

三峡地区资源环境与生态研究

# 基于 VR-GIS 技术的三峡库区三维数字化 模拟飞行设计\*

李月臣,王才军,杨 华

(重庆师范大学地理科学学院 GIS 应用研究重庆市高校重点实验室,重庆 400047)

**摘要:**以三峡库区为例,将 VR-GIS 技术应用在区域资源与生态环境三维数字化的模拟中。制作了三峡库区航空影像图、数字镶嵌图、DEM 数据和矢量图层。利用 ERDAS IMAGINE 的 Visual GIS 模块,集成多层数据,通过人机交互进行参数设定,最终实现三峡库区的飞行模拟。飞行模拟结果表明,该研究结果可以动态地俯视三峡库区的地形、地貌、植被覆盖状况,可以获得比二维数字镶嵌图更为直观、生动和形象的认识,对三峡库区的资源与生态环境的监测与管理具有重要意义。

**关键词:**VR-GIS 技术;三峡库区;数字化模拟飞行;ERDAS

中图分类号:TP75

文献标识码:A

文章编号:1672-6693(2007)04-0016-05

三峡库区位于长江上游的末端,地处长江上游与中、下游的结合部,是长江流域生态经济系统进行物质、能量、信息交换的通道,是中国 17 个具有全球保护意义的生物多样性关键地区之一。其范围涉及重庆、湖北两省市 26 个区县市中的 2 个中等城市、11 座县城、27 个建制镇和 89 个场镇,而且在库尾还座落着一个特大型城市——重庆,这种在城市人口相对集中的地区布局特大型水库,在全世界水库工程史上是绝无仅有的<sup>①</sup>。这一地区的生态环境状况不仅关系到长江流域生态环境安全,而且直接影响到全国生态环境安全和社会经济可持续发展的大局<sup>[1-2]</sup>。因此,建立科学有效的技术方法对这一地区进行研究和监测便具有十分重要的理论和现实意义。

目前,遥感和 GIS 相互结合的方法进行空间模型的研究已非常普遍<sup>[3-4]</sup>,它可以有效地揭示区域生态地理现象和规律的空间分布、相互关系和变化模式。然而,基于遥感和 GIS 方法建立的二维空间模型,不可避免地丢失了较多的三维景观信息,而且表现形式抽象,不易理解和表现地表景观的动态变化与发展<sup>[3]</sup>。近年来,发展起来的虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)可将设计者、决策者和公众置身于虚拟的现实世界,共同参与环境规划和生态建设的

协商、管理与决策<sup>[5-6]</sup>。虚拟现实是 20 世纪 80 年代后期兴起的计算机图形新技术,是指利用计算机和其他的专用硬件软件去产生一种真实场景的仿真,参与者可以通过与仿真场景的交互来体验一种接近于真实的场景的感觉。从某种意义上说,虚拟现实技术是计算机仿真与视觉技术的延伸<sup>[7]</sup>。该技术一经提出就很快得到了广泛地使用。虚拟现实技术的兴起和发展也为地球科学工作者提供了一种崭新的强有力的工具来模拟和分析现实世界的各种真实现象<sup>[3]</sup>。1998 年 11 月 1 日中国科学院地学部召开的“资源环境科学信息与数字地球研讨会”中,专家们提出了把三维动态可视化与虚拟现实技术作为制定我国“数字地球”战略和策略的主要相关理论和关键支撑技术<sup>[8]</sup>。Faust 和 Koller 等在上世纪 90 年代初期提出了虚拟地理信息系统的概念,并比较成功地进行了 GIS 和虚拟现实系统集成试验<sup>[9]</sup>。GIS 与 VR 相结合的技术(VR-GIS)可以充分利用 GIS 的空间定位、模型构建、空间分析和 VR 的模拟现实、人机交互、动态设计的优势,分析不同尺度的空间关系和分布模式,真实地模拟环境和再现时空过程,并使这种空间模式和变化规律以可视化的方式显现,从而扩展空间信息交流的内容,改进交流的方式,增强交流的效果。本文以三峡库区为例,将 VR-GIS 技

\* 收稿日期 2007-07-10

资助项目:国务院三峡办、重庆市发改委、重庆市科委委托项目“三峡水库消落区基本情况与生态环境特征研究”资助(No. 2003-12);  
重庆师范大学博士科研启动基金(No. 06XLB004)。

