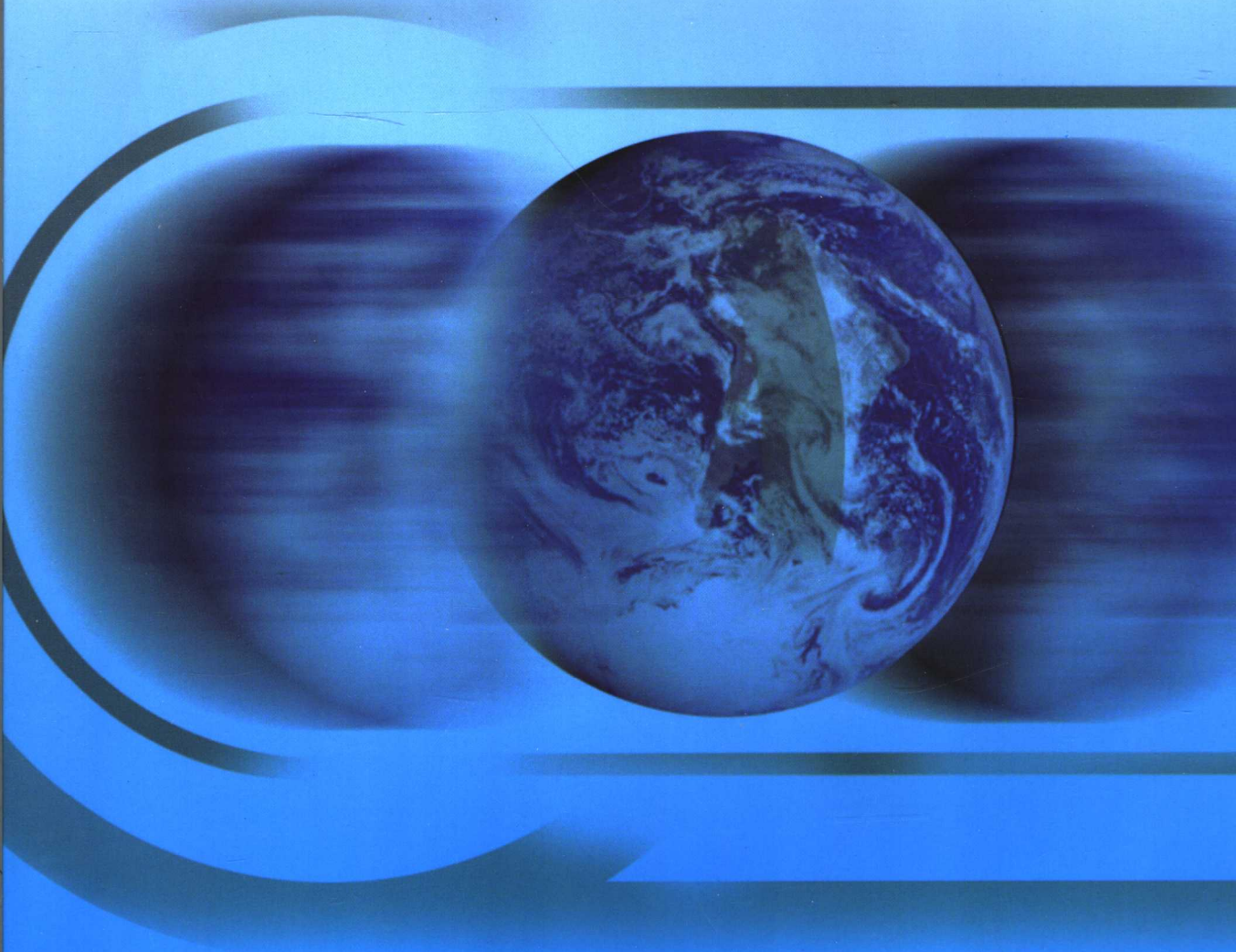


精确时空立体景观虚拟现实

林宗坚 刘先林 张继贤 李成名 左建章 孙 杰 洪志刚 著



西安地图出版社

精确时空立体景观虚拟现实

林宗坚 刘先林 张继贤 李成名 左建章 孙 杰 洪志刚 著

西安地图出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

精确时空立体景观虚拟现实/林宗坚著. —西安: 西安地图出版社, 2005.7
ISBN 7-80670-822-7

I. 精… II. 林… III. 测绘学论文集 IV. P2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082785 号

林宗坚 刘先林 张继贤 李成名 左建章 孙 杰 洪志刚著

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路 334 号 邮政编码: 710054)

新华书店经销

北京柏力行彩印有限公司印刷

787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 12.5 印张 310 千字

2005 年 7 月 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

印数 200

ISBN 7-80670-822-7/P·26

定价: 20.00 元

前言

在很长的历史时期，只能用纸类介质描绘地图的年代，人们创造了地图投影学，能将三维空间的地理要素表达成二维平面图形的形式。这无疑是科学的理论与方法，今后仍然会继续发挥其广泛的作用。但是，随着计算机技术的进步，出现了可以演示三维图像、支持双眼立体观察的硬件，同时也出现了能管理和显示三维图形图像的软件，人们正在追求另一种测绘信息的表达方式——三维立体的虚拟现实表达方式。这种测绘产品的新形式刚出现不久，已经迎来了广泛的社会需求，形成了广阔的潜在市场：

