

# 基于三维大地形模型的降落伞空投仿真系统

王志强<sup>1,2</sup>, 蒋丽<sup>1</sup>, 李金贵<sup>2</sup>, 张桐菓<sup>1</sup>, 陈新保<sup>1</sup>

(1. 湖南科技大学 地球空间信息科学研究所, 湖南 湘潭 411201; 2. 北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100191)

**摘要:** 降落伞应用日益广泛. 为了有效地降低降落伞空投的物质消耗和危险性, 开展飞机空投降落伞一体化仿真系统设计具有重要意义. 研究了系统的关键技术, 运用数字地球技术、三维 LOD 技术和可视化技术等, 实现了大范围三维地表数据的海量存贮与快速表达, 实现了投放环境、飞机(队列)飞行、空投降落伞时起航、抛投、降落等多环节一体化模拟仿真. 并以 VS2010 为开发平台, 利用 ChinaStar GIS 组件, 设计与开发了基于三维大地形模型的飞机空投降落伞一体化仿真系统. 通过对系统的试用和检验表明, 系统对降落伞投放环境、飞机(队列)飞行及空投降落伞降落过程的一体化模拟仿真取得了较好的效果, 模拟结果具有较高的可靠性, 能为实际空投提供可靠的参考信息.

**关键词:** 三维大地形; ChinaStar 组件; 空投; GIS

**中图分类号:** TP391.9

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-9102(2014)02-0066-04

## Research on an integrated simulation system of parachutes dropping progress based on 3D large terrain model

WANG Zhi-qiang<sup>1,2</sup>, JING Li<sup>1</sup>, LI Jin-gui<sup>2</sup>, ZHANG Tong-guo<sup>1</sup>, CHEN Xin-bao<sup>1</sup>

(1. Institute of Geoinformatics, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. School of Computer Science, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** Parachutes are increasingly used in variant areas. An integrated simulation system of parachutes dropping progress to reduce risks and material waste. Key technologies related the system were studied, and was designed digital earth technologies, 3D LOD and visualization technology were applied, Mass storage and rapid expression of 3-D spatial data about the surface of the earth were realized. Models were built for an aircraft, parachute and the flight of an aircraft or aircraft queue. The simulation were designed and coded for taking off of an aircraft or aircraft queue, airdropping, and landing of a parachute or a parachute queue. A integrated simulation system of parachutes dropping progress based on the digital earth technologies by use of VS2010 and ChinaStar GIS component. The simulations of parachutes dropping progress were proved to be highly reliable by field tests and validation. The system could provide useful information for airdropping of parachutes.

**Key words:** 3D large terrain; ChinaStar GIS component; airdrop; GIS

降落伞是一种气动力减速装置,应用日益广泛<sup>[1-2]</sup>. 尤其在目前地震、雪崩、洪水等自然灾害频发,低空能见度较低、高原、山地等复杂条件下,飞机空投降落伞的方式起着其不可替代甚至决定性的作用<sup>[1]</sup>. 然而在许多场合下空投降落伞具有极大的复杂性及危险性,开展飞机空投降落伞的计算

机仿真研究,对降低降落伞空投的物质消耗和危险性有着重大的意义,因而迅速成为该领域的研究热点<sup>[1-6]</sup>.

目前该领域的研究涉及降落伞建模和模拟等多个方面<sup>[6-9]</sup>. 随着近年来计算机技术、三维图形技术与遥感技术的快速发展,利用数字高程模型

(DEM),结合高清晰度卫星或航拍照片生成某区域的三维地形模型的方法,已成功应用于地形分析和战场模拟等众多领域<sup>[10-11]</sup>.但在实现大范围三维复杂真实地表及复杂环境、以及飞机飞行和空投降落伞的一体化建模仿真等方面的综合研究和应用报道较少<sup>[1,4-6]</sup>.本系统基于 ChinaStar GIS 组件,运用数字地球技术、三维 LOD 技术和可视化技术等,设计与开发了基于三维大地形模型的飞机空投降落伞一体化仿真系统,实现了大范围三维复杂真实地表及复杂环境、以及飞机飞行和空投降落伞的一体化建模仿真.

