

基于 GIS 的三维虚拟校园设计与实现

於永东¹ 路明月¹ 许笛¹ 张翔¹

摘要

三维 GIS 技术近来迅猛发展,受到了广泛关注.较二维 GIS 而言,三维 GIS 能更真实地表达客观世界,且对空间对象进行三维显示、分析和操作也是三维 GIS 特有的功能.以南京信息工程大学为例,介绍了利用三维 GIS 技术进行虚拟校园建设的过程,阐述了基于 Google SketchUp 和 ArcGIS 的三维可视化设计方法进行三维场景建模与优化、虚拟校园系统功能设计以及三维场景的浏览功能、建筑物属性的查询功能、路径分析和动画输出等功能的实现技术.最后指出了系统存在的问题,并提出了下一步的研究方向.

关键词

三维 GIS; 虚拟校园; 三维建模; SketchUp; ArcGIS

中图分类号 TH71; TG803

文献标志码 A

收稿日期 2010-12-24

资助项目 江苏省大学生实践创新训练计划项目(10CX025); 国家自然科学基金(40901244)

作者简介

於永东,男,主要研究方向为三维 GIS.
yydydabc@sina.com

路明月,男,博士,副教授,研究方向为雷电 GIS、三维 GIS 及其数据模型,气象 GIS 理论与应用. lumingyue@nuist.edu.cn

0 引言

虚拟校园建设近几年得到广泛的重视与发展,尤其是随着 GIS 的发展,人们不再仅仅满足于视觉上的“可视化”需求,更希望能够在可视化的前提下进行空间位置分析等.目前许多高校相继建立了基于 GIS 的虚拟校园系统.与二维 GIS 相比,三维 GIS 以立体造型技术给用户展现地理空间现象,更具有现实的逼真效果^[1].将三维 GIS 技术运用到虚拟校园的建设中,通过三维实景建模的表现方式,生动地展现真实的校园,给用户带来身临其境的感觉.结合 GIS 的空间分析技术,通过人机交互,可实现三维场景浏览、属性查询、路径分析等功能,在更大程度上满足用户的各种需求.

综合目前国内三维 GIS 的研究现状,现在的三维 GIS 研究和系统开发主要有 3 种途径:一是通过底层开发实现,代表为 VC++ 和 OpenGL 的开发方式;二是在现有 GIS 平台上二次开发实现,代表为 ArcGIS 的 ArcObjects 组件;三是在三维可视化软件上通过插件的形式加载数据查询和显示的功能模块,代表为 Vega 实时驱动软件^[2-3].此外,目前三维 GIS 的研究主要集中于数据建模、显示和数据采集,忽视了 GIS 的一大重要功能——空间分析^[4].

目前,三维虚拟校园设计方法主要有以下几种:一是以 CAD、3D MAX 为平台的构建三维模型,一般只适用于绘制三维效果图;二是基于虚拟现实软件 VRML 或开放图形程序库 OpenGL,通过高级编程语言实现,但工作量较大;三是利用 ArcGIS 自带的三维功能,进行 VBA 开发,但开发的系统不能脱离母软件^[5].考虑到底层开发代码量太大,而目前商业 GIS 软件在 GIS 功能方面已相当成熟,因此笔者采用现有 GIS 平台,通过二次开发进行三维 GIS 系统开发研究.本文以南京信息工程大学为例,综合运用 Google SketchUp 和 ArcGIS 建设虚拟校园技术,做了相关的探索与研究,逼真展现了三维校园场景,实现了虚拟校园系统相关功能.

1 三维场景建模

现实校园的三维可视化是虚拟校园系统建立的前提.笔者采用了基于 Google SketchUp 和 ArcGIS 的三维可视化设计方法对南京信息工程大学各建筑物进行三维场景建模.

¹ 南京信息工程大学 遥感学院 南京 210044

1.1 技术背景

Google SketchUp 软件. SketchUp 是@ Last Software 公司的一套三维设计工具,已被 Google 公司收购,主要用于三维建模. SketchUp 是一套令人耳目一新的设计软件,可快速构建建筑草图,创作建筑方案,被建筑师誉为最优秀的建筑草图工具. Google SketchUp 简便易学,同时拥有丰富的软件接口,能够与多种主流设计软件交换数据,如 AutoCAD、3ds max、ArchiCAD、Piranesi 等^[6].