（一）在工程规划与设计方面，传统技术大量使用的是平面的图形和图像，即便出现了 CAD 技术，还仍然大量使用基于平面图形的电子图件。从本质上说，这种从三维到二维的简化经常带来思维理解的局限性与片面性以及设计规划的不精确性，甚至使得一些主要问题被疑难搁置，等待耗时耗力的现场参考来确定。而决策者在现场，又会遇到大尺度景观实地量算的困难，工作效率不高。三维立体景观的虚拟现实能为工程规划设计者提供如同在真实自然界一样的视觉感受，可以进行精确的三维空间量算，构思各种工程方案进行比较分析。可以预计在不久的将来，三维虚拟现实会像今日的 CAD 一样，成为工程规划设计不可缺少的工具。

（二）现代城市为了节省用地、扩展经济容量，以及改善环境，都在三维空间形成复杂结构，用传统的二维地图已经不足以表达复杂的三维信息，就是使用遥感影像，也会遇到正射影像图制作的困难。表达城市三维结构最好的办法是利用遥感影像制作三维景观模型，以虚拟现实工具提供浏览、观察、量算和设计仿真操作。

（三）在防灾减灾、环境治理、安全防护等许多应用中，需要进行动态推演，不仅要演示历史的变化，还要推演将来的变化。为此必须建立真实景观的三维模型，并且把对真实景观变化的监测数据融进模型中，然后用三维虚拟现实工具进行推演显示。

虚拟现实 (Virtual Reality) 是指在计算机中构造出一个形象逼真的模型, 人与该模型可以进行交互操作, 并产生与现实世界中相同的反馈信息, 使人们得到与现实世界同样的感受。

本书所介绍的是以测绘信息为基础的虚拟现实, 与目前市场上流行的主要用于游戏娱乐的虚拟现实有着本质的不同, 以测绘信息为基础的虚拟现实强调统一的时空基准和精确的三维量算。

本书是“973”基础研究前期专项“精确时空立体景观虚拟现实”的研究成果汇编。内容主要包括三个部分: 第一部分阐述虚拟现实系统的基本原理和构建技术; 第二部分阐述利用无人飞行器低空遥感构建城市三维立体景观模型的技术方法; 第三部分阐述用雷达遥感影像构建虚拟现实的方法。

由于课题研究还在进行中, 上述成果未免粗浅, 甚至有错误, 之所以出版, 目的在于抛砖引玉, 引发研讨。恳请读者多提宝贵意见。

作 者

2005年6月

目 录

精确时空立体景观虚拟现实的构建与应用方法研究	林宗坚	刘先林等(1)
大范围三维城市建模系统的开发与应用	左建章	关艳玲等(8)
城市虚拟小区建设	苏玉扬	左建章等(18)
探讨 DirectSound 在三维仿真声音模拟中的应用	刘 扬	左建章等(27)
时空数据模型及其可视化技术初探	高武俊	张继贤等(34)
三维 GIS 的基本问题与研究进展	王继周	李成名等(39)
基于 GeoVRML 的网络三维虚拟景观构建	王继周	李成名等(49)
城市三维数据获取技术发展探讨	王继周	李成名等(54)
基于 Java3D 的地形三维可视化技术	李 翔	李成名等(61)
OpenGL 环境下地形三维景观模型的实现及应用	高武俊	张继贤等(67)
城市模型三维可视化的研究	高武俊	张继贤等(75)
RESEARCH ON THE THREE-DIMENSIONAL ABSTRACTION		
AND DESCRIPTION OF REALITY	LI Chengming	WANG Jizhou 等(79)
三维城市模型纹理库建设技术研究	孙成忠	刘召芹等(86)
无人飞行器低空遥感与数字城市三维地理空间基础框架建设 ...	洪志刚	林宗坚等(93)
无人机低空遥感监测系统	孙 杰	林宗坚等(97)
大重叠度无人机遥感影像的三维建模方法研究	崔红霞	林宗坚等(103)
基于无人驾驶飞行器的三维数字城市建筑物建模技术	蒙 印	李成名等(109)
RECONSTRUCTION OF BUILDINGS FROM A SINGLE UAV IMAGE		
.....	WANG Jizhou	Lin Zongjian 等(116)
高分辨率影像定位的一种新方法研究	林宗坚	宣文玲等(124)
多帧图像融合提高分辨率的方法研究	林宗坚	江 涛(130)
ORIENTATION STRATEGIES OF AIRBORNE THREE-LINE SCANNER STARIMAGER'S		
IMAGERY WITH MINIMUM GROUND CONTROL	Tianen CHEN	(138)
TRIPLET-MATCHING FOR DEM GENERATION WITH PRISM, ALOS		
——A CASE STUDY USING AIR-BORNE THREE LINE SCANNER DATA		
.....	TIANEN CHEN	(148)
利用 RADARSAT 立体影像提取 DEM 摄影测量方法研究	刘明军	张继贤等(158)
地形引起的雷达辐射畸变及其校正	张永红	张继贤等(166)
高分辨率机载 SAR 影像空中三角测量模型	庞 蕾	张继贤(173)
机载 SAR 影像时空模型重构因子及其 3D 特征提取	庞 蕾	等(178)
GIS-SUPPORTED PRECISE SPATIO-TEMPORAL MODELLING FROM		
AIRBORNE SAR IMAGERY	Pang Lei	Zhang Jixian 等(184)
机载合成孔径雷达技术在地形测绘中的应用进展	张继贤	杨明辉等(192)