作者简介:李月臣(1974-)男,山东德州人,副教授,博士后,研究方向为资源环境遥感与 GIS。

术应用在三峡库区数字化三维模拟飞行研究中,实现对三峡库区地形、地貌、地表覆盖等要素的全貌及其细节的空中动态观测、分析和研究。

### 1 研究区概况

三峡库区地处东经 105°44' ~ 111°39'30", 北纬 28°32' ~ 31°44', 东南、东北与鄂西交界,西南与川黔接壤,西北与川陕相邻。库区淹没范围涉及重庆、湖北两省市 26 个区县市,汛后库区总人口 1848.43 万人,其中农业人口 1459.02 万人,占总人口的 78.93%,非农业人口 189.38 万人,占 21.07%,人口密度为 326 人/km<sup>2</sup>,国民生产总值 361.83 亿元,工农业总产值 577.72 亿元。库区以奉节为界,分为东西两大地貌单元。奉节以东为三峡侵蚀溶蚀中低山峡谷区,山顶高程都在 1000 ~ 2000 m,奉节以西为川东侵蚀剥蚀低山丘陵平行岭谷区。库区主要位于亚热带季风区,夏季炎热,雨水充沛,空气湿润,冬季寒冷,雨水较少。年平均气温 14 ~ 19℃,年降水量 900 ~ 2000 mm,大多数时间降水基本能满足作物需要。但由于降水时空分布不均,山洪与伏旱等自然灾害时有发生。库区土壤种类繁多,有黄壤、黄棕壤、红壤、棕壤、石灰岩土、紫色土、潮土、沼泽土、水稻土等土类。适宜农业耕种的土地主要集中在川东平行岭谷区的向斜谷地和鄂西河谷台地,适宜林业利用的土地集中分布在长江两侧中高山及以东平行岭谷低山<sup>[10]</sup>。

### 2 数据与方法

#### 2.1 数据获取与处理

本研究使用的数据主要包括 3 种,一种是遥感影像数据,一种是 DEM(数字高程模型)数据;一种是矢量数据(含注记)。遥感影像数据:主要为从国土资源部获取的研究区 2003 年 3 月的多景航空摄影图像,空间分辨率为 5 m,投影为 Transverse\_Mercator,椭球为 Krasovsky\_1940。利用专业遥感图像处理软件 Erdas 对航空摄影影像进行几何校正和坐标变换,然后对多景航空摄影分幅进行裁减和无缝拼接,形成研究区完整的航空摄影图像,最后利用 Photoshop 对遥感图像色彩进行优化,以达到最佳的色彩效果。DEM 数据:地表模型的建立是三峡库区在三维环境下得以准确表达的前提条件。DEM 数据的建立首先从 1:1 万地形图(CAD 格式)上采集等高线,通过数据转换功能把 CAD 格式的等高线数据转换为 ArcGIS 环境下对应的矢量数据格式,并利用

ArcGIS 的 3D analyst 模块把等高线数据转化为 TIN (不规则三角网)数据格式,然后再生成 Grid 文件,格网大小与航空摄影图像的空间分辨率一致,为 5 m。最终建立 DEM 模型并统一到与研究区航空摄影影像一致的空间参考系统中进行三维地表建模。1:1 万地形图数据主要获取自重庆市移民局。矢量数据在 1:1 万地形图上采集地名注记、河流、公路和铁路等要素,生成三峡库区矢量图层,作为辅助数据,空间参考信息与以上两种数据类型一致。

#### 2.2 研究方法

本研究在对三峡库区基础自然生态环境和人文社会经济现状认知和专家知识的基础上,将二维地图的分析和三维景观及其变化过程的可视化模拟紧密结合,在系统的交互环境下,实现对生态环境的可视化模拟,并将模拟的结果与用户进行交流。本研究的主要方法与技术框架见图 1。