## 1 系统关键技术

### 1.1 三维大地形模型生成技术

系统综合运用空间信息技术、大容量数据处理及存贮与表达技术、可视化和虚拟现实等技术实现了投放环境的三维大地形表达.系统设计中三维大地形环境的三维仿真设计主要包括地形地貌(包括地形、道路、河流和植被)等,其中,地形、地貌等三维环境的快速表达通过综合运用瓦片金字塔数据组织技术、三维 LOD 技术和可视化技术得以实现.

### 1.2 多运动对象管理技术

多运动对象模拟需要在单运动对象模拟的基础上引入对象分类管理和优化,从而形成多运动对象的不同管理技术:1)对一队执行相同任务的飞机、在同一地点降落的降落伞等相同运动方式的多个运动对象,将这些运动对象归并为一组,进行统一调度和管理.为了提高运动对象模型的加载效率,通过复制内存的方式建立多个对象,然后主程序脚本为每一个运动对象动态更新位置和运动姿态,流畅地仿真多个运动对象.2)对执行抛投任务的一队飞机,飞机队列与降落伞的运动方式截然不同,则将它们分类归组.在此基础上针对不同运动方式的对象组编写脚本系统,大幅减少了系统的计算量和维护成本.另外,可以根据视野远近适当的进行场景优化,将远处的运动对象组降低渲染精度,进一步减少计算量,提高渲染效率,保证模拟过程的流畅性.

## 2 大范围三维地表数据的海量存贮与快速表达

三维大地形模型的构建与渲染是提高视景仿真效果的关键内容.但是大范围空投环境对应的数

据源规模相当巨大,实现如此大量数据的建模和实时可视化表达是通过综合运用瓦片金字塔数据组织技术、三维 LOD 技术和可视化技术数字地球相关关键技术来实现的.在系统设计中,投放环境的三维仿真设计主要构建了天空、地形地貌(包括地形、道路、河流和植被)等,天空的云层以渲染图层的形式加入,地形、地貌等三维环境的快速表达通过采用瓦片金字塔数据组织技术、三维 LOD 技术和可视化技术得以实现.

在本系统中,采用了多源和海量的数据资源,包括基础影像及地形数据主要使用 SRTM 地形数据、Landsat 全球影像数据、北京一号全国影像图和北大航拍影像等多源数据,同时采用大量矢量数据如边界、河流矢量图作为补充.由于数据量大,为了提高图像显示速度,采用了基于瓦片数据模型的影像金字塔技术构建地形、地貌等三维场景,数据按照标准格式进行切片后,以文件的格式存储到硬盘的相应位置,根据标准格式写好配置文件,并通过配置文件系统自动加载影像数据,完成三维场景(地形地貌)的建模,实现了海量大范围三维地表数据的高效组织、存贮管理和检索.采用了基于层次细节模型的海量地形数据渲染等技术,依据视点参数实时动态构建具有不同 LOD 多分辨率模型,实现了对大范围三维地表快速绘制,提高了渲染效率.

## 3 系统设计与功能实现

### 3.1 系统总体设计

根据系统的需求分析,系统需要模拟飞机模型及其飞行过程、以及飞机队列以及从起飞到降落的全过程.因此,系统总体功能设计分为三维场景绘制模块、降落伞三维仿真模块、降落伞降落过程仿真模块、多降落伞降落仿真模块、飞机三维仿真模块、飞机队列飞行过程仿真模块、降落伞降落过程仿真模块和多降落伞降落仿真模块等七大模块.这七大模块通过系统界面中的仿真功能调度模块来实现.

本系统基于 C# 开发平台,结合 ChinaStar SDK 开放式二次开发包和 DirectX3D 实现的. ChinaStar SDK 支持用户自定义功能,能够快速高效的开发三维 GIS 可视化系统.系统最终界面主要有菜单条、工具条、主窗口、任务调度窗口、降落伞下降参数信息显示窗口、近景视图窗口和控制面板等组成(图1).