精确时空立体景观虚拟现实的构建 与应用方法研究

林宗坚 刘先林 张继贤 李成名 左建章 孙 杰 洪志刚

(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

摘 要: 本文提出一种适应人眼双目立体视觉的、可以精确进行三维量测的虚拟现实系统概念, 阐述了这种系统的社会需求、理论依据和构建技术, 特别详细讨论了人造立体视觉所应遵循的几何物理获取方法、立体模型显示与立体观测方法以及虚拟与实景叠加等技术问题, 并给出相应的解决方案, 列出了应用成功的典例。

关键词: 虚拟现实 三维量测 立体视觉 无人机摄影

一. 引言

我们要用信息化带动工业化, 虚拟现实是一种很有效的工具。虚拟现实是科学进步推动下产生的新的社会需求, 为经济社会的许多重大领域之将来发展所不可缺少。

由于经济发展、技术进步、人口增长、环境恶化、资源紧缺以及经济社会的现代化, 今日人们所从事的建设工程之难度已大大超过历史的工程。现代社会的每一项规划和决策都不得不在空间与时间上精打细算, 任何粗心或对自然环境条件了解的差错, 都可能导致严重的失误或巨额浪费。相反, 全面掌握自然客观条件与规律, 用足天时地利, 则可巧夺天工、倍增效益。这里关键是信息, 是信息获取与应用手段的进步。目前经济建设的规划、决策和工程设计大量使用的是平面图形, 包括传统的图纸形式和现代电子图形形式, 包括三维景物经透视变换成的二维图形和图像。从科学进步的角度看, 这种平面图形的信息形式有以下三个缺点:

(1) 把真实的三维世界简化为二维, 在复杂环境下可能带来思维理解的局限性和片面性, 带来规划设计的不精确性, 使得一些非需三维信息不能解决的问题被疑难搁置, 等待耗资耗时的实地考察来确定。

(2) 图形与图像分离, 这是因为单眼能看的图形功能的限制, 无法实现图形图像的密切结合, 使决策者不能在一体化环境中同时审视思考三维空间关系和景观属性问题。

(3) 缺少动态推演能力, 不能演示事态过程, 因而使得大量动态监测数据无法融进设计图纸的构思中, 而有待实体模型来验证。例如, 已经得到长江上游连续多日的暴雨观测数据, 又有沿江多年的水文观测资料, 能否准确地虚拟出将来几天内沿江洪水险情与灾情, 用以准备进行洪水调度, 分洪决策和救灾指挥。

现代战争早已是立体战争, 现代武器对天时地利之使用业已达到惊人的精确度, 然而用以支持现代战争策划和现代武器使用的战场环境信息却远未达到所需要的时空逼真

度,尤其是未来事件环境虚拟的时空逼真度。例如,我们用卫星遥感获得的某山区的雷达影像和一些零散的侦察照片,如何以此构建人眼可视的虚拟山地环境,用以布置一项伞兵空降作战计划,并使每个官兵按从虚拟现实熟识的环境形象信息准确无误地到达实地,按计划完成实战任务。再假设,我们要发射巡航导弹,如何利用此虚拟环境进行航迹规划,实现由GPS、惯导、地形测高综合的导航,如何利用景观图像进行末端制导。

无论经济建设还是国防安全,都迫切需要能反映客观自然景观及其动态过程的,能适应人类天生的双目立体视觉的,能进行精确的时空量算与策划的,能逼真表达正在思考和研讨中的工程方案或战略举措之时空过程与将来效果的虚拟现实工具。

本文以下介绍的是作者承担国家重大基础研究(973)前期研究专项2002CCA04700“精确时空立体景观的虚拟现实研究”项目之研究成果。

二. 虚拟现实的两种形式

虚拟现实(Virtual Reality)是指在计算机中构造出一个形象逼真的模型,人与该模型可以进行相互操作,并产生与现实世界中相同的反馈信息,使人们得到与现实世界中同样的感受。当人们需要构造当前不存在的环境,人类不可到达或者为了省时省力而不去到达的环境,以及构造虚拟现象以代替耗资巨大的真实现象时,虚拟现实技术是不可少的。

现有的技术可以构建两种形式的虚拟现实模型:

第一种是基于现实景观的模型。人们设法通过各种技术手段获取现实世界中已经存在的自然景观的信息,经过加工处理使之形成能反映此自然景观特征的数字模型,通过计算机软件和显示设备的支持,就能显示如同真实景观一样的虚拟现实。

第二种是由人们想象虚构的模型。这种模型又分两类。一类是实体景观,人们把关于未来实体景观的构思用图形表达出来,并将这些图形按数学映射规则转换成三维数字模型;另一类是虚拟现象,人们根据对现象发生机理的认识,按照数学物理方程所描述的现象过程,用计算机图形学方法生成一系列计算机图像,从而构成现象动态模型。

实践中经常将这些模型混合运用,从而构成生动形象的虚拟现实效果。

三. 人造立体景观的几何、物理条件

摄影测量学是世界上最早把人造立体视觉用于解决工程实践问题的学科。按照摄影测量理论,若能模仿人的双目视觉对三维实物景观拍摄一对立体像片,然后人眼立体观察这对像片,就能产生与观察真实景观一样的三维感受,而且还可以借助专门的仪器对三维视觉模型进行精确的量测,比实地测量方便得多。这种人造立体视觉必须满足下列几何物理条件。