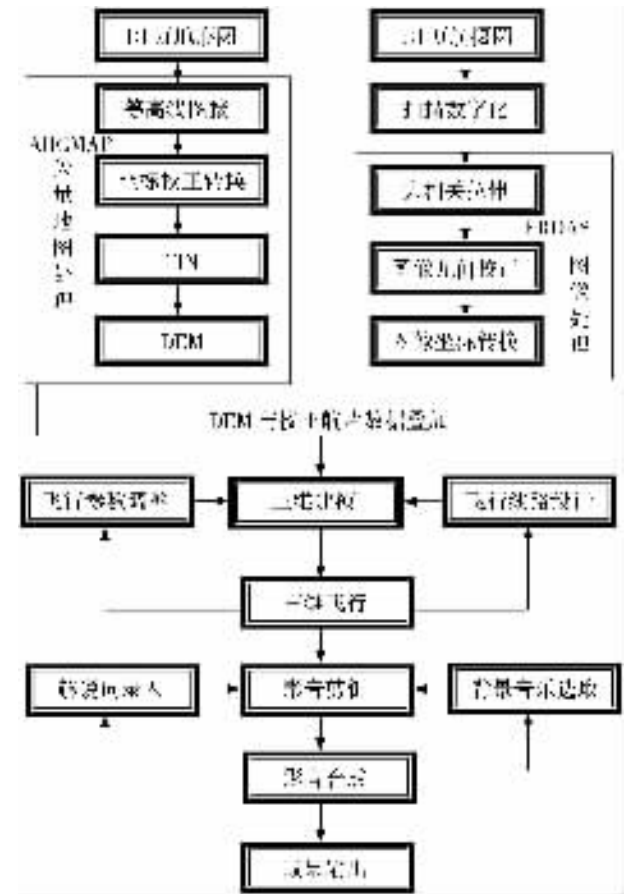


图 1 研究的技术框架

具体的研究方法与技术流程可以概括如下。

(1)获取三峡库区(重庆段)的数据源:对 2003 年 3 月的航摄图像扫描数字化,对 1:1 万 CAD 地形图转换至 ARCMAP 环境下的矢量数据。

(2)栅格数据处理:航空摄影图像的坐标校正;

图像的颜色校正与优化;图像裁剪,分段处理,无缝拼接。

(3) 矢量数据处理:ARCMAP 人工检查等高线值的正确性,修正部分已变化了的等高线值,绘制三峡库区重要桥梁、水域、地名注记等矢量图层。

(4) 三维建模(在 Erdas Imagine Visual GIS 模块中进行):根据 1:1 万等高线图生成 DEM,建立地形表面三维模型,根据桥梁图层建立桥面模型,添加地名注记层,添加水面图层。

(5) 三维飞行制作:以上图层叠加,通过 ERDAS 的 Virtual GIS 模块分区县合成三维地图;飞行线路设计,飞行角度、高度调整,制作三维飞行片断。

(6) 影音合成:撰写解说词,配音,背景音乐选取,运用影音合成软件制作“遨游新三峡”三维模拟飞行影片。

### 3 研究的软硬件环境设计

#### 3.1 软件环境设计

3.1.1 三维模拟软件的选取 研究中比较了目前世界上流行的 VR-GIS 软件,考虑到通用性、兼容性、价格、可视化现实性和易使用程度等,选定了 ERDAS 的 Virtual GIS 三维可视化分析模块为主要三维分析与模拟工具。IMAGINE Virtual GIS(虚拟 GIS)是强大的三维可视化分析与模拟工具,它超越了简单的三维显示或者建立简单的飞行穿行观察,它使观察者能在真实的虚拟三维地理信息环境中交互处理,既能增强或查询叠加在三维表面上影像的像元值及相关属性,还能可视化,风格化,叠加立体的矢量数据和查询检索这些地图矢量层的属性信息<sup>[11]</sup>。利用它,不仅可以实现简单的三维展现和基本的飞行模拟,还可以制作和使用地形数据,在地形数据上覆盖航片和卫星影像图数据,并增加注记层、矢量层等,集成出研究区域真实的视图。IMAGINE Virtual GIS 的主要优点在于:①吸收不同地理数据类型到一个无缝的三维数据库;②显现和理解在三维世界可描绘的任何地表现象和目标;③模拟未知和危险的环境,增加训练的安全性和节约后勤开支<sup>[12]</sup>。Virtual GIS 模块可以导入 3D 模型与模拟更加复杂的三维地理环境,还可在数据量很大的情况下,建立虚拟世界,使得在大数据量下的三维环境分析不受到效率方面的影响。总之,有了这样的工具为从真实三维的角度解决问题,充分展示研究的成果,为政府正确决策提供了极大的方便。

