

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2016.02.019

# 三维环境下的多时段灾情对比分析系统研究\*

韩立钦, 杨军义

(1. 甘肃工业职业技术学院 测绘学院, 甘肃 天水 741025; 2. 天水三和数码测绘院, 甘肃 天水 741000)

**摘要:** 信息化条件下的应急救援始终是突发性自然灾害来临时的首要任务, 但现有技术还不能很好满足需要, 文中利用 TerraExplorer API 和 ArcGIS Engine 混合开发技术设计了三维环境下的多时段灾情对比系统, 为应急救援提供了指挥、评估、预警、规划等功能于一体的技术平台, 极大的改进了现有方法, 提高了工作效率。

**关键词:** 3D GIS; DOM; DEM; 三维地形模型; 多时段灾情对比

**中图分类号:** P208.2

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-358X(2016)02-0062-04

我国自然灾害具有类型多样、分布范围广、发生频繁的特点, 特别是突发性的自然灾害造成了严重的人员、财产损失, 因此, 快速获取灾情信息, 确定受灾范围, 制定科学合理的救灾预案是应急救援中重中之重的工作。在此方面, 诸多学者进行了积极的探索, 如黄康<sup>[1]</sup>等基于三维 GIS 平台对防洪减灾开展了相关研究, 王宁涛<sup>[2]</sup>等基于 RS 和 GIS 技术对地质灾害易发性开展了定量评价研究, 刘洪江<sup>[3]</sup>等利用 WebGIS 技术对城市泥石流减灾开展了研究, 但研究都是从不同的侧面针对某一具体问题提出了解决方案, 面对突发性的自然灾害应急, 尤其是灾前、灾后直观对比分析, 还不能满足需求。本文旨在从灾情数据的快速获取、处理及多时段灾情系统开发等方面, 利用三维 GIS 技术、航测技术、无线传感技术等构建满足应急救援需要的一体化解决方案。

## 1 数据获取及处理

### 1.1 灾情数据获取

目前, 高分辨率遥感影像是空间数据的主要来源, 但在突发性自然灾害面前, 遥感卫星很难部署到灾区上空, 特别是自然灾害多伴随极端的天气条件, 为遥感卫星作业带来了很大障碍, 载人航空摄影测量对飞机起降条件要求较高, 无人航测平台(包括无人机机体、任务载荷系统、数据快速处理系统、发射与回收子系统、数据链路等)通过搭载航空数码相机进行航空摄影, 采用 IMU/GPS 技术进行自动导航具有机动灵活、方便快捷的特点。因此, 利用无人机航

空摄影测量方法获取灾情数据更为高效, 可以有效克服灾区复杂的地理、气象条件困难, 为获取第一手灾情资料提供可靠的技术保障<sup>[4]</sup>。

#### 1.1.1 无人机飞控系统

飞控系统主要由机载部分和地面部分组成, 其中机载飞控系统主要包括飞控、电台、RC 接收机、电池组、GPS 天线、通讯天线、空速管。飞控系统可与 GPS、北斗、GLONASS 等进行组合导航, 通过预设的航带参数, 进行等距离、定点拍摄。

#### 1.1.2 地面站控制系统

地面站控制系统包括数传电台、地面站软件和便携式计算机。控制系统通过控制软件实时显示飞行器飞行数据和定位信息, 在获得飞行数据和获取坐标的同时, 借助计算机的地面站软件得到飞行航迹和参数, 实现无人机遥控导航盲飞, 无人机能实现定高自动驾驶, 可预先输入航迹, 实现自动按航线飞行执行任务, 也可随时更改航迹任务。

### 1.2 灾情数据处理

灾情数据处理主要包括航测影像预处理、空中三角测量、正射影像纠正、拼接, 最终生成灾区正射影像图(DOM)和数字高程模型图(DOM)成果、数字线划图(DLG)等成果, 为灾前、灾后的对比分析提供数据支撑, 主要处理流程如图1所示。

#### 1.2.1 空中三角测量

空中三角测量一般分为全自动作业模式和半自动作业模式, 全自动模式对影像的飞行质量、扫描质量以及测区的地物结构、地物类别有严格要求, 半自

\* 基金项目: 甘肃省高校科研项目(2015B-155)

引用格式: 韩立钦, 杨军义. 三维环境下的多时段灾情对比分析系统研究[J]. 矿山测量, 2016, 44(2): 62-65.