(1) 人的左右眼必须分别只看立体像对的左右影像

除非特殊训练的人能直接用双眼分别看两张像片,一般的人都须借助立体视觉装置。目前的立体视觉装置借助于互补色原理、偏振光原理或闪闭法原理都能实现左右眼分别观察左右影像的功能。

(2) 双眼基线必须与立体像对的摄影基线平行

这意味着双目所视的立体影像必须处处没有上下视差。对于一般正规的航空摄影影像，这可以通过相对定向来实现。但是非传统框幅式成像的三线阵遥感影像就必须通过精确测求每一线阵影像的方位元素来求解构成立体视觉的影像间的上下视差。而对于无人低空遥感，由于所使用的相机通常是非量测相机，因此必须通过复杂的相机检校求解畸变差模型，才能有效清除上下视差。

(3) 必须尽量保持双眼凝视与交向的一致

人眼在观察三维世界时，对任何目标点双眼的交会与凝视是协调一致的，这已成为人类的生理习惯。但在人工立体视觉中，经常遇到的情况是，双眼所凝视的屏幕在眼前一定距离外，而立体模型中的目标点，则可能过多地远于或近于屏幕距离，这会使人产生头晕的感觉。屏幕距离越近，模型空间深度越大，观察时间越长，这种不舒适感受会越严重。因此，立体观测作业员必须经过训练，使之适应这种视觉生理的协调。而对于面向大众的立体视觉系统则宜尽量使用大屏幕，把屏幕置远，才能造成舒适、大视野、大深度的立体视觉空间。而且，在模型制作时，还要注意不宜长时间出现过大的左右视差，以避免生理视觉疲劳。

四. 三维模型数据获取的方法

为了构建形同已存在景观的虚拟现实，首先要用适当的方法获取已存在景观的三维模型。按现有技术能力，可采用如下任一方法。

1. 航空摄影立体建模辅以建筑物立面近景摄影

这种方法以大面积航空摄影测量为主，按立体摄影测量方法构建空中三角网，然后用立体测图方法获取数字地面高程模型 (DEM)，制作正射影像，构建自然景观的三维模型。对于城市高层建筑物地区，则辅以地面近景摄影测量，采集建筑物立面纹理。对于结构复杂的立面，则需进行近景立体测量。工作流程如图 1。

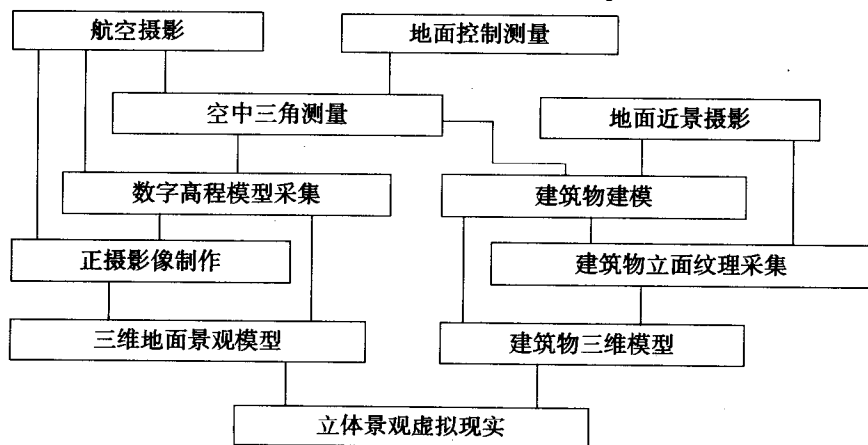


图 1 航测加近景方法建模

2. 无人机低空摄影单像量测建模

无人机的特点是可以飞得很低、很慢，可以完成多高度的倾斜摄影，因而能避免摄影死角，特别适合于城市高层建筑区建模。这种倾斜摄影影像，难以构成立体像对，因而用单影像三维量测的方法建模。其工作流程如图 2。由于城区大部分已有地形图，因此大量野外控制测量可用地形图量算工作取代。

