

## 多源数据融合下的森林防火本底数据库建立

楼雄伟, 方陆明, 徐爱俊, 叶祥根

(浙江林学院 信息工程学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 对森林防火三维本底数据库组成及特点进行分析, 在空间信息技术、数据融合技术和三维建模技术等的支持下, 提出基于 MapX 和 OpenGL 为研究工具的森林防火三维本底数据库建立方法。该方法以 OpenGL 为技术基础, 利用数字高程模型高程数据和 OpenGL 的纹理映射机制在三维地形上融合遥感数据, 实现各种信息的三维真实显示。以 Mapinfo 所建立的属性数据为基础, 通过坐标转换, 实现二维矢量地图同三维地形的任意点、面的联动。在此基础上利用 MapX 组件从二维地图上获取乡镇边界、乡村边界和小班边界等森林资源数据, 并同三维地形有机融合, 实现森林资源数据的三维显示。最后融合防火资源数据和全球定位系统(GPS)数据, 实现了防火队和防火物资等数据的融合与操作。图 7 参 11

关键词: 森林保护学; 森林防火; 三维本底数据库; 数据融合; 坐标联动; 三维建模; 数字高程模型

中图分类号: S762.3 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)04-0405-06

## Data fusion with 3D modeling for forest fire prevention background database

LOU Xiong-wei, FANG Lu-ming, XU Ai-jun, YE Xiang-gen

(School of Information Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin 'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: This research was designed to build a three dimensional (3D) background database for forest fire prevention. A new method using MapX (a coordinate transformation library) and OPEN Graphics Language (OpenGL) along with spatial information, data fusion, and 3D modeling technologies was developed to analyze features of a 3D background database. Digital Elevation Model (DEM) altitude data and OpenGL texture mapping were integrated with remote sensing data in a 3D terrain to portray an actual vision of the terrain. Mapinfo (a PC-based mapping software) provided attribute data, and coordinate transformation was achieved by linking surface points of the MapX two-dimensional map fused with the three dimensional terrain. The result was a forest resource database with village, town, and sub-compartment boundaries, that showed organic forest resource data in a 3D display. Integrated with GPS data, this forest fire prevention data realize fire prevention to detect combustible material buildups and fire controll. [Ch, 7 fig. 11 ref.]

Key words: forest protection; forest fire prevention; three dimensional background database; data fusion; coordinate linkage; 3D modeling; digital elevation model (DEM)

森林防火本底数据库是指与森林防火有关的数据集合, 包括图形、图像、属性等不同格式的数据, 是森林防火综合分析与应用的前提。作为森林防火信息系统, 其本底数据的组成, 除了森林资源数据外, 还应包括地形、地貌、交通、通信、水系、居民点、人员和设施等数据。文章所研究的三维防火本底数据库是几个数据库的融合, 包括三维地形数据库和专题数据库。20 余年来, 随着空间遥感技术、计算机技术和通信网络技术的发展, 各行各业纷纷在建立本行业的本底数据库<sup>[1-3]</sup>。传统的森林防火本底数据库都是二维的, 高程信息只是通过属性查询获得, 无法真实显示。从二维到三维,

收稿日期: 2007-07-03; 修回日期: 2008-03-11

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y105620); 浙江省科技计划项目(2006C12109)

作者简介: 楼雄伟, 助教, 从事资源与环境信息系统研究。E-mail: lxwjfc@163.com

不仅从空间上与实际地形保持精确的几何关系,而且从色彩、灰度、阴影以及表面纹理等方面与实际地形保持一致,还能很容易地获得坡度和坡向等信息以及任何一点的大地坐标和经纬度坐标。三维森林防火本底数据库,在三维地形上融合防火资源、植被、水系和交通等信息,能对防火指挥起很大作用。本文通过对森林防火三维本底数据库建立方法的研究,提出基于 MapX 和 OpenGL 工具建立森林防火三维本底数据库的方法。利用 OpenGL 技术建立三维地形,在此基础上融合遥感数据和防火等数据所建立的森林防火三维本底数据库能很好地显示三维真实地形,能极大地提高森林防火管理的效率,进一步提高森林防火决策的科学性、合理性。

## 1 三维地形的模型构造方法

在规则格网模型中,平面上的任意一点的高程为  $H_{ij}$ , 其坐标  $(X_i, Y_j)$  很容易通过其坐标下标及格网在  $X, Y$  方向上的间隔和起点坐标求得<sup>[4]</sup>。其计算过程如图 1 所示。

设格网间距为  $d$ , 起算点二维坐标分别为  $X_{corner}, Y_{corner}$ , 数组  $Z[m][n]$  用于存储所有的高程值,任意某点的高程值记为  $z$ 。网格数据除了每个格网点处的高程值以外,只需要记录一个起算点的位置坐标和格网间距  $d$ 。其中任意某  $m$  行  $n$  列的格网点  $P(X, Y)$  的地理坐标都可由起算点坐标  $(X_{corner}, Y_{corner})$  计算获得。

