

文章编号 : 1671-8860 (2003) 03-0283-05

文献标识码 : A

GIS 中三维模型的设计*

朱 庆¹ 高玉荣¹ 危拥军² 黄 铎¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)
(2 西安测绘研究所, 西安市雁塔路中段 1 号, 710054)

摘 要:研究了三维 GIS 中的空间信息传输模式,探讨了平面地图符号与三维模型的区别与联系,阐述了三维模型的确立、定位、简化描述和逻辑性设计。
关键词:三维模型;可视化;三维 GIS
中图法分类号:P208;P283.1

地图是人类空间认知的结果,又是人们进行空间认知的工具(王家耀,陈毓芬,2000)。地图学家们探索了人的空间感受与图形认知的一系列生理、心理机制,提出了“视觉变量”和平面地图空间信息传输模式的理论,有效地提高了地图设计的质量和效果。随着计算机三维(3D)显示技术的不断发展,地图符号形象化的要求日渐迫切。地图符号的抽象化和形象化这对矛盾在相互对立而又螺旋式上升的发展过程中向三维形象化回归,导致了空间信息三维可视化成为 GIS 发展的重要特征之一。三维可视化技术使传统二维的、静态的地图表示向三维的、动态的场景表示方向发展,利用虚拟现实(VR)技术在空间数据库支持下可以构建虚拟环境,人在进入这一环境后可以利用计算机实现以视觉为主的全方位交互,这是空间数据可视化最有发展前景的新领域,已成为被关注的热点,也是研究、利用数字地球资源的重要工具(高俊,2000)。

近年来,国内外在空间信息三维可视化方面的研究工作主要集中在以下两个方面:运用动画技术制作动态地图,可用于涉及时空变化的现象或概念的可视性分析;运用虚拟现实技术进行地形环境仿真,真实再现地景,进行交互观察和分析。目前此方面的研究主要有:基于影像(遥感图像、航空图像等)的地形仿真,影像与空间数据库集成的城市景观重建,电子沙盘的制作与应用等。

现有的 3D GIS 研究都集中在三维可视化技术方面,对于更为基础的 3D GIS 的空间认知问题的研究显得很不够,这在一定程度上也制约了空间信息三维表示技术的进步和 3D GIS 的工程应用实践。

本文主要研究 3D GIS 中具有重要空间格局与视觉作用的三维模型,三维模型的研究能够促进传统平面地图符号系统的发展,丰富和增强传统地图制图的表达手法,促进地图学理论在三维地理信息表示领域的新应用。

1 三维 GIS 空间信息传输模式

信息是表达一切事物存在方式和运动状态的知识,具有通讯、运算和感知等特性;任何信息总是存在于某个信息系统中,信息在系统中传输和反馈,构成某种信息传输模式(王家耀,陈毓芬,2000)。任何信息系统实质上都是一个信息传输过程。如果把一般信息传输系统引进平面地图领域,就可以得出一个最简单的空间信息传输系统(如图 1 所示)。图 1 中的符号化是指用一种易于了解和便于记忆的平面地图符号来代替实际的空间地物,平面地图符号本身可以说是一种物质的对象(图形),它用来指代制图对象的抽象概念,并且这种指代是以约定关系为基础的,这是地图符号的本质特点。在图 1 中,制图者对现实世界的认识为信源,符号化为编码,地图为信道(通道),

* 收稿日期:2003-04-30。
项目来源:国家自然科学基金资助项目(40001017);国家 973 计划资助项目(2002CB312101);国家 863 计划资助项目(2002AA716131)。

译出符号为译码,接收者对现实世界的认识为接收者的信息恢复。至于噪声问题,在地图传输过程中就更加复杂了,常由许多因素造成。

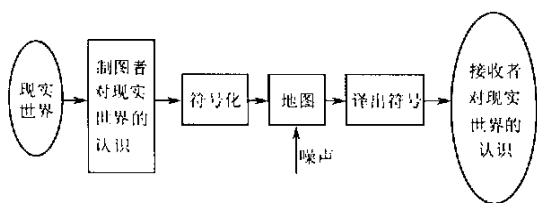


图1 空间信息的平面地图传输模式^[1]

