复、三维重建(包括单幅影像^[5]、多幅影像和视频的三维重建^[6])、几何量测等。对于三维激光扫描仪获取的数据, 本身就具备严格的相机参数、定位信息和点云数据, 在应用中更加方便。

2.2 模型设计

基于以上分析, 可分别对影像、序列影像或视频进行建模。在现实生活中, 用户在某一点位可能会以不同的姿态拍摄多幅影像, 也可能在小范围内进行新的拍摄, 即拍摄位置变化不大, 在 GIS 应用中可作为一个整体对象来处理。这里将以拍摄点位为基础, 融合空间点位一般属性、影像及拍摄参数、影像对应地理范围、三维重建模型等于一体的影视 GIS 对象称为地理视点(GeoViewPoint)对象。拍摄点位(CapturePoint)在图形方面表现为一个点或者一个多点对象, 其具备明确的坐标信息。在一个拍摄点位可拍摄多幅影像, 每幅影像所对应的拍摄参数及地理范围不同, 这里将每次拍摄定义为一个对象, 称为视角对象(ViewAngle)。影视 GIS 除了管理这些数据之外, 基于此类数据及其他数据所派生出的数据, 如三维模型、量测成果等, 也是至关重要的。基于拍摄点位所拍摄的影像及相关参数, 通过相关算法将自动生成的三维模型(ThreeDimensionModel), 是影视 GIS 重要的分析成果。通过以上分析, 一个地理视点对象应包括一个拍摄点位对象、多个视角对象、一个三维模型对象。

当用户每间隔一段距离拍摄一次或者直接录制视频, 则会形成一个影像序列轨迹, 这里将影像序列轨迹称为地理视线(GeoViewLine)对象, 其包括拍摄点位和视角对象(两者一一对应)、一条视频路径(VideoPath)、一个三维模型。视频路径记录拍摄轨迹, 但该折线上只有部分点有



作者简介: 张兴国(1979), 男, 河南信阳人, 讲师, 博士生, 主要从事 GIS 设计与开发、视频 GIS、地形分析方面的研究。

E-mail: zhangxingguo2012@163.com

收稿日期: 2011-11-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAH35B02); 江苏省高校自然科学基金重大基础研究项目(10KJA420025); 河南省教育厅自然科学研究计划项目(2011B170010)

对应的影像。

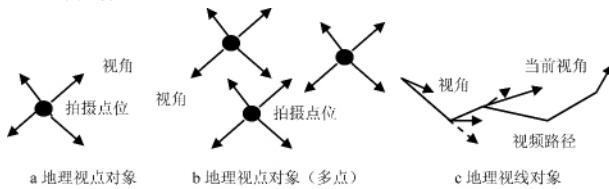


图1 影视 GIS 数据模型

为了影视 GIS 数据管理、查询和分析的方便,设计了 GIS 影视图层类 (CVideoLayer)。该图层不同于一般 GIS 软件的图层类型,其专门服务于影视 GIS 数据。一个影视图层包括多个地理视点对象或地理视线对象。该图层类提供了影视数据的可视化方法,主要服务如下:

1) 能够显示地理视点对象: 每个点周围显示 1 个或多个代表视角或视野的方位箭头或地面对应区域,当用户点击不同的箭头或地面对应区域,则显示该视角的影像。

2) 能够显示地理视线对象: 每条轨迹线上的点,有些具有视角,有些不具备影像,均以不同的点样式显示出来,便于用户查询或者选择。

2.3 影视数据访问及显示

对于影视数据访问及显示应遵循如下流程:

1) 建立影视图层对象,即 $CVideoLayer * pCVLyr = new CVideoLayer()$ 。

2) 若为影像数据,获取每一幅影像的坐标和相关信息,然后判断 pCVLyr 图层上是否存在与其位置相同的 GeoViewPoint 类的对象 GVP,若存在则建立 ViewAngle 类的对象 VA,并将其加入到 GVP 对象的视角列表中;否则,重建 GeoViewPoint 类的对象 GVP2,并建立一个 ViewAngle 类的对象 VA2,并将 VA2 加入到 GVP2 中。以此类推,把所有影像都纳入 GIS 影视图层中。