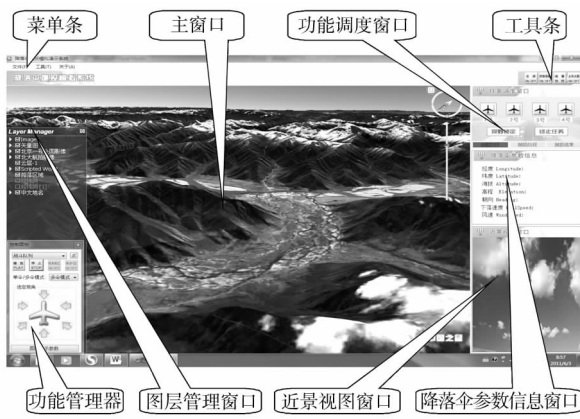


图1 系统主界面及主要功能

能,通过调整方向箭头来改变摄像机的视角,方便地实现从正上方、正后方、左侧、右侧、左后侧和右后侧等多角度来观察飞机的飞行过程(图3、图4)。



图3 飞机飞行过程仿真(正右侧观察)

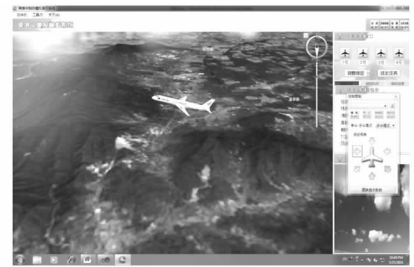


图4 飞机的飞机过程仿真(正左侧观察)

### 3.2 系统的功能设计与实现

#### 1) 系统功能管理器

系统功能管理器集成了需要仿真的各项功能,通过脚本系统实现(图2)。脚本系统通过设定功能名称对应到可运行程序所在的 schema 目录下对应方案 id 号的文件夹中的脚本文件。本系统共有 7 种功能内容可供选择,分别为:飞机在指定机场飞行、飞机在指定地区飞行、战斗队列飞行、飞机抛投降落伞、降落伞降落、降落伞在指定地区降落等过程的模拟任务。在功能管理器中选择相应功能,点击选择管理器上的‘播放’脚本,则脚本开始执行相应的仿真任务。



图2 仿真任务选择面板

#### 3) 飞机队列(群)飞行过程仿真

系统对飞机队列及其飞行过程的仿真则是首先是实现对单个飞机的仿真后,通过复制内存的方式建立飞机队列,然后主程序脚本为每一个飞机动态更新位置和运动姿态,这样实现了对飞机队列及其飞行过程的模拟(图5)。



图5 指定地区的飞机飞行仿真

#### 2) 飞机及飞行过程仿真

在系统设计中,飞机模型的设计是采用 Managed DirectX 技术,建立飞机的 X 模型文件,通过在 X 文件模板中对向量、颜色、材质、网格的设置,设置飞机的位置和外观参数为飞机加载外观,完成对飞机的三维建模,然后通过格式转换软件导出 DirectX 支持的 .x 文件格式,然后在系统中通过脚本调用实现对飞机的模拟仿真。对单个飞机飞行过程的仿真则是通过主程序脚本为飞机动态更新位置和运动姿态来实现的。在系统中设置了摄像机追踪功

#### 4) 降落伞及其降落过程仿真

在系统设计中,与飞机模型的建立相似,通过在降落伞的 X 文件模板中对位置向量、颜色、材质、网格的设置,设置降落伞的当前位置和外观参数,完成对降落伞的三维建模。并通过格式转换软件导出 DirectX 支持的 .x 文件格式。然后可以在系统中通过脚本调用实现降落伞仿真。然后在脚本控制器中,主程序脚本为运动中的降落伞动态更新位置和运动姿态,通过这种方式实现了单个降落伞及其抛投过程的仿真(图6)。



图6 降落伞抛投仿真

#### 5) 多降落伞抛投过程仿真

系统对多个降落伞及其抛投过程的仿真则是首先是实现对单个降落伞的仿真,然后通过复制内存的方式建立多个降落伞对象,然后主程序脚本为每一个运动中的降落伞动态更新位置和运动姿态,通过这种方式实现了对多个降落伞模型及其抛投过程的模拟(图7、图8)。