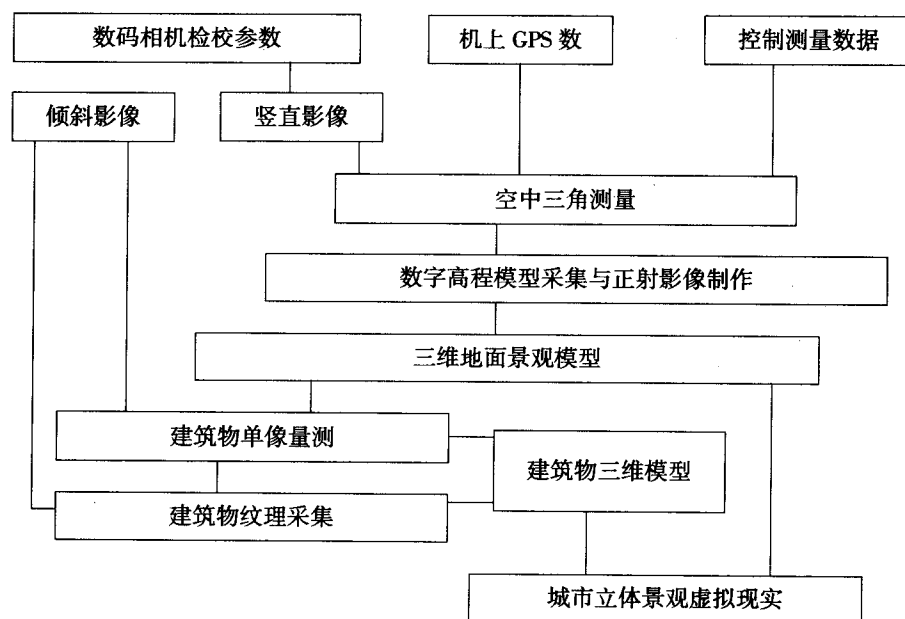


图 2 无人机低空遥感建模

3. 干涉雷达 (Insar) 立体建模

雷达以测距方式探测三维空间。如图 3 所示，由天线 A_1 发出的雷达波到达地面点 P 后，其反射波可被天线 A_1 和 A_2 接受。 A_1 与 A_2 间保持固定基线 B 。尽管此基线很短，但由于双天线所接受的是同一点 P 反射的信号，其相关性很好，因此检测 r_1 与 r_2 距离差的精度很高，所能解决的 P 点位置精度也很高。然而，平台（飞机或卫星）的稳定度对精度影响却很大，这是目前的技术难点。

完成地形测量之后，就可以进行雷达影像的正射纠正，从而构成地面景观的雷达虚拟现实模型。若能将雷达影像与光学遥感影像相融合，则可得到更完美的景观虚拟现实。如何根据雷达影像与光学影像间的相关性（针对各类地区、各类地物的相关性），在仅有雷达影像的情况下，能推演出类似光学影像的虚拟现实景观，是有待进一步研究的课题。

4. 侧扫声呐海底地形建模

由于水下无法传递电磁波，因此海底建模必须用声呐。目前普遍使用的是侧扫声呐，

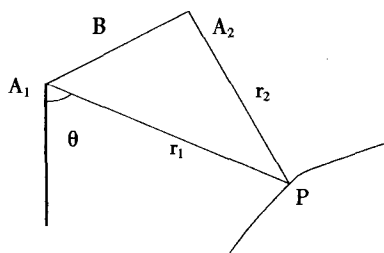


图3 Insar 立体建模

由于它采用拖曳体作为平台，稳定性较好，目前已能达到 1:10 万地形测量精度。

五. 立体模型显示与观测方法

1. 三维模型到屏幕影像的数字变换

已经获取到的三维景观模型数据需通过投影变换，成为可投影到屏幕上的影像数据，才能被立体投影系统所采用（如图 4）。

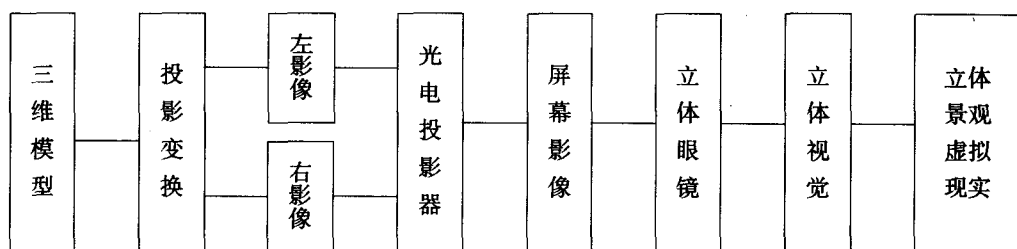


图4 立体视觉的形成

图 4 中的“投影变换”指的是数字交换，用以实现此数字交换的软件必须具有如下功能：

(1) 支持虚拟定向漫游的立体视觉

投影变换中的两个投影器虚拟的是立体视觉中观测者的眼睛。因此，两对光线方程中的两投影中心间的基线距必须保持固定值，两投影主光轴必须始终保持平行，共线方程的解算速度必须不低于每秒 25 次。

(2) 实现消隐

从三维到二维的投影变换，很可能出现三维空间多于两个点的投影成像于二维平面的一个点位置上，此时必须进行消隐处理，将位于远离观察者核面上的三维景点隐去，只显示最近核面上的像点。

(3) 具有不同详细程度 (LOD) 表达功能

这是在计算机功能有限条件下提高投影变换与显示速度的有效方法。它符合人眼视觉所服从的中心投影显示中近大远小的规律。因此，对于近核面上的影像要按数据本来具有的高分辨率进行投影变换的显示；而对于远核面上的点，则必须降低分辨率（扩大

取样间隔)进行投影变换和显示。取样间隔按像方像元大小对应的三维空间尺寸决定。

2. 影像光电显示与立体观测

由三维模型经数字投影变换产生的立体像对影像必须借助光电投影器投射到屏幕上,再借助立体眼镜进行观察,才能产生立体视觉,在观察者头脑中形成立体景观虚拟现实的感知。立体眼镜与光电投影器配合构成立体观察装置,可以采用互补色、偏振光、闪闭法等任何方式。

为了在立体观察系统中增加立体视觉量测功能,必须设立测标。比较简易的方法是在光电投影前的数字立体像对的左右影像中分别加入代表空间测标的两个光标点(例如十字形),并且,其像方坐标(x 、 y 的左右视察值 P)由导(脚)轮推动,当左右测标对准左右影像中的某个像点时,其空间坐标可通过前方交会计算得出,因而实现了观测者对虚拟景观的三维量测操作。