Fig.1 Transmission Pattern of Spatial Information Based on Map^[1]

同理,如果把一般信息传输系统引进三维场景领域,也可以得出一个最简单的空间信息传输系统(如图2所示)。显然,三维空间信息最理想的传输模式明显区别于传统的平面地图传输模式,不再需要复杂的译码过程,因为通过一定逼真程度的三维重建,人们借助于自己的经验和已有知识便可以直接感知三维场景所表现的现实世界。

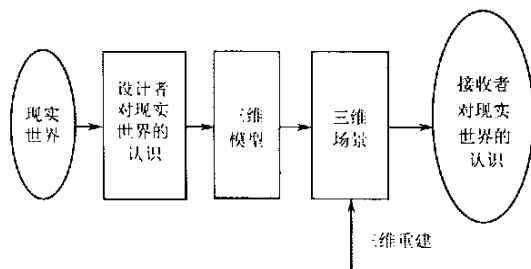


图2 三维空间信息传输模式

Fig.2 Transmission Pattern of Spatial Information Based on 3D Environment

图2中的三维模型是对现实世界的空间地物进行分析,选择人们认知清楚、有特征性的目标。建立三维模型并非事无巨细,一概逼真表达,而是根据不同的需要和有限的时间、经济、技术等条件进行各种综合取舍与简化,这也是本文研究三维模型的出发点。这里所说的三维模型指的是那些几何形状和表面材质与纹理特征具有一般性并可以重复使用的模型,包括点状模型、重复性的线状模型、面状模型和纹理模式等,比如根据管径和中心线参数便可以重复绘制的管道模型,根据宽度和中心线重复绘制的四车道路面模型等。

2 平面地图符号与三维模型比较

平面地图是传统的地理空间表达中使用的一

种重要工具,在其传递空间信息的过程中,地图使用了特殊的语言——地图符号系统来表达要素(如图1所示),使之具有风景画和照片都无法比拟的科学性和可量测性的优点。

地图符号是地图上用来表示实地物体与现象的特定图解记号,是以约定关系为基础的与客观事物具有指代关系的物质对象(图形、图解)。它有两个基本功能:首先,它能指出目标种类及数量和质量特征;其次,能确定对象的空间位置和现象分布。

空间信息三维可视化的发展促进了三维模型的产生。与平面地图符号类似,三维模型就是在三维的条件下,描述实地物体与现象的图解模型。它具有平面地图符号的所有特征和基本功能(危拥军,2000),但更加直观逼真。笔者将三维模型定义为:在三维环境中,用来描述各种地理实体的形状、位置、大小、姿态以及地理现象的时空分布和变化特征的图形、图像以及图解模型。三维模型以更逼真的形式提供给观察者更多的空间信息,通过读者的视觉被感知。综合起来,三维模型具有以下的基本特性。

1) 三维模型能够给予读者更加直观的三维空间信息。而平面地图符号反映的都是空间物体的平面布局,其高程信息只是作为一个属性值而存在,并不能被直观地反映出来。三维模型不仅能够反映空间物体或对象的平面位置(x, y),高程信息(z)也同样可以反映出来。

2) 以更加直观和逼真的方式指出空间目标种类、数量和质量特征以及对象的空间位置和现象的时空分布,所以三维模型具有完整的时空定位特征。

3) 三维模型以电子为介质,读者不仅可以从电子介质观察图形图像的效果,还能够从具体的文件中得到数字信息,也就是说数字信息是以单独的文件保存起来的,并且这些数字信息是比较详细的^[4]。