ArcGIS 软件. ArcGIS 软件是美国国家环境系统研究所(ESRI)经过将近40年的努力开发出来的一款功能强大的地理信息系统软件.它最显著的特点是海量数据的管理、建模与空间分析、可视化等^[7]. ArcScene 作为 ArcGIS 提供的 3D 可视化环境,是一种适合展示三维透视场景的平台.文章主要讨论 ArcGIS 桌面工具中的 ArcScene 9.3 实现对三维地物的立体描述. ArcGIS 为用户提供了整套功能强大的 GIS 框架,通过 ArcGIS Engine 可以定制 GIS 应用程序. ArcGIS Engine 由一个软件开发工具包(SDK)和一个运行时(Runtime)组成.

1.2 三维场景制作

三维虚拟场景的真实性直接影响最后系统的美观程度.因此本文采用 SketchUp 进行建模,利用 SketchUp 能快速构建逼真的三维模型优势,在满足建模精细度的要求的基础上,保证建模工作量的相对适中.其整体三维场景制作流程如图1所示.

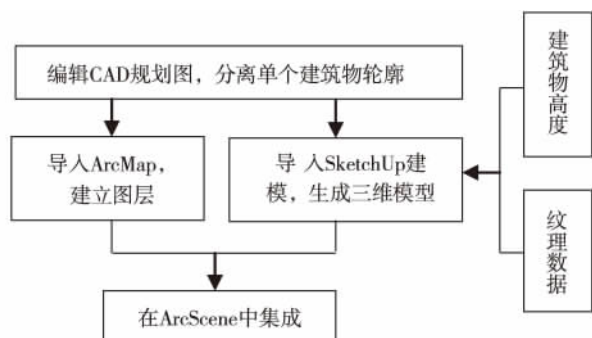


图1 三维场景制作流程
Fig.1 Flow chart of 3D modelling

1.2.1 基础数据的获取

三维场景制作需要的主要数据有地图数据、建筑物高度数据及地物纹理信息数据等.

1) 地图数据.从学校基建处获得了比例尺为1:1000的.dwg格式的校园平面规划总图,为各种地物要素提供了精确的地理坐标和轮廓形状.从CAD

平面数据中提取单个建筑物轮廓.

2) 建筑物高度数据.在三维场景建模中需要设定建筑物的高度,洪德法等^[8]提出了利用全站仪测量建筑物的方法,操作简易且具有较高的精度.由全站仪测出平距和倾角,然后根据数学运算得出建筑物的高度数据.

3) 地物纹理信息数据.纹理数据可以展现逼真的视觉效果.通过数码相机采集各建筑物的外形轮廓,从而获得三维地物建模所需的纹理图片.由于受建筑物高度、拍摄距离、透视关系、光照条件等因素的影响,拍摄的图片比例失调,不能直接用作纹理,须对每张图片用Photoshop等图像处理软件进行裁切、变换等处理,使之成为正射状态.

1.2.2 SketchUp 三维建模

将从规划图数据中提取出来的建筑物轮廓导入 SketchUp 软件中,为三维建模提供基础轮廓.拉伸建筑物模型体块的高度,使其与建筑物本身的高度相一致.通过 SketchUp 一系列的编辑工具制作建筑物的具体细节,得到建筑物的三维雏形.利用 SketchUp 材质工具中的贴图功能,将纹理数据贴到建筑物的面上,调整贴图坐标,使纹理数据与建筑物的面相吻合.最后建筑物的三维模型以*.skp格式进行存储.图2展示了南京信息工程大学宿舍楼的模型.

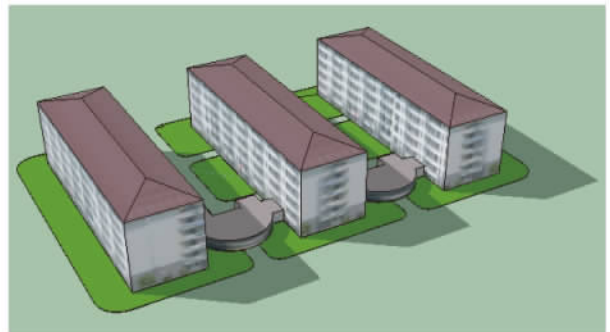


图2 宿舍楼三维模型
Fig.2 Illustration of 3D apartment building

1.2.3 ArcScene 三维场景集成

ArcScene9.3版本支持*.skp格式的三维模型作为三维标注符号(3D Marker Symbol)对点、线、多边形三类地图数据进行显示^[2].将三维场景建模获取的*.skp文件导入ArcScene的样式管理器中,形成特有的样式.利用ArcToolbox中的feature to point(要素转点)工具,将建筑物面状图层各要素转为点状要素.在符号属性管理器(symbol selector)中,将各建筑物的点状要素的样式设为相应的三维模型.