六. 虚构模型与立体景观模型的叠加

目前经常使用的是以实景立体景观模型为基础,叠加显示设计中的景观或虚拟现象。设计景观和虚拟现实的个体模型都按设计者的构思用计算机图形学方法生成。在本系统中的主要任务是实现与实景模型的融合。融合操作从数字投影变换阶段开始,用消隐方法将虚构模型所遮挡的实体模型消隐。

由于虚构模型所涉及的学科领域及应用面很广,因此还有近乎无穷的课题有待进一步研究。

七. 应用试验情况

本项目的研究成果虽然还属虚拟现实的初级阶段,但已经开发成实用产品“SMVR空间信息三维虚拟现实系统”,已在国内外若干用户中得到成功的应用。具体范例包括:三维城市建筑景观及小区规划虚拟现实,园林景观三维虚拟现实,博物馆展厅景物三维虚拟现实,煤矿和油井地层结构虚拟现实,铁路设计的虚拟现实效果显示,水库大坝设计的虚拟现实效果显示,虚拟战场等。

八. 结论

以上介绍了本项目已经研究成功的构建精确时空立体景观虚拟现实的理论方法,并且获得实验验证。说明构建这类虚拟现实的目标是可实现的,而且具有广阔的应用前景。但是,向着虚拟现实的科学目标,还有诸多问题有待进一步研究。近期内特别值得研究的课题有:

1. 如何根据已经积累的同一地区多种传感器数据进行数据挖掘处理,寻找出由一种传感器数据,结合相关知识,推演另一种传感器的虚拟现实景观,用以指导飞行体导航

定位、战场指挥系统设计等工作。

2. 如何由若干离散点值处获取的影像快速内插生成连续序列的影像, 以满足实时任务的需要。

3. 如何实现基于三维立体景观的工程设计, 特别是解决好实景与虚景的融合, 以及三维动态过程设计问题。

参考文献

- [1] W.E.L.Gimson. From Images to Surfaces——A computational study of the human early visual system. England The MIT Press, 1981
- [2] D.H.巴拉德. C.M.布朗著. 王东泉等译. 计算机视觉. 科学出版社, 1987
- [3] 林宗坚等. 由小面阵 CCD 组合构成宽角航空相机. 测绘科学, 2005, 30(1): 94~98
- [4] 崔红霞等. 非量测数码相机畸变差检测研究. 测绘科学, 2005, 30(1): 105~107
- [5] 刘凤德等. 基于 JX4 数字摄影测量工作站的地理信息数据库直接更新的方法设计. 测绘科学, 2005. 30(1): 102~104
- [6] 张永红等. 地形引起的雷达辐射畸变及其校正. 测绘科学, 2002, 4 期
- [7] 宣文玲等. 从中心投影影像制作正射影像的多种方法研究. 测绘科学, 2003, 2 期
- [8] Wang Ji-zhou. Reconstruction of buildings from a single UAV image. ISPRS, 2004
- [9] Li Cheng-ming. Research on the three-dimensional abstraction and description of reality. ISPRS, 2004
- [10] Ye Ze-tian. From Physical space to visual image space. Geo-Spatial information science, 2003. 6(2): 42~47

A Stereo Visual and Precise Measurable Virtual Reality System ——On the Method of Construction and Application

LIN Zong-jian, LIU Xian-lin, ZHANG Ji-xian, LI Cheng-ming,
ZUO Jian-zhang, SUN Jie, HONG Zhi-gang

Abstract

A conception of the virtual reality system suited to binocular stereo vision and possible for precise three dimensional measuring are proposed. The application requirements, the theory principles and the construction technologies about this system are presented in this paper. Some methods based on aerophotogrammetry and close-range photogrammetry, UAV low altitude photography, Insar and Sonar principles are proposed for three dimensional modeling data acquisition. Binocular perspective projection algorithm is adopted to transfer three dimensional model into binocular images. Then stereovision equipment produces binocular stereovision according to the geometric and physical principles. Finally some tested application examples are listed.

Key words: virtual reality; three-dimensional measurements; stereovision; UAV photography

大范围三维城市建模系统的开发与应用

左建章¹ 关艳玲¹ 朱 强²

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 宁波市规划局, 宁波)

摘 要: 应用三维可视化技术建立真三维数字城市环境, 是当前三维地理信息及相关学科研究的热点。根据地理信息系统的自身特点和目前计算机硬件水平的限制, 结合现有三维可视化技术, 本文就三维城市建模、海量数据的动态调度和快速显示、三维系统的实时交互性和网络化拓展等真三维地理信息系统研究中突现的几个关键性问题, 提供完善的解决办法。实现城市三维可视化及大范围城市景观动态漫游。

关键词: 三维建模 动态调度 LOD 技术 立交桥建模 网络发布

一. 引言

虚拟现实技术、视景仿真技术使空间数据可视化, 其作为研究、利用数字地球资源的重要工具, 近年来迅猛发展。应用领域也不断扩大, 如在大型工程设计、建筑设计、城市规划、防灾减灾预测、环境保护、旅游等领域的应用已屡见不鲜。而三维虚拟环境的建立是一个复杂的过程, 城市三维模型的建立又是重中之重, 三维虚拟环境建立的真实程度、数据质量的优劣、漫游速度的快慢将直接影响其在各个领域中的作用。本文将北京市西城三维城市景观的建立为例探讨大范围三维城市建模系统的开发与应用。