3 三维模型设计的理论框架

3.1 三维模型分类

三维模型分类的过程也是对空间地物进行分析和定义的认知过程,确定其类别及重要性,进行分类和有选择地确定建立模型对象。三维模型分类的基本前提是适于并且能够用三维模型描述空间地物的各种信息。从三维可视化表现的真实感与计算效率两方面考虑,三维模型分为以下三类。

1) 第一类模型具有几何形态的不变性和表面

材质纹理的相似性,具有重要的形状和位置特征。建立一个逼真的三维模型便可以重复使用,如电杆、路灯模型等(如图 3)。

2) 第二类模型具有几何形态的随机性和表面材质纹理的相似性,具有重要的大小和位置特征。通过纹理图像表示这些目标,如树木、花草等(如图 4)。

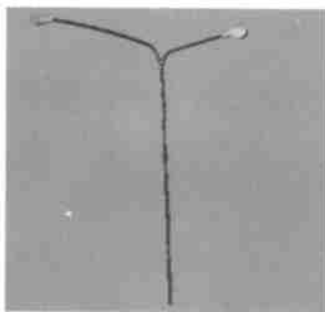


图 3 城市路灯模型

Fig. 3 Model of
Street Lamp



图 4 花草纹理

Fig. 4 Textures of
Flowers and Grass

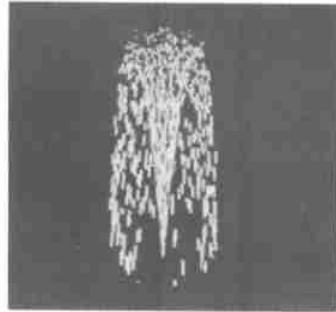


图 5 喷泉模拟

Fig. 5 Simulation of
Fountain

3.2 三维模型的定位特点

三维空间地物的表达也需要一定的定位方法来确定空间对象的位置顺序。传统的二维点状符号在普通地图和专题地图中都有广泛应用。在地形图上,控制点、居民点、独立地物都采用了定名的或顺序的点状符号,这些符号的重心或质点,都与地物的地理位置(经纬度或直角坐标)相重合(蔡孟裔,2000),这是传统地图上点状符号的定位规则。与这种平面地图点状符号定位规则明显不同的是,三维模型的定位是由其三维空间表达的地理位置(x, y, z)或空间姿态参数决定的,如描述太阳系中的地球不仅需要地理位置(x, y, z)来表达空间位置,还需要地轴的倾角参数来表达地球在太阳系中的倾斜度。

3.3 三维模型的简化特点

与二维地图符号的抽象性不同,三维模型不仅能表现地物的本质特征和一般属性,更重要的是还能描绘出地物复杂的表面属性信息。但是,由于计算机处理能力和成本的局限,要重建地物所有详细的细节往往是不现实的,也没有必要。因此,模型简化成为三维模型设计的显著特点之一。简化包括几何细节的简化和纹理细节的简化,简化的目的就是去掉一些不重要细节,保留最能代表地物显著特征的部分,满足高效逼真可视化的需要。如图 3 所示的城市路灯符号模型,只要简化出它的主要轮廓,即一根柱子,再加上横杆和两个灯泡即可在三维场景中进行描述(图 6 为