3.1.2 辅助软件的选取 研究中除三维模拟分析软件外还用到了辅助软件,主要包括 3 类:计算机系统软件;GIS 软件;图像处理软件。计算机系统软件主要选用 Windows XP 作为三维飞行模拟系统的运行环境;考虑到与 ERDAS 之间的数据兼容性问题,选取 ARCGIS 作为辅助的 GIS 软件;研究中除利用 ERDAS 作为主要的图像处理软件外,还选用了 Photoshop 辅助进行航空摄影图像的处理<sup>[13]</sup>。

#### 3.2 硬件环境的设计

本研究所用的数据量比较大,对计算机的运算速度要求较高。选用的 3 台工作站主要配置为:双 Intel Xeon CPU3.2GHz,4G 内存,250GSATA + 146G 硬盘;NVIDIA Auadro FX 3450/4000SDI 显示卡;19 寸液晶显示器;一套录音合成设备。

### 4 三维数字化模拟飞行的实现

#### 4.1 三维数据的导入

三维中的各种数据层是按一定的顺序叠加在一起的,所以这些数据要选择同样的坐标投影,根据三峡库区的空间地理位置,本研究以 2.1 中的坐标投影参数作为统一的空间参考信息标准,相关图形、图像的坐标投影参数均与之统一。制作过程中,首先需要调入 DEM 数据,生成带有三维信息的基础底图,然后导入航空摄影影像,反映地表覆盖信息;再导入矢量图层,提供用户注记信息和其他相关地物信息。通过 DEM 生成的三维信息基础底图与遥感影像与矢量数据图层的叠加,形成三峡库区虚拟三维地表空间模型。

#### 4.2 三维数字化模拟飞行参数设置

建立三峡库区虚拟三维地表空间模型后,一个十分重要的工作是要通过人机交互,用户参与进行三维数字化模拟飞行参数的设置,包括飞行路线、视角大小、飞行速度等。程序根据设定的参数实现飞行模拟,用户根据效果可以调整参数,直至达到满意效果。

在 ERDAS 中具体实现过程为:利用 Virtual GIS 模块调出的视窗(VirtualGIS Viewer),按先后顺序依次打开 DEM、影像、矢量及注记层,打开层的同时在“Option”设置好相应选项,如 DEM 和影像的细节程度、波段顺序、矢量特征等。虚拟飞行时为了尽量达到真实效果,可以利用“Scense Properties”对话框中的选项设置 DEM 的拉伸比例、空中云雾、天空颜色等;可以在“Level of Detail”中重新设置 DEM 和影像

(Raster)的细节程度,细节程度越高,占用的计算机内存也越大。在“Sun Positioning”中可以设置与太阳照射有关的参数。尽管ERDAS Imaging Virtual GIS模块提供5种导航模式,但研究中根据实际情况的需要对三维模拟的飞行路线进行了定义,然后沿着确定的路线在虚拟三维环境中飞行,定义飞行路线有多种方式,常用的是在二维视窗中数字化一条曲线作为飞行路线,并在飞行路线编辑器“Flight Path Editor”中保存该路线。在“Flight Path Editor”中可以设置飞行路线高度(绝对高度ASL,相对高度AGL,一般设置ASL)、方位角、仰俯角、视角、滚动角、飞行速度。一般情况下设置方位角为 $0^{\circ}$ ,仰俯角为 $-25^{\circ}$ ,视角为 $45^{\circ}$ ,滚动角为 $0^{\circ}$ ,根据观察的不同,参数之间设置会相应地改变以达到最佳效果。另外除了可以整条设置路线参数还可以单点设置这些参数。按以上设置好后,先后点击飞行路线编辑器(Fight Path Editor)中的图标“Apply Changes to Flight”和“Start Flight”,虚拟三维飞行就可以实施了,并将操作保存为一个工程文件,以方便以后的直接打开。