二. 三维建模系统总体设计

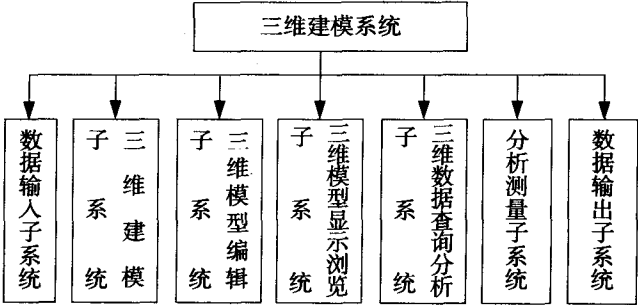
1. 三维建模系统特点

提供多种模拟环境, 在不同的模拟环境模式下, 感受真尺度、真立体、真色彩的数字世界; 支持区域规划和城市三维大面积建模、漫游浏览等灵活的数据组织方式; 具有强大的三维编辑功能, 真正实现虚拟建设; 以人为本, 提供方便的空间浏览方式, 如驱车、飞行、任意角度观察, 随心所欲; 支持单、双机; 单、双、多投硬件平台。

2. 三维建模系统功能组成

主要针对大范围三维城市建模周期长, 漫游速度慢, 开发一种能批量建模, 具有良好模型编辑界面, 并采用 LOD 技术, 以分层、分块、设置权重等方式实现全区海量数据管理, 以分线程、分进程甚至分布式服务等方式, 实现全区空中、地面快速浏览。建立

真三维立体观测模式，使人身临其境，沉浸在虚拟现实世界中。充分发挥人类感知世界的的能力，激发人的空间分析能力。



2.1. 三维建模子系统

三维建模子系统能够批量转入已有 GIS 矢量数据及地形数据进行建模。将真实建筑物模型链接野外纹理数据，将地形数据与 GIS 地面纹理数据进行坐标匹配，应用三维可视化技术建立虚拟现实景观，生成三维模型数据。

GIS 矢量数据较复杂,在转入系统建模之前需要根据一定的规则将数据进行整理分类，以减少三维数据冗余。如将规则几何体与特殊几何体分层保存，对于规则几何体系统自动建模。对于不规则几何体按三维编码规则进行编码，再转入系统建模。对于复杂建筑物如区域地标性建筑物，由于它对整体环境的表现影响很大，它的精确程度、美观程度、精细程度相对较高则应用近景摄影测量方式建模。

地表形态可以用三角网 (TIN) 形式表现，也可以用规则格网 (DEM) 形式表现，他们都能够合理表现地形状态，并可以在其基础上进行地势、地面覆盖、道路施工、地面建设等的分析。TIN 的优势还在于数据量小，能够表现地形的变化特征，可繁可简，因而显得更重要。对于 TIN 系统可以用 GIS 的等高线及高程点自动生成或调用 JX4 摄影测量工作站生成的 TIN 数据。DEM 可直接调用 GIS 数据如 ARC/info 的 ASICC 码格式 DEM 或 JX4 摄影测量工作站生成的 DEM。

地表植被数据表现同样复杂，可对工程区域内植被进行野外采样，经编辑后作为单纹理模型数据以行树或独立树形式种植在环境中，并可对其进行坐标定位。

对于各种独立地物如：路灯的表现可根据需求可以用和植被表现相同的方式表示，也可作为独立的模型导入，如 3DMAX 的 *.ASE、*.3DS 导入。

对于运动物体如：汽车的数据，可用系统建模功能建立，也可由外部导入。

2.2. 三维模型输入子系统

系统三维数据的输入包括 GIS 矢量数据、数字地面模型的输入及单体模型的输入和电、线、面等矢量数据或矢量数据转换成空间目标实体导入。

后缀名称	系统类型	数据类型	后缀名称	系统类型	数据类型
DXF	Auto CAD	矢量	Wav	CAD系统	声音数据
3DS	3DMAX	模型	AVI	3D 系统	多媒体数据
ASE	3DMAX	模型	Mdb	Access	数据库数据
JPG、bmp	Tif、TGA 等	Adobe photoshop	图像	图像处理系统	影像数据、纹理数据
Shap、E00	ARC/GIS	矢量和属性数据	Shap、E00	地理信息系统	矢量数据

2.3. 三维模型编辑子系统

三维模型编辑子系统分为建筑物几何体编辑和地形模型编辑。

建筑物等几何体三维模型建立后要对不合理的模型进行编辑纠错以及纹理链接等，系统提供模型的复制、三维移动、三维旋转、三维缩放、纹理链接、分割、合并、存储等功能。

地形模型编辑系统提供 TIN 编辑功能，可对三角网各个节点进行高程值编辑及存储功能。

对于大范围 DEM、DOM 及三维模型系统可对其进行数据分区保存，分块管理。可根据国家各种比例尺地形图的分幅标准，规划数据分区信息。用户对三维信息系统和二维信息系统的显示速度和效率的要求有很大差距，由于计算机显示速度和计算速度的限制，要想达到动态调度和大范围流畅漫游的效果，必须将数据按区域划分为较小区块。

2.4. 三维模型显示浏览子系统

系统的三维场景显示可分为真三维立体显示和透视显示。在两种显示方式下均可进行场景的缩放、平移、旋转，并可根据需要任意选择旋转中心，可以某个地物为中心也可以观察者为中心。漫游方式可以设计路线漫游，也可按已纪录的漫游轨迹漫游。可以驱车方式浏览也可以高空飞行浏览。可以设置视角、视距、飞行速度、平移步距等各种浏览参数。