通过角度(angle)、大小(size) 等操作,将模型调整到合适位置.在 ArcScene 中集成后的三维场景如图 3 所示.

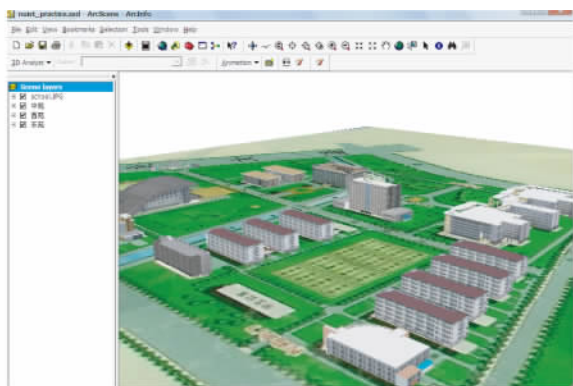


图 3 ArcScene 中三维集成效果

Fig. 3 Visualization of 3D campus in ArcScene

2 三维场景优化

三维模型的数据量较大,对于大范围的场景建模,为了使系统能顺畅运行,模型的优化工作是非常必要的.文章从地图数据、纹理数据、常见地物的三维建模、删除冗余几何要素、图层组管理等方面对所构建的三维模型进行了优化.

2.1 地图数据的优化

获取的 CAD 平面数据拥有丰富的信息,因此需要删除与建模无关的内容,如文字、标注、填充图案等.完成删除操作之后,将 CAD 文件清理干净.如果将隐藏的 CAD 图块一起导入到 SketchUp 中,不仅会影响 SketchUp 的建模速度,还会增大三维模型的数据量.

2.2 纹理数据的优化

建筑物的三维模型通过纹理映射可以达到逼真的效果,丰富三维模型的细节,减少整个模型的面数和复杂程度,进而提高图形输出的实时显示速度.为了保证纹理的正常显示,避免浏览时纹理丢失,纹理数据的长度和宽度必须是 2 的整次幂大小,如 16×16 、 8×32 等^[3].运用图像处理软件,对纹理数据进行压缩,减小数据量.对于像草地、道路、操场这样的面状地物,也可以贴上相应的纹理图片,提高虚拟校园的真实感.

2.3 常见地物的三维建模

诸如路灯、花草、树木等常见地物的建模可以直接调用 ArcScene 提供的强大的三维模型数据库.通

过 SketchUp 软件也可以建立一个高度仿真的路灯或树木三维模型,但采用这种方法制作的三维模型数据量较大,会加重系统运行的负担.

2.4 删除冗余几何要素

系统运行时看不见的几何要素称之为冗余几何要素,将其删除可以优化模型,减小模型的数据量.冗余几何要素普遍存在于模型的内部,或被挡住的部分等,这些部分在建模时需要删除.

2.5 图层组管理

将所有图层加载到 ArcScene 中,对不同区域(东苑、中苑、西苑)的图层建立图层组,这样可以提高计算机的处理速度.

3 三维虚拟校园系统功能设计与实现

三维场景驱动方式有很多如 MultiGen Creator 与 Vega 结合、Vrml 与 Java 结合等.虽然这些软件在仿真和显示方面功能都很强,但是缺少基本的三维空间分析功能. ArcScene 软件具有较强的三维空间分析能力,可以采用 ArcEngine 提供的 SceneControl 控件作为三维显示工具.场景驱动所实现的功能具体包括三维场景浏览、建筑物属性查询、三维空间分析和动画输出等,如图 4 所示.