3) 对于视频而言,建立地理视线 (GeoViewLine) 对象。对视频的每一帧创建拍摄点位和视角对象,实现点位_视角对的集合。根据拍摄路径绘制折线。

4) 基于影像、视频等,采用相关算法进行相机参数恢复、三维场景恢复、量测,并将相关成果进行管理。

3 基于影视的 GIS 分析

GIS 影视数据相对于传统的地形图、遥感影像等数据而言,其具有采集便捷、现势性强、分辨率高、侧视表达等优点,是 GIS 中非常宝贵的数据。但是,因其自身的特点,在 GIS 中的深入应用尚面临许多难题。如何管理和分析这些数据,使其与传统 GIS 有机融合是当前非常迫切的问题。这里就当前基于影视数据的分析方法进行探讨,主要包括基于单幅影像的量测及三维重建、两幅或多幅影像的三维重建。

1) 单幅影像的量测

单幅影像获取便捷,视觉效果佳,广泛应用于城市规划、资源环境调查、交通 GIS 中。基于单幅影像实现一定精度下地物的量测将会有力地促进影视 GIS 的深入应用。目前,单幅影像的量测主要包括基于单应的量测和基于几何关系的量测^[7]。前者可实现两个平面间的映射,从而可根据图像坐标求取物方坐标,从而实现几何量测。后者通过中心投影的不变量并结合已知的几何结构信息进行空间对象的量测。

2) 单幅影像的三维重建

单幅影像三维重建主要通过通过对单幅影像提取目标的颜色、形状、共面性等二维、三维几何信息,而利用少量已知条件获取该目标的空间三维信息。目前,单幅影像的三维重建主要包括基于特征统计学习方法、基于形状恢复技术和基于影像几何投影信息的方法^[8]。

基于特征统计学习的方法是以大型的目标数据库为基础,通过机器学习的方法,实现目标深度的恢复。基于形状恢复的技术 (Shape from X, 简记为 SFX) 是根据 2-D 图像中的 3-D 线索进行物体三维面貌恢复的技术,其中 X 代表立体光、阴影、轮廓、纹理、运动等。基于影像几何投影信息的方法,利用图像中含有的大量平行线、平行面、垂直线、垂直面、消失点、消失线等多种几何属性的约束来进行三维重建。

3) 两幅或多幅影像的三维重建

对于两幅或多幅 (序列影像) 影像的三维重建,主要包括基于双目或多目视觉的方法和运动法 (structure from motion, SFM) 等^[9]。

基于两幅或多幅图像的三维重建方法也称双目或多目视觉,是通过同一场景的两幅或多幅图像,以立体视觉原理恢复场景的三维结构信息。其过程主要包括:图像获取、摄像机标定、特征提取与匹配、摄像机校正、立体匹配和三维建模。运动法是通过在多幅未标定图像中检测匹配特征点集,使用数值方法恢复摄像机参数与三维信息的一种方法。

通过以上分析,针对不同的 GIS 影视数据和应用需求,可选用不同的算法。本研究认为那些对影像数据要求低,自动化程度高的算法在当前 GIS 应用中具有重要意义。其中,基于特征统计学习的方法和运动法是较好的选择,这里结合所提出的面向对象影视 GIS 数据模型进行实验,探索影视 GIS 系统的开发与应用方法。