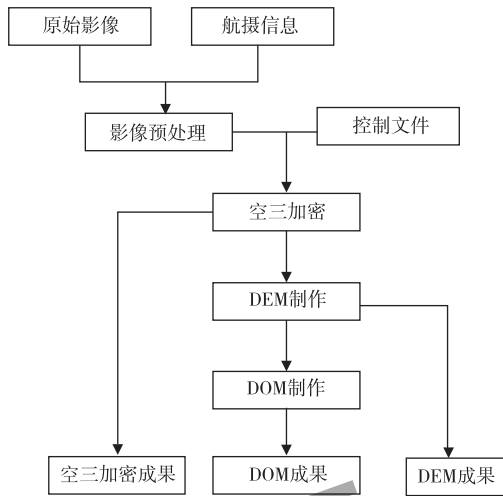


图 1 数据处理流程

动模式在屏幕上选取、量测标注点点位,产生同名点位,最后进行整体平差,得到每张相片的正确位置,即外方位元素,本文主要针对灾害应急作业,以自动模式进行。

### 1.2.2 数字高程模型图制作

利用空三成果,自动建立测区的立体模型及其参数文件,在此基础上生成核线影像<sup>[5]</sup>。采用视差曲线编辑过程时,视差曲线间隔要合理。视差曲线(或 DEM 点)必须切准地面,真实反映地形态势。基本步骤如图 2 所示,其中,主要工作量在于采集特征点、线,在山头、凹地、鞍部量测特征点,在地形变换处,如坎、山谷、山脊、河堤、水域线、道路、加固岸等量测特征线。

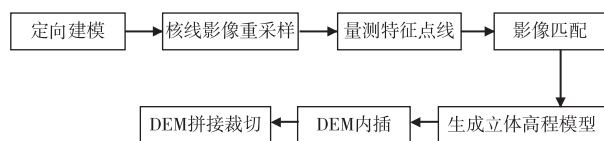


图 2 DEM 生成关键步骤

### 1.2.3 正射影像图制作

利用 DEM 完成影像微分纠正,按照分区对测区内影像利用双线性内插或三次卷积内插法进行重采样,生成分区正射影像(DOM),对镶嵌线进行自动匀色和修改,并对影像进行羽化和重曝光处理,使其色彩均匀、过度自然。本文利用 INFHO 模型的 OrthoVista 进行无缝拼接导出 TIF 影像的技术路线,因为 OrthoVista 自动修改镶嵌线及自动匀色,无需人工干预且效率较高,可以节约数据处理时间,最后通过检查空间坐标系、精度、影像质量、逻辑一致性和附件质量,进行成果提交。

## 2 三维场景构建

### 2.1 三维 MPT 文件创建

Skyline TerraBuilder<sup>[6]</sup>可以通过叠加海量正射影像、数字高程模型以及各种矢量地理数据为用户创建一个现实影像的、带地理参考的、精确地三维数据场景文件,相较于其它 GIS 软件所创建的三维地形模型,具有大场景浏览流畅、交互性强的特点。同时利用先进的小波压缩技术,把海量空间数据进行有效压缩,并能够自动合并不同空间分辨率的源数据。生成 MPT 时,需要设置空间数据的投影参数,如果输入数据为 WGS84 坐标,则不需要进行投影参数设置,如果为投影坐标,则需要将原始投影坐标转换为 WGS84 坐标。MPT 文件生成完毕,可以利用矩形或多边形等工具对三维地表模型进行裁切、去背景值、高程调整等编辑修改操作。

### 2.2 多源数据集成

在三维地表模型中加载交通、水系、居民区、基本农田、林地、建筑物模型等地物要素,从而建立区域三维场景。但各种地物要素来源不同,需要经过统一处理,才可以无缝集成到三维场景中<sup>[7]</sup>。对于交通、水系、基本农田、林地等矢量要素进行坐标投影变换和数据格式转换,本文统一转换为 WGS84 坐标系,数据格式为 .shp。对于三维建筑物模型需要结合带有真实坐标的 CAD 线划图,利用 3DMax 或 Creator 软件进行建模,把实地拍摄的纹理照片进行贴图处理,得到精细的实体模型,统一输出为 .X 格式,然后载入三维场景。其余的景观模型可以利用 TerraExplorer Pro 自带的模型库(如路灯、路标、车辆等小品数据)调入到场景中直接使用。三维场景中所有基础数据都是在统一的坐标框架下,因此,三维场景下的所有量测、分析操作都是准确、可靠的。