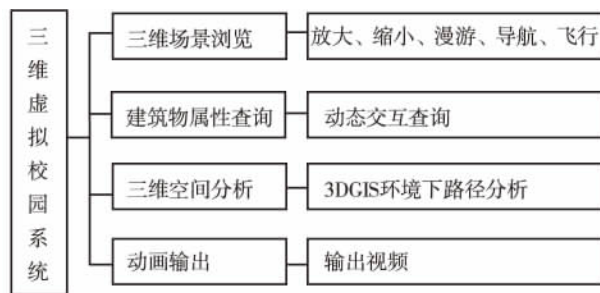


图 4 三维虚拟校园功能

Fig. 4 Functional diagram of 3D virtual campus

3.1 三维场景浏览功能

通过对三维地图的放大(zoom in)、缩小(zoom out)、漫游(pan)、导航(navigate)、飞行(fly) 等操作实现对三维场景的浏览. ArcObjects 开发包中提供 Toolbar Control 工具,可以方便加载已封装好的工具用于 SceneControl 中,但是主界面不能改变.如果自定义工具要加入到 ToolbarControl 中需要以 COM 组件的方式注册到操作系统中,迁移较麻烦. ArcObjects 中提供了 Camera 对象,通过对 Camera 对象的缩放比率(zoom)、目标点(target)、观察者位置(ob-

server) 的控制达到可视化的变化.

3.2 建筑物属性查询功能

用户可以在三维可视化场景中实现动态交互查询功能, 技术路线如图 5 所示. 一方面通过属性字段定位建筑物, 主要通过建筑物的名称和用途进行筛选, 调用 IFeatureClass 的 Select 方法选择符合条件的建筑物, 将选中的建筑物在 SceneControl 中高亮显示; 另一方面, 通过点击某个建筑物, 调用 ISceneGraph 的 Locate 方法, 将鼠标点击位置的屏幕坐标转换为三维空间点坐标, 返回点击选择的建筑物对象, 将建筑物对象传递给属性显示窗体, 这样既可以显示该建筑物的详细信息, 包括其名称、图片、楼层数, 还可以通过选择楼层显示特定楼层的平面图 (图 6).

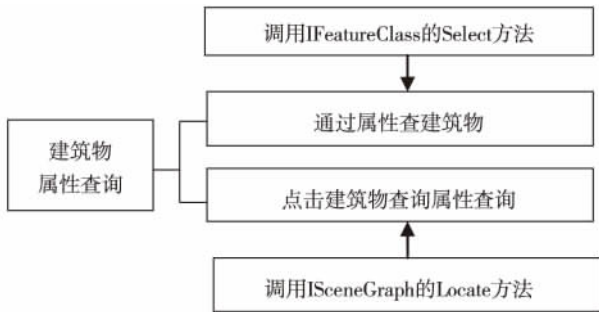


图 5 属性查询的技术路线

Fig. 5 Technical route of information query



图 6 建筑物属性查询界面

Fig. 6 The interface of information query of a building

3.3 三维空间分析功能

三维空间分析一般包括坡度坡向分析、通视分析和体积计算等, 本文结合虚拟校园建设的需要, 着

重讨论虚拟校园系统中路径分析的功能. 最短路径分析需要至少 2 个站点 (起点和终点), 分析结果就是途经这些站点的最短线路. 如果道路数据不具有高程值, 可通过设置 I3Dproperties 接口的 BaseSurface 属性, 从 TIN 表面获取道路的高程值^[9]. 用户点击在 TIN 表面上, 通过调用 ISceneGraph 接口的 Locate 方法能确定该点的 Z 坐标. 路径分析需要的站点必须位于道路网上, 可以使用 IPointToEID 接口的 GetNearestEdge 方法将鼠标创建的点投影在最近的道路上. 计算最短路径的功能由 ITraceFlowSolver 接口的 FindPath 方法实现, 其算法流程如图 7 所示. 图 8 显示的是南京信息工程大学文德楼与东苑体育馆之间的最短路径.