3) 第三类模型具有几何形态与表面材质纹理表示的随机性。通过特定的随机函数模拟这些目标,如喷泉、瀑布、雨水、海浪、烟火等(如图 5)。

研究三维模型并不是与二维符号的一一对应,不是所有的二维符号都要对应三维模型,应该根据所表示的环境和目的的不同而不同(Bandrova, 2001)。

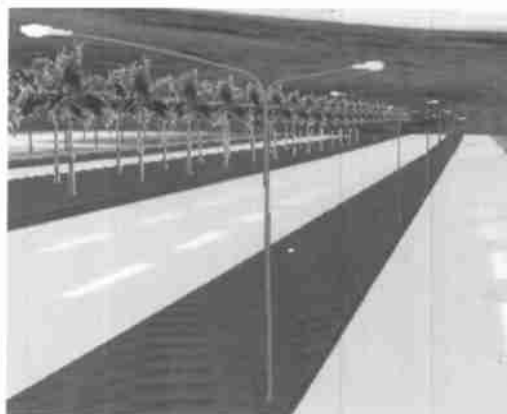


图 6 城市路灯模型在三维场景中的应用

Fig. 6 Simulations of Street Lamps
in 3D Environment

城市路灯模型在三维场景中的应用)。

人的视觉信息获取机制是概括的和拓扑的,因此应该强调那些与研究目的有关的主要内容,去掉多余的细节,以保证使用者可以更快地认识对象(高俊,2000)。三维模型是对客观事物的简化反映,是为了发现和了解客观事物的本质属性和基本规律,因此根据实际情况而夸大三维模型的重要特征而忽略其次要特征是有意义的。

3.4 三维模型设计的逻辑性

三维模型设计的逻辑性指的是在设计三维模型时,要在模型与模型之间建立起内在的、有机的联系,或者说,使三维场景中所包括的空间地物的分类和分级能通过模型的构图差别来体现。这样

可以避免孤立地、片面地设计每个模型,可以在不增加单个模型数量的前提下,丰富三维模型系统,提高模型的科学性与易读性。

视觉变量包括形状、尺寸、颜色、纹理、方向以及透明度等^[7]。三维模型的构图就是按照一定的原则与规律将构图因素(视觉变量)组合成三维模型,因此,三维模型构图的逻辑性主要通过合理地选择视觉变量来实现。

1) 三维模型的视觉逻辑与三维场景所表达内容的逻辑相对应。

模型的视觉逻辑应与三维场景所可视化的空间地物的内在逻辑相对应,如尺寸的变化从小到大表示空间地物的重要性从次要到重要或数量变化从少到多(陈毓芬,1998)。亮度和纹理的变化也能表示数量的关系,如用水泥纹理表示高速公路,沥青纹理表示一般公路。利用视觉变量的形状和尺寸相组合来构造模型,不仅能表达三维场景中要素的数量变化,而且使视觉感受效果更好。这些视觉变量的组合就像自然语言中的形容词一样起修饰作用,将三维场景中的对象表达得更清晰、更彻底明了。

2) 利用色彩和纹理的心理感受特点设计三维模型,体现设计模型的逻辑性。

三维模型的色彩设置应该使人联想起现实生活中所见到的自然色彩,如表示水域时,纹理不仅表达水的均质性,还应表达水域的特性。如海水的纹理、颜色和黄河水的纹理、颜色就不一样,海水表现的比较蓝,再加之波浪效果使读者一看便明白是海水;相对来说,黄河里的水夹杂有大量的泥沙,比较浑浊,使读者能够从视觉感受来区别不同的水域。在三维模型设计中,应用这一原则,可以起到自然联想的作用,使空间信息的传输效率得到提高。

三维模型的价值是由它们在系统中的相互区别和相互联系构成的,不能从孤立的角度看待三维模型,而必须从相互依赖的整体出发去确定每一个三维模型的要素,在建立三维模型时一定要清楚模型之间的相互关系。

3.5 三维模型设计的特点

与平面地图上的符号所处的表达环境不同,GIS 中的三维模型具有以下显著的设计特点。

1) 简化与形象化描述。

应当使三维模型的简化和形象化描述达到均衡。一方面对形象素材进行高度概括,去其枝节,把最基本的特征表现出来,一般情况下应尽可能保留甚至夸张地物的形象特征,包括外观上的相似、材质的相似等,让用户看到模型马上就可以联

想到地物本身,因为象征性强的模型都比较容易理解、接受;另一方面也不能盲目追求仿真、模拟原形,否则就会混淆 3D GIS 的三维可视化模型和模拟景观的区别(Ranzinger,1997)。