## 3 多时段灾情对比系统设计

本系统以甘肃省天水市娘娘坝镇 2013 年 7 月 25 日特大暴雨泥石流灾害为背景进行开发,围绕灾前、灾后一直到 2014 年底的灾后治理规划三期数据展开,真实、直观的再现了灾区的变化,为政府科学决策提供了可靠的技术支撑。

### 3.1 研究区概况

娘娘坝镇地处北纬  $N34^{\circ}18'25.96''$ ,东经  $E105^{\circ}49'17.41''$ ,黄土高原与秦岭的交汇地带,境内地势起

伏较大,西北高,东南低,最高海拔 2169 m,最低海拔 687 m。该镇地处西秦岭南麓,长江流域,地域广阔,气候湿润,雨量充足,年最高气温 33.6℃最低气温 -21.4℃,年无霜期 154 d,年平均降雨量 691.3 mm。境内山脉多以黄土堆积而成,黄土土质疏松,短时间内暴雨冲刷,容易造成土壤水量饱和,形成大面积滑坡和泥石流灾害。

### 3.2 系统设计框架

如图 3 所示,系统采用三层体系结构,包括应用层、数据管理层和数据存储层。其中三维数据的浏览、查询、分析、量测量算、应急救援等功能封装在应用层;数据管理层主要负责不同来源、不同结构的数据处理,实现数据的共享与互操作;数据存储层提供了基础数据库,实现各种数据的存储,主要包括三维模型库、基础地理信息数据库和业务数据库,三维模型库主要存储三维地表模型及纹理信息,基础地理信息数据库主要存储区域基础地理要素,业务数据库为本区域内的人口、经济指标、社会发展等方面数据。为了动态的监测灾情发展,系统同时集成了无线传感、车载移动测量实时监测数据。

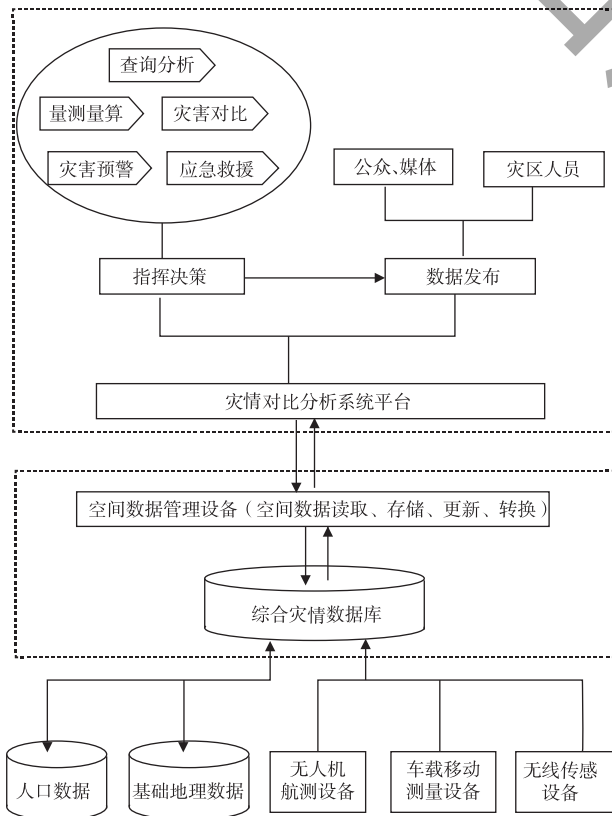


图 3 系统设计框架

### 3.3 系统实现

本系统围绕灾前、灾后和灾后规划治理三期数据展开,不仅实现了同一区域、不同时间段的地形地貌直观对比、分析,还具有不同时间段的快速切换,针对某一时间段挖掘更丰富的信息。