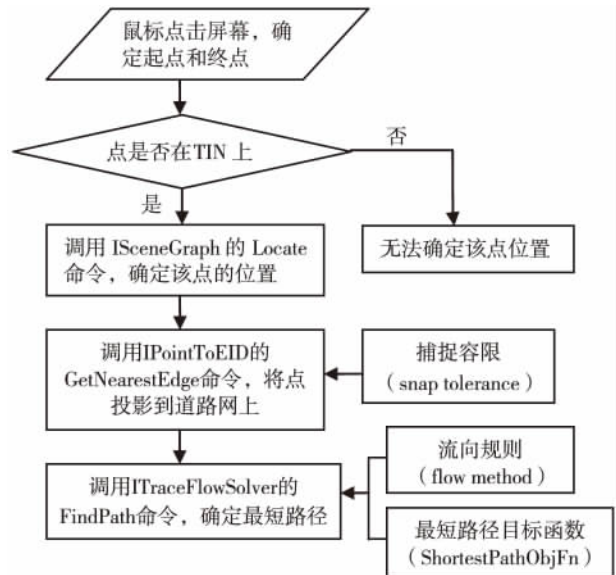


图 7 路径分析的流程

Fig. 7 Flow chart of path analysis



图 8 文德楼和体育馆之间的最短路径

Fig. 8 The shortest path between Wende Building and gym

3.4 动画输出功能

开启“录像”功能, 在三维地图中进行飞行演示, 用鼠标控制飞行方向和速度. 通过 ISceneExporter3d

接口可以实现 AVI 视频动画的输出, 流程如图 9 所示. 三维浏览的视频动画可作为宣传学校的视频材料. 关键代码^[10]如下.

```

`initialize a 3D SceneExporter:
Dim p3DExporter As ISceneExporter3d
Set p3DExporter = New AVIExporter
p3DExporter.ExportFileName = sExportFileName
`set the viewer of the exporter:
Dim pExporter As ISceneVideoExporter
Set pExporter = p3DExporter
Set pExporter.Viewer = pScene.SceneGraph.ActiveViewer
`set the video duration:
pExporter.VideoDuration = nVideoDuration
`set the quality percentage of the video ( 1 - 100 ):
Dim pAVIExporter As IAVIExporter
Set pAVIExporter = p3DExporter
pAVIExporter.Quality = nQualityPercent
`do the export:
p3DExporter.ExportScene pScene
    
```

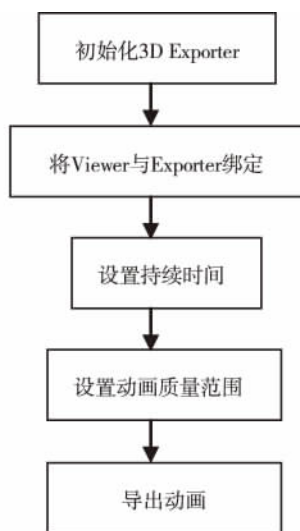


图 9 动画输出的步骤

Fig.9 Procedure of animation output

4 结语与展望

本文介绍了基于三维 GIS 技术构建虚拟校园的关键技术及其功能实现. 实践表明, 采用 SketchUp 与 ArcScene 结合的方法构建三维虚拟校园可以缩短系统开发周期, 并能实现预期效果, 对展示校园风貌、校园导航、对外宣传等起到了积极作用. 不过系统还有一些不足的地方有待改进, 例如大范围三维漫游速度仍然较慢等.

当前, 互联网已经深入人类社会活动的各个环

节, 促进世界经济迅猛发展. 因此, 将 GIS 与互联网结合, 构建网络化的地理空间集成平台(WebGIS), 可以使 GIS 为更多用户服务^[11]. 基于 WebGIS 的三维虚拟校园可作为下一步研究目标.

随着物联网技术的飞速发展, 物联网应用正在逐步推进. 物联网(Internet of Things) 就是“物物相连的互联网”, 通过射频识别(RFID) 装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备, 按约定的协议, 把任何物品与互联网相连接, 进行信息交换和通信, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[12-15]. 因此可以将开发基于物联网技术的出勤签到系统、校园安全视频监控系统、水电使用监测系统等, 融入到三维虚拟校园系统中来, 完善其相关功能, 最终实现智慧校园的建设.

参考文献

References

[1] 穆扬, 柳锦宝, 张永福. 基于 ArcGIS Engine 的三维校园系统的设计与实现 [J]. 航空计算技术, 2009, 39 (6): 100-104
 MU Yang, LIU Jinbao, ZHANG Yongfu. Design and implementation of three-dimensional campus system based on ArcGIS Engine [J]. Aeronautical Computing Technique 2009, 39(6): 100-104

[2] 单楠. 基于 SketchUp 和 ArcGIS 的三维 GIS 开发技术研究 [D]. 重庆: 西南大学地理科学学院, 2009: 39
 SHAN Nan. The 3-D GIS development technology research based on SketchUp and ArcGIS [D]. Chongqing: School of Geographical Sciences, Southwest University, 2009: 39

[3] 范力铭. 基于 ArcGIS Engine 的三维 GIS 系统开发与应用: 以华东师范大学校园三维 GIS 为例 [D]. 上海: 华东师范大学资源与环境科学学院, 2007: 27
 FAN Liming. Development and application of 3D GIS system based on ArcGIS Engine: A case of practice in ECNU campus 3D GIS [D]. Shanghai: College of Resources and Environmental Science, East China Normal University 2007: 27