2) 逻辑性。

要体现出模型所反映地物的重要关系、协调关系、分类分级的层次关系等。这一点与平面地图相同。

3) 简洁性。

作为 GIS 的可视化产品,三维模型的清晰性、简洁性是保证直观理解的基本条件之一,因此在构造三维模型时要简洁、明了,尽可能用最少的简单造型来组成,体积不能太大,各组件要紧凑。保证符号模型的简洁性是尽量减少光照,提高图形显示速度的前提之一。

4) 可行性。

设计模型一定要顾及软硬件的支持。若模型中的多边形太多,会消耗大量的计算光照的时间(江文萍,1999),那么这种模型就是失败的。

总之,在设计三维模型时既要考虑到模型的艺术性、可读性,又要顾及到可行性,各方面都要兼顾,只有这样才能尽可能优化系统的性能。

4 结束语

3D GIS 系统的相关理论和应用研究正如火如荼地开展,许多深层次的问题只有通过不断的应用实践才能得以明确并逐步得到系统全面的解决。在以下方面还需要大量更加深入的研究:地理信息三维表示的空间认知;研究网络环境下三维模型的实时生成技术;具有时间维的三维模型动态演变技术,通过模型反映各种现象的时空变化。

参 考 文 献

- 1 王家耀,陈毓芬. 理论地图学. 北京:解放军出版社,2000
- 2 高 俊. 地理空间数据的可视化. 测绘工程,2000,(3):1~7
- 3 危拥军. 三维模型理论与方法的研究:[学位论文]. 郑州:郑州信息工程大学,2000
- 4 Li ZL. Some Considerations on the Design of Web Maps. 移动和互联网地理信息系统国际专题研讨会,武汉,2002
- 5 Bandrova T. Designing of Symbol System for 3D City Maps. Icc2001, Beijing, 2001
- 6 蔡孟裔,毛赞猷,田德森,等. 新编地图学教程. 北京:高等教育出版社,2000

7 Li Z L , Kraak M J. Web-Based Exploratory Data Analysis (Web-Eda) : Visualisation Meets Spatial Analysis. ISPRS Commission Symposium ,Xi 'an ,2002

(2) :159 ~ 173

10 江文萍. 城市地形图及市政设施的三维可视化 :[学位论文]. 武汉 :武汉测绘科技大学 ,1999

8 陈毓芬. 地图符号设计的逻辑性原则. 北京测绘 ,1998

(1) :38 ~ 39

9 Ranzinger M, Geixner G. GIS Datasets for 3D Urban Planning. Computer ,Environ and Urban Systems , 1997 ,21

第一作者简介:朱庆,教授,博士生导师。主要研究方向是数字摄影测量、虚拟现实和 GIS 等。

E-mail :zhuq66 @263. net

Design of 3D Models for 3D GIS

ZHU Qing¹ GAO Yurong¹ WEI Yongjun² HUANG Duo¹

(1 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying , Mapping and Remote Sensing ,
Wuhan University , 129 Luoyu Road , Wuhan , China , 430079)

(2 Xi 'an Institute of Surveying and Mapping ,1 Mid Yanta Road ,Xi 'an ,China ,710054)

Abstract : In traditional planar maps , we use symbols to represent spatial objects. With the development of computer technique and 3D techniques and their application in GIS , traditional 2D static planar map is developed to 3D dynamic virtual environment. CyberCity is a hotspot in the field of GIS and it needs not only by DEM and 3D terrain to deliver the topographic information , but also 3D symbol models to represent spatial objects. Representation of CyberCity is not reconstruction in all details , but based on the abstraction and interpretation of real world according to the temporal - spatial , economic and technical constraints. So it is necessary to study on the 3D model. This paper discusses the transmission pattern of spatial information , the difference and relations between map symbols and 3D models , then illustrates the principles of 3D models based on their determinability , location , simplification and logicity.

Key words : 3D model ; visualization ;3D GIS

About the first author : ZHU Qing , professor , Ph.D supervisor. His main research include digital photogrammetry , virtual reality and GIS.
E-mail :zhuq 66 @ 263. net

(责任编辑: 涓涓)