#### 4.3 三维数字化模拟飞行视频制作

为了扩大本研究的应用范围,必须提高研究的通用性。因此,在利用专业VR-GIS软件完成三峡库区三维数字化模拟飞行后,可以输出为通用的多媒体影音文件。ERDAS IMAGINE Virtual GIS模块中提供了两种三维动画制作功能,一种是应用三维动画工具,将包含飞行路线的Virtual GIS工程自动转换为沿着飞行路线运动的一段三维动画;另一种是在Virtual GIS视窗中,借助菜单命令和工具图标,在实时的三维飞行或漫游操作过程中直接记录画面形成三维动画。三维动画文件是在后台产生的,并不在视窗中显示,当然,要在IMAGINE Virtual GIS中产生三维动画,视窗中的显示窗口必须没有任何障碍,其它正在运行的进程应该暂时中断,直到三维动画制作过程结束,就可以直接利用媒体播放器来播放动画文件。为了增强三维动画的表现效果,需要对ERDAS IMAGINE Virtual GIS模块生成的三峡库区三维数字模拟飞行多媒体文件利用专业影音制作编辑软件(Ulead VideoStudio 8)进行后期制作,包括子图帧截取与拼接、增加字幕、解说和音乐背景,最终提供画面优质、图文并茂、背景音乐与解说优美的三峡库区三维数字化模拟飞行系统(参见封二彩色插图)。

## 5 讨论与结论

本研究是VR-GIS技术在三峡库区飞行模拟制作中的初步应用,可以看出,三维展示GIS数据可以使用户对区域的地形、地貌、地表覆盖状况获得更直观、生动和形象的了解,便于对区域的全貌及其细节进行空中动态观测、分析和研究,有着广泛的应用前景。本文介绍的研究成果,即三峡库区三维数字化模拟飞行已经制作成了“遨游新三峡”多媒体光盘,并在重庆市三峡博物馆的展览厅中播放。此外,国家三峡建设委员会和重庆市移民局也对此研究工作给予了高度评价,重庆市移民局已经有意向进行合作对这一研究成果进行正式出版发行。可见,本研究成果对于深入了解和分析三峡库区自然和社会经济状况,对这一地区的生态环境实施动态监测和模拟具有十分重要的实践意义。

本研究存在的不足之处在于,现有的研究成果主要提供浏览与动画功能,在实现真正的基于VR-GIS技术的空间分析功能以及交互功能方面还存在许多有待改进之处。今后的工作将集中在以下方面:①通过编写程序,为用户提供更为方便的人机交互功能,实现沉浸式的区域漫游;②开发出更多方式的虚拟漫游,可以涉及三峡库区的自然生态环境,也可以涉及区域的社会、经济等方面;③实现虚拟GIS为多种用户服务的功能;④实现VR-GIS的高级空间分析功能。

#### 参考文献:

- [1] 翁才银,罗有贤,苏维词.重庆都市圈生态环境问题及其对策研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2004,21(2):68-71.
- [2] 刘信安,柳志祥.三峡库区消落带流域的生态重建技术分析[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2004,21(2):60-63.
- [3] 罗格平,陈小钢,王涛,等.典型绿洲土地利用/土地覆被变化的可视化模拟初步分析[J].干旱区地理,2005,28(1):45-51.
- [4] 陈涛,徐瑶.基于RS和GIS的四川生态环境质量评价[J].西华师范大学学报(自然科学版),2006,27(2):153-157.
- [5] BISHOP I D. The Role of Visual Realism in Communicating and Understanding Spatial Change and Process [A]. In: HEARNSHAW H M, JUNWIN D J. Visualization in Geographical Information Systems [C]. Chichester: Wiley, 1994.

- [ 6 ] APPLETON K ,LOVETT A ,SUNNENBERG G ,et al. Rural Landscape Visualization from GIS Databases :a Comparison of Approaches ,Options and Problems[ J ]. Computers ,Environment and Urban Systems 2002 ,26 :141-162.
- [ 7 ] 王雪梅 ,马明国 ,李新. VR-GIS 技术在数字黑河流域飞行模拟中的应用[ J ]. 遥感技术与应用 ,2001 ,17( 6 ) : 357-360.
- [ 8 ] 卢玲 程国栋. VRML 技术在黑河水资源决策支持系统中的应用[ J ]. 遥感技术与应用 ,1999 ,14 ( 2 ) :15-20.
- [ 9 ] 龚建华 林琿. 虚拟地理环境—在线虚拟现实地理学透视[ M ]. 北京 :高等教育出版社 ,2001.
- [ 10 ] 三峡工程生态和环境检测信息管理中心. 三峡工程及库区上下游纵览[ EB/OL ].( 2007-07-08 )http ://www. tgenviron. org/intotg/intotg. html.
- [ 11 ] ESRI 中国( 北京 )有限公司. IMAGINE VirtualGIS 三维虚拟现实的可视化和分析模块[ EB/OL ].( 2007-07-08 )http ://www. esrichina-bj. cn/ produce/ERDAS/EXTENSION/VirtualGIS. htm.
- [ 12 ] Leica Geosystems LLC. Tools for GIS Professionals[ EB/OL ].( 2007-07-08 )http ://gi. leica-geosystems. com/LGIS-ub1x39x0. aspx.
- [ 13 ] 王建华 郭跃 杨华. 基于 ArcGIS 的禽流感疫情监测信息系统设计与建设[ J ]. 重庆师范大学学报( 自然科学版 ) 2007 24( 1 ) :40-43.