[4] Abdul-Rahman A, Pilouk M. Spatial data modelling for 3D GIS [M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007: 1-16

[5] 武宜广, 胡召玲, 黄翌, 等. 徐州师范大学三维虚拟校园设计与实现 [J]. 徐州师范大学学报: 自然科学版, 2010, 28(1): 75-78
 WU Yiguang, HU Zhaoling, HUANG Yi, et al. Design and implementation of three-dimensional virtual campus of Xuzhou Normal University [J]. Journal of Xuzhou Normal University: Natural Science Edition 2010, 28(1): 75-78

[6] 卫涛, 王松, 陈劭. 建筑草图大师 SketchUp 效果图设计流程详解 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006
 WEI Tao, WANG Song, CHEN Mai. Detailed explanation of designing process of effect drawing by SketchUp [M].

- Beijing: Tsinghua University Press 2006
- [7] 柴贵海, 廖邦洪, 胡庭兴. 基于 SketchUp 和 ArcGIS 对虚拟校园的设计与实现 [J]. 测绘科学, 2009, 34(6): 270-272
- CHAI Guihai, LIAO Banghong, HU Tingxing. Design and realization of the virtual Dujiangyan campus of Sichuan agriculture university based on Sketchup and ArcGIS [J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(6): 270-272
- [8] 洪德法, 杨国东, 王志恒. 基于 ArcScene 和 SketchUp 的虚拟校园的建立 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(12): 41-43
- HONG Defa, YANG Guodong, WANG Zhiheng. Construction of virtual campus based on ArcScene and SketchUp [J]. Computer Technology and Development, 2008, 18(12): 41-43
- [9] 张昆, 张松林. 3D GIS 环境下的路径分析可视化研究 [J]. 测绘通报, 2006(9): 23-24
- ZHANG Kun, ZHANG Songlin. Visualization of find path analysis under 3D GIS [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(9): 23-24
- [10] ESRI. ArcGIS engine help for .net developers [EB/OL]. (2005-02-10) [2010-05-20]. <http://edndoc.esri.com/arcobjects/9.0/>
- [11] 董文方. 三维 WebGIS 的实现技术研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学电子工程学院, 2006: 1-2
- DONG Wenfang. A study on realization technology of 3D WebGIS [D]. Xi'an: School of Electronic Engineering, Xidian University, 2006: 1-2
- [12] 胡向东. 物联网研究与发展综述 [J]. 数字通信, 2010(4): 17-21
- HU Xiangdong. Summary of research and development on Internet of Things [J]. Digital Communication, 2010(4): 17-21
- [13] Internet Telecommunication Union. Internet reports 2005: The internet of things [R]. Geneva: ITU, 2005
- [14] 陈曦, 翟国方. 物联网发展对城市空间结构影响初探: 以长春市为例 [J]. 地理科学, 2010, 30(4): 529-535
- CHEN Xi, ZHAI Guofang. Influence of "Internet of Things" on urban spatial structure: A case study of Changchun [J]. Scientia Geographica Sinica, 2010, 30(4): 529-535
- [15] 吴功宜. 智慧的物联网: 感知中国和世界的技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 162-163
- WU Gongyi. Internet of things: Technology of reading China and the whole world [M]. Beijing: China Machine Press, 2010: 162-163

Design and implementation of 3D virtual campus based on GIS

YU Yongdong¹ LU Mingyue¹ XU Di¹ ZHANG Xiang¹

¹ School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract Technology of 3D GIS had developed rapidly and obtained widespread attention. Compared with two-dimensional GIS, 3D GIS represents natural world more vividly. Moreover, it has specific functions of 3D displaying, analyzing and operating on spatial objects under a 3D system. Taking Nanjing University of Information Science and Technology as an example, introduced the modelling simulation process of virtual campus based on 3D GIS. It also discussed the key issues which are the essential technology and method of virtual campus simulation about 3D visualization on 3D-scene modelling, modelling optimization and system development design based on Google SketchUp and ArcGIS. The development of functional modules consists of four sub-modules, namely 3D scene viewing, attributes query of buildings, path analysis and animation outputting. Finally, the paper addresses some problems involved in this system and puts forward thoughts for further study.

Key words 3D GIS; virtual campus; 3D modelling; SketchUp; ArcGIS