2.5. 三维模型查询分析子系统

系统可进行各种属性查询及根据属性查询其所在地理位置，并根据区域所在地理位置进行光照分析、建筑物高度分析等。

2.6. 三维模型量测子系统

系统在三维方式实时显示鼠标所在位置的三维坐标，并可进行指定区域的面积、体积量算，计算挖方量。系统可进行近景摄影测量。

2.7. 三维模型输出子系统

三维场景的建成为用户带来极大的视觉冲击，为保存场景效果可进行多媒体输出及效果图输出。在网络发布上可以输出 Vml 格式数据。

3. 大范围三维建模技术路线

三维城市建模技术大体可分为地形建模技术和城市建筑建模技术两种。地表形态千变万化，城市建筑复杂多样，三维地理信息数据量之大，数据结构之复杂是可想而知的。目前针对大范围地理数据的三维可视化受制于硬件设备速度的限制，大范围三维城市建模速度及场景的浏览速度难以满足人们正常的对事物的观察浏览速度，如何提高系统反映速度，加快三维城市建设速度，为各个领域提供可靠的三维可视化地理数据及开发平台，这里提出了一种切实可行的技术路线。采用已有 GIS 数据如：同一地区现有国家标准数字地面高程模型 (DEM)、数字地面正摄影像图 (DOM)、数字矢量图及野外建筑物纹理快速建立大范围城市及周边地区三维环境，并实现快速进行场景放大、缩小、漫游、定位、查询等客户需求，有效进行数据管理及数据动态调度。

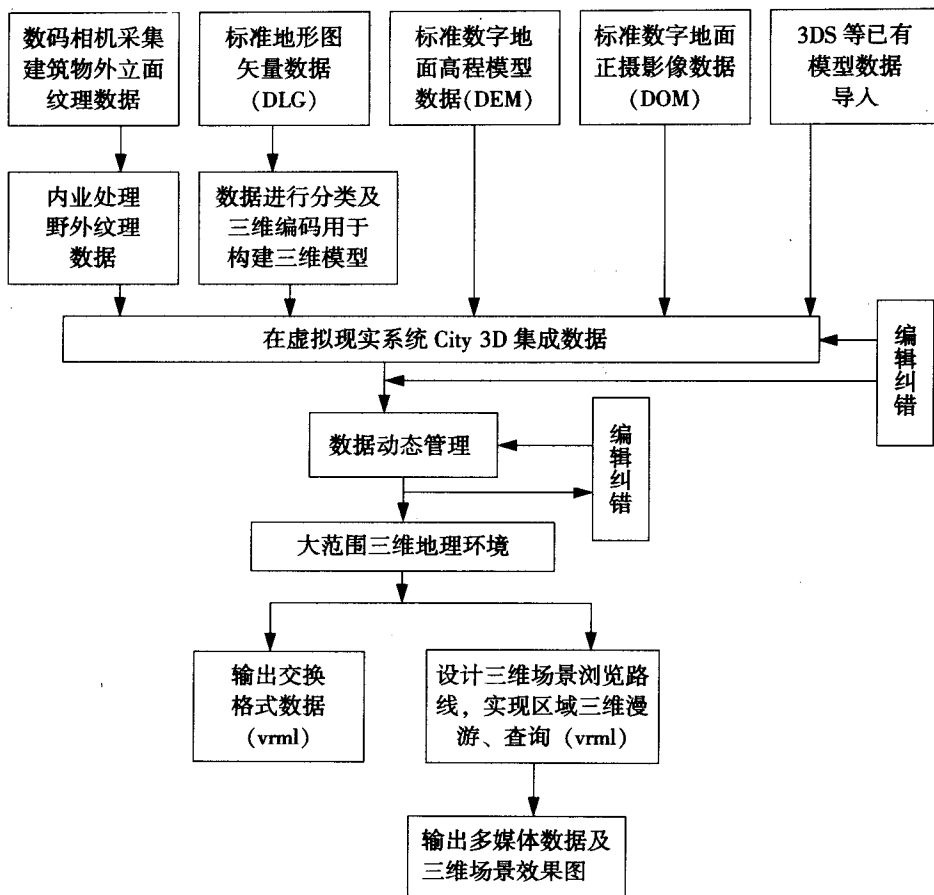


图 1 大范围城市模型建立技术路线框图

三. 大范围三维城市模型的建立

系统在北京市西城区三维景观的建立中得到很好应用。辖区面积 37 平方公里左右, 包含什刹海、北海、景山、中南海、西单商业区、众多立交桥、北京老城区等地貌复杂的建筑物。辖区涉及 1:2000 比例尺地形图 340 余幅。项目数据源采用 2001 年 1 月航空摄影像片, 比例尺为: 1:8000, 地形图为 1:500 地形图 (DLG) 数据。鉴于上述众多数据集成, 实现三维漫游, 数据量大, 工作量较大, 生产时间短。

1. 数据获取及模型建立

在项目实施过程中, 数据获取方式: 采用批量转入方式大大缩短建模时间及工作量。建筑物纹理采用车载录像系统采集, 与人工拍照相结合原则

数据组织形式: 数据按 1:2000 比例尺地形图分幅标准对数分区管理, 采用 LOD 技术系统实现动态调度各种数据。