图7 抛投降落伞模拟

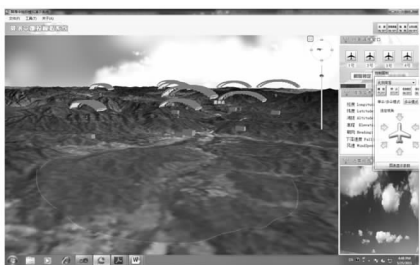


图8 多个降落伞在指定地区降落

#### 6) 系统仿真结果的检验

通过利用降落伞空投训练来进行系统仿真结果的可靠性验证。采用某型运输机,从林芝米林机场起飞,空投位置选取距离机场 120 km 附近的山间谷地,飞行起飞时间为上午 10 点,当天有轻量的低云,微风,适宜进行空投训练。

在飞机起飞同时,在系统中输入机场坐标(29°18'12"N, 94°20'7"E)、飞行路线和抛投位置,根据单伞抛投得到的模拟结果与飞机实际的飞行和抛投位置进行比较,实际位置偏西南,距模拟降落区域大约有 150 m 偏离,主要原因可能空投位置的偏差和风的影响。通过对比实验结果可以得出,系统模拟结果具有较高的可靠性,能为实际空投提

供可靠的参考信息。

## 4 结论

如何降低降落伞空投的复杂性和危险性,一直是困扰着降落伞应用的一大难题,进行降落伞空投的计算机仿真是有效解决该难题的途径. 本系统通过使用数字地球技术快速展示了大规模的地表真三维场景,在此基础上采用了多运动对象管理技术进行了各式飞机模拟飞行到降落伞模拟抛投时起航、抛投、落地的全过程. 该系统对降落伞在航空等领域的应用具有重要价值. 通过实际应用证明,系统对降落伞投放环境、飞机(队列)飞行及空投降落伞降落过程的一体化模拟仿真取得了较好的效果。

本系统建立了较为简化的降落伞运动模型,系统下一步的改进方向是需要系统中加入科学计算模块,更加准确模拟降落伞在降落过程中伞衣形状和结构的变化,以及实时气候因素(如风向)对降落伞的运动过程的影响,以取得更好的仿真效果。

#### 参考文献:

- [1] 朱劭,庄毅. 降落伞投放实验仿真系统的研究与实现[J]. 计算机仿真,2004,21(9):24-27.
- [2] 余莉,明晓,胡斌. 降落伞开伞过程的试验研究[J]. 南京航空航天大学学报,2006,38(2):176-180.
- [3] 彭勇,程文科,宋旭,等. 降落伞充气过程研究方法综述[J]. 中国空间科学技术,2004(3):38-44.
- [4] 廖威,翁璐斌,于俊伟,等. 基于地形高程模型的飞行器姿态估计方法[J]. 计算机应用,2011,31(6):1709-1712.
- [5] 张涛. 多媒体技术与虚拟现实[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [6] 郑平泰,杨涛,张晓今,等. 基于 Vega 的降落伞工作过程仿真可视化方法研究[J]. 系统仿真学报,2004,16(7):1610-1611.
- [7] 余莉,明晓. 降落伞的计算机仿真研究[J]. 航天返回与遥感,2005,26(4):6-10.
- [8] 张红英,刘卫华,童明波,等. 降落伞初始充气阶段数值模拟[J]. 南京航空航天大学学报,2009,41(2):207-211.
- [9] 史献林,余莉,袁文明,等. 降落伞拉直过程的三维仿真分析[J]. 航天返回与遥感,2010,31(1):11-17.
- [10] 刘占平,王宏武,汪国平,等. 面向数字地球的虚拟现实系统关键技术研究[J]. 中国图象图形学报,2002,7(2):160-164.
- [11] 张恒,张茂军,刘少华. 三维大地形模型的生成与管理方法研究[J]. 系统仿真学报,2005,17(2):388-391.