4 实验与分析

4.1 青藏公路冻土区影像概述

通过车载三维激光扫描技术 (项目采用 Optech Lynx), 获取了该地区的三维激光扫描数据,包括点云和实景影像。点云具有明确的三维坐标,实景影像具有精确的坐标信息、相机参数、拍摄方位等。这些数据是青藏公路冻土研究的重要基础。通过实景影像数据,可以清晰地看到公路沿线的电线、涵洞、坑塘、桥梁、地面情况、里程桩号等,对青藏公路的科研和设计人员而言,具有重要的意义。同时,提供的点云数据,精度高,公路人员可以基于该点云 (或基于点云制作的 DEM) 直接进行纵横断面的截取,研究路基结构,也为地温分析提供了地表起伏数据。在青藏公路信息基础平台开发中,基于 ArcEngine GIS 组件已完成了实景影像、高清遥感影像、三维 GIS 联动的浏览功能,也提供了纵横断面截取,地温时空分析等功能,有力地促进了青藏公路相关科研与生产的数字化。

但是,目前传统的 GIS 尚缺乏对影视 GIS 数据的科学管理和分析,数据模型的合理性和分析方法的实用性直接关系到后期这些宝贵资料的使用。

4.2 青藏公路冻土区影视 GIS 实现

4.2.1 数据组织

根据面向对象视频 GIS 数据模型,在详细实现时,可设计地理视点表 (表 1) 和地理视线表 (表 2)。

按照该设计,基于 Visual C++ 对影视数据管理及应用进行了实验,功能包括视点信息的查询、统计和导出,序列影像轨迹浏览、选择导出等。本实验对影视 GIS 数据进行了统一的管理,为后续影视 GIS 的分析提供了重要基础,采用底层开发方式,易于扩充和相关科技成果的集成。

4.2.2 GIS 影视数据分析

这里重点对数据要求低、自动化程度高的两种算法进行实验,即基于特征统计学习的方法和运动法。实验主要以现有的具有代表性的研究为依托,为了系统的集成,修改了部分代码。

1) 基于特征统计学习的方法

本实验选择了 photoPopu^[10] 和 Make3D^[11] 两种方法进行

表 1 地理视点表

视点 ID	名称	坐标	视角集合
00001	大桥	X, Y, Z, M	时间: 2010-01-01 方位: fA, fB, fC 相机参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1021. jpg
			时间: 2010-02-01 方位: fA, fB, fC 相机内参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1022. jpg……
			时间: 2010-03-01 方位: fA, fB, fC 相机内参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1023. jpg……
00002	地温 孔 1	X, Y, Z, M	时间: 2010-01-01 方位: fA, fB, fC 相机参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1024. jpg
			时间: 2010-02-01 方位: fA, fB, fC 相机内参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1025. jpg……
			时间: 2010-03-01 方位: fA, fB, fC 相机内参数: 焦距, 畸变参数, 像素大小 影像 ID: 1026. jpg……

表 2 地理视线表

轨迹 ID	名称	视频路径	拍摄点位集	视角对象
0001	大桥下	路径	点位 1	视角 1
			点位 2…	视角 2…
0002	大桥北	路径	点位 1	视角 1
			点位 2…	视角 2…

了集成实验,效果较好。前者,主要基于特征统计学习的方法,将整个地理空间划分为地面、立面和天空 3 大类,实现了地理空间平面和立面的三维重建。在青藏公路沿线,地势通常较平坦,该方法主要提取了地面,立面和天空的信息丢失。后者,首先收集单幅影像和它们对应的深度图,然后监督学习预估深度。模型中使用了马尔科夫随机场,既考虑了独立点的深度,也考虑了不同点深度的关系。相对于 photoPopup 方法,该方法对地理空间三维建模更为详细,可形成整个空间的三角网,图 2 右下角窗口显示的三维场景即通过该方法恢复而成。在实际应用中,以上两种方法,因涉及大量的图像处理过程,运行效率尚需提高。



图 2 青藏公路影视 GIS 实验平台

2) 运动法

本实验选取了基于 SFM 方法 Bundler^[12] 进行测试,其输入是一些图像、图像特征以及图像匹配信息,输出则是一个根据这些图像反应的场景的 3D 重建模型,伴有少量识别得到的相机以及场景几何信息。Bundler 生成的是稀疏的点云,如果要生成稠密的点云,可采用 Furukawa 提出的基