## A Design of the Three-dimensional Flying Simulation System in the Three Gorges Area Based on VR-GIS Technology

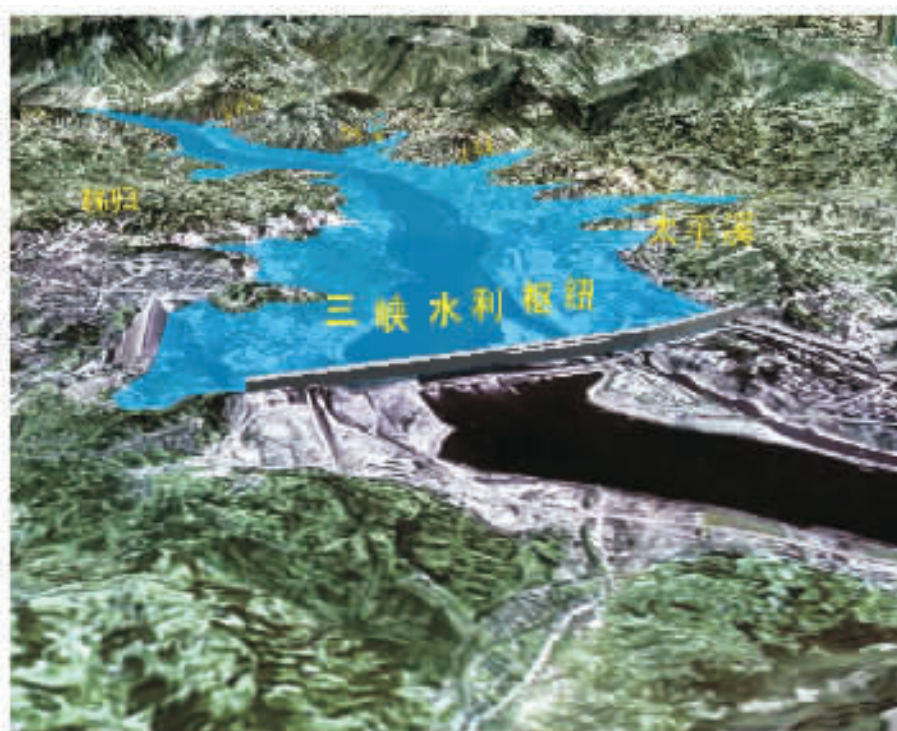
*LI Yue-chen , WANG Cai-jun , YANG Hua*

( College of Geography , Key Laboratory of GIS Application , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China )

**Abstract :** This paper applies the Visual GIS technology to the flying simulation in the Three Gorges Area. During the period of pre-processing the data , the mosaic image of the study area is mapped by aerial photos. All the images are geometrically co-registered by using 1: 10000 scale topographical maps. The 1: 10000 scale contour lines are interpolated by using the ArcGIS Spatial Analysis for the TIN model. At last the TIN model is translated into GRID format DEM. The Visual GIS module of the ERDAS IMAGINE is used to make Three Gorges Area flying simulation. The data of DEM , mosaiced image and vector layers are integrated as the base data. The flying parameters are set up by the man-machine interactive way. By using flying views , the user can understand the landscape and detailed information of the terrain , physiognomy and vegetation cover much more visually and vividly than by viewing the digital mosaiced image. The result is significant to study Three Gorges Area.

**Key words :** VR-GIS ; Three Gorges area ; digital flying simulation ; ERDAS

( 责任编辑 李若溪 )



三峡库区三维数字化模拟飞行系统效果图

A Image of Three-dimensional Flyins Simulation System for Three Gorges Area