#### 3.3.1 算法实现

多时段数据的联动首先是不同时段的地理坐标相对应,其次是不同时段各类地理要素和地物模型相对应。在对某一时段数据进行操作时,把对应改变的空间位置信息实时传递给其他两个时段,最终保持多时段数据的同步。核心实现代码如下:

```

SGWorldRight = TEXRIGHT. CreateInstance
("TerraExplorerX.SGWorld");
SGWorldLeft. Open (" Terrain Database To
Open1");
SGWorldMiddle. Open (" Terrain Database To
Open2");
SGWorldRight. Open (" Terrain Database To
Open3");
SGWorldLeft. AttachEvent (" OnLButtonUp ",
leftEvent);
SGWorldMiddle. AttachEvent (" OnLButtonUp ",
MiddleEvent);
SGWorldRight. AttachEvent (" OnLButtonUp ",
RightEvent);
...
Var pos = SGWorldLeft. Navigate. GetPosition
(3);
SGWorldLeft. Navigate. FlyTo(pos,14);
SGWorldMiddle. Navigate. FlyTo(pos,14);
SGWorldRight. Navigate. FlyTo(pos,14);
...
    
```

#### 3.3.2 TerraExplorer Pro 和 AE 的混合开发

TerraExplorer 应用程序开发接口 (API) 提供了一种集成 TerraExplorer 和自定义应用程序的开发方式,允许将 3D 窗口、信息树和导航地图灵活嵌入到用户界面,Runtime 模块也能够快捷的发布自定义应用程序,很好的实现了 3D 导航、工程管理、地形分析等功能,高压缩比的算法设计使海量的数据能够流畅的浏览、操作,因此,TerraExplorer Pro 是目前三维地理信息系统平台开发的主要方式,但是相比于成熟的二维 GIS 平台,TerraExplorer 的空间分析能力较

弱,不具备进一步提取丰富灾情信息的能力,而 ArcGIS Engine<sup>[8]</sup>作为成熟的 GIS 开发平台被广泛应用于各个领域,产生了良好的效果,但其三维展示能力较弱,因此,本系统充分借助这两大开发平台的优

势,利用 C#语言进行多时段灾情对比系统开发,在具有良好交互性的三维环境下,精确地计算受灾范围、灾情损失,为灾情预警、人员疏散等工作提供一体化的指挥平台,系统主界面如图 4 所示。



图 4 多时段灾情对比系统

#### 4 结 语

本文所设计开发的三维环境下的多时段灾情对比分析系统具有直观、精确、功能丰富的特点,为应急救援及灾后规划治理带来了新的解决手段,系统不仅在黄土高原滑坡、泥石流灾害中得到成功应用,在洪水淹没、城市发展监测、农业监测、林业监测等诸多领域都可以推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 韩立钦,王志红,杨军义.二三维联动的城市地下管线信息管理系统设计[J]. 矿山测量,2013(5):36-38.
- [2] 王志红,杨华,王利军,等.基于 Silverlight 的 WebGIS 研究与应用[J]. 矿山测量,2013(5):19-21.
- [3] 刘洪江,唐川,韩用顺.基于 WebGIS 的城市泥石流数字减灾系统建立及其应用[J]. 灾害学,2006(9):10-13.
- [4] 陈娇.无人机航摄系统测绘大比例尺地形图应用研究[D]. 云南:昆明理工大学,2012,1-6.
- [5] 刘丹,梁涛,田银枝,等.无人机航测技术在长江航道整

治工程中的应用[J]. 测绘通报,2014(8),59-62.

- [6] The Skyline Product of TerraBuilder [EB/OL]. <http://www.skylinesoft.com/Skylinelobe/corporate/products/terrabuilderfeatures.aspx>.
- [7] 吴宏,董金义,李瑞东,等.三维可视化技术在舟曲县城区灾害重建泥石流防治工程中的应用[J]. 冰川冻土,2013(4):383-385.
- [8] 张俊岭,熊卫东,夏斌.基于 ArcGIS Engine 的地图符号制作工具研制[J]. 测绘科学,2007(5):24-27.
- [9] 刘芳.数学国防三维建模的设计与实现[J]. 矿山测量,2009,37(4):73-75.
- [10] 曹炳霞,王前进.三维地质建模精度的影响因素研究[J]. 矿山测量,2015,43(1):45-48.

**作者简介:**韩立钦(1983-),男,汉族,河南濮阳人,硕士研究生,讲师。主要研究方向为地理信息共享技术,三维 GIS 技术和遥感 GIS 集成。

(收稿日期:2015-12-17)