于多视几何的 PMVS 算法^[13]。这里选取了青藏公路上一小段中的 10 幅影像,基于 Bundler 进行了实验,最终输出了相机的内外方位元素、稀疏点云(三维坐标及 RGB 值)等,这些数据对于三维场景恢复具有重要意义。

5 结束语

影视 GIS 数据模型是影视 GIS 的基础,模型的建立受相关研究和应用的影响。面向对象影视 GIS 数据模型全面考虑到地理空间影视的分布特征和深层次应用需求,建模完整,易于扩充和使用。基于本文所提出的影视 GIS 数据模型所建立的平台,不仅能满足影视可视化的要求,而且用户可获得所需影像的相关拍摄参数和时空信息,为基于影像的空间量算、三维建模、点云生成或浏览等提供了重要基础。在实验中也发现,GIS 影视数据分析方法很多,也易与面向对象影视数据模型的集成,但在执行效率、自动化程度、影视数据要求等方面还存在许多问题。在后续的研究中,应加强最新科研成果的推广和示范应用,在影视 GIS 的几何量测、三维重建、时空分析方法等方面进行深入研究。

参考文献

- [1] 阎国年,刘学军,吴勇. 发展影视 GIS 推进 GIS 社会化进程——兼论 GIS 中的“世界”观察与表达方式[C]//《测绘通报》测绘科学前沿技术论坛论文集,2008.
- [2] 李欣,华一新. GIS 和 DVS 的集成与应用[J]. 测绘科学,2008,33(2):200-201.
- [3] 唐冰,周美玉. 基于视频图像的既有线路地理信息系统[J]. 铁路计算机应用,2001,11:31-33.
- [4] 孔云峰. 地理视频数据模型及其应用开发研究[J]. 地理与地理信息科学,2009,25(5):12-16.
- [5] 王美珍,刘学军,等. 基于交比的单幅图像平面几何信息提取算法[J]. 武汉大学(信息科学版),2011,36(2):190-194.
- [6] 章国锋. 视频场景的重建与增强处理[D]. 杭州:浙江大学,2009.
- [7] 刘学军,王美珍,甄艳,卢玥. 单幅图像几何量测研究进展[J]. 武汉大学(信息科学版),2011,36(8).
- [8] 孙宇阳. 基于单幅图像的三维重建技术综述[J]. 北方工业大学学报,2011,23(1):9-13.
- [9] 佟帅,徐晓刚,易成涛,邵承永. 基于视觉的三维重建技术综述[J]. 计算机应用研究,2011,28(7):2411-2417.
- [10] D Hoiem, A A Efros, M Hebert. Automatic Photo Pop-up [K]. ACM SIGGRAPH, 2005.
- [11] Ashutosh Saxena, Sung Chung, Andrew Y Ng. Learning Depth from Single Monocular Images [K]. NIPS, 2005.
- [12] Noah Snavely, Steven M Seitz, Richard Szeliski. Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D [K]. SIGGRAPH Conf. Proc., 2006.
- [13] Yasutaka Furukawa and Jean Ponce. Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis [C]// IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2007.

Study on object-oriented image-video GIS data model

Abstract: Through the analysis of the characteristics of images and videos, this paper put forward an object-oriented image-video GIS data model. In the model, the image location and the video track were directly defined for geographic objects. Then, the current analysis methods of GIS image-videos were discussed. The model could be easily implemented and understood with its functions for querying, navigation and analysis.

Key words: image-video GIS; object-oriented data model; image-video analysis

ZHANG Xing-guo^{1,2}, LIU Xue-jun¹, SONG Hong-guan¹ (1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China; 2. College of Urban and Environmental Science, Xinyang Normal University, Henan Xinyang 464000, China)