## 2 专题数据融合方法

相比二维矢量地图融合大量数据,正处于发展中的三维技术却难以融合大量的专题数据。作者利用 OpenGL 技术构建三维数据库,利用 Mapinfo 构建专题数据库,将专题信息与三维地形结合,实现专题数据的融合。

### 2.1 二维与三维的联动

二维地图能融合大量的专题数据,但地图符号抽象的多义性给人们认识空间信息带来了困难。三维虚拟的地形场景有着逼真的视觉效果,具有局部性、直观性和现实性等优点;但在三维场景中漫游时,容易产生方向迷失感,同时三维场景无法融合很多专题数据。所以,二维同三维的联动,不但可以克服二维地图的抽象多义性和三维虚拟场景漫游的迷失感,而且还可以在三维地形上融合更多的专题信息。这是当前在三维技术发展还不成熟的阶段,值得采用的有效方法<sup>[5,6]</sup>。

**2.1.1 二维地图与三维地形的联动形式** 二维地图与三维地形的联动主要有以下几种形式:用户在三维地形中漫游时,在二维地图中显示出相应的位置;在二维地图中改变观察点时,相应地在三维地形场景中跳到对应的位置;在三维地形场景中改变观察点时,在二维地图中也跳到对应的位置;二维地图中目标被选中时,三维地形场景中对应的目标高亮显示;三维地形场景中的目标被拾取时,二维地图中的对应目标高亮显示;在二维地图中选择一块区域后,能够在三维地形场景中显示该区域的三维场景;二维地图中的某些专题信息(乡镇边界、乡村边界和小班边界)能够有选择地动态叠加到三维地形之上;将某些没有对应三维场景数据的地图三维可视化。

以上几种形式的二维与三维联动,可以通过坐标的统一将二维地图与三维地形场景集合起来。即

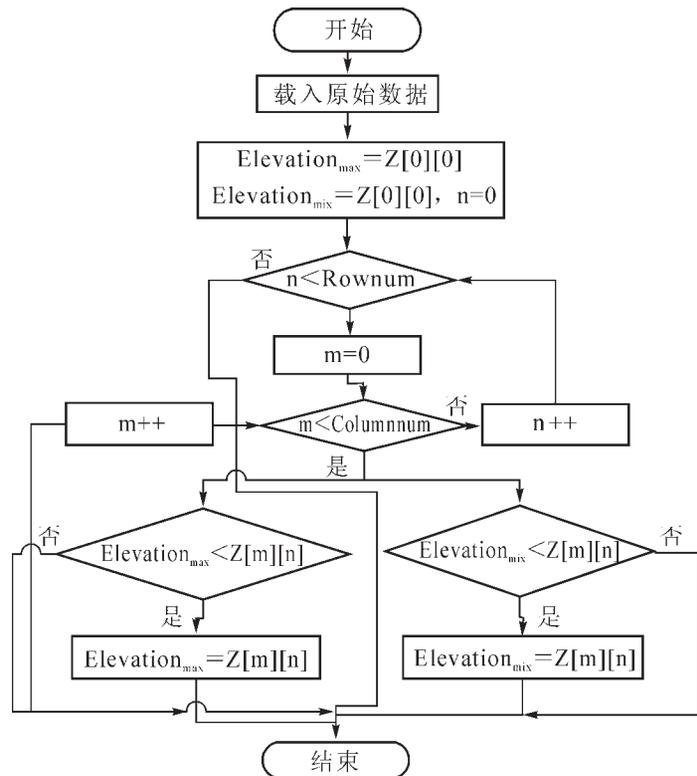


图 1 计算高程最值

Figure 1 Computing maximum or minimum elevation

二维地图视图与三维地形场景共享全局坐标变量，通过两者的消息映射实现有机的联动。

2.1.2 二维与三维联动的实现 用户在三维地形中漫游时，获得中心点坐标(X, Y)，通过坐标反算公式求得经纬度(L, B)，就可以在二维地图中显示出相应的位置；在二维地图或者三维地形中改变观察点时，可以通过坐标正算公式或者坐标反算公式求得(X, Y)或者(L, B)，并在三维地形或者二维地形上定位；二维地图中目标被选中或者三维地形场景中的目标被拾取时，获取目标的坐标(L, B)或者(X, Y)，通过坐标正算公式或者坐标反算公式求得(X, Y)或者(L, B)，并在三维地形或者二维地图上定位。以上 3 种联动形式可以通过单点的坐标统一实现。在二维地图中选择一块区域后，通过算法获取这一区域的每一点坐标(L, B)，由坐标正算公式求得每一点的坐标(X, Y)，通过 X, Y 获取其高程坐标，然后绘制在三维地形上。二维地图中的某些专题信息可以看作为一块区域，通过以上方法能够实现有选择地动态叠加到三维地形之上。以上 2 种形式可以通过面联动实现。面联动实现流程如图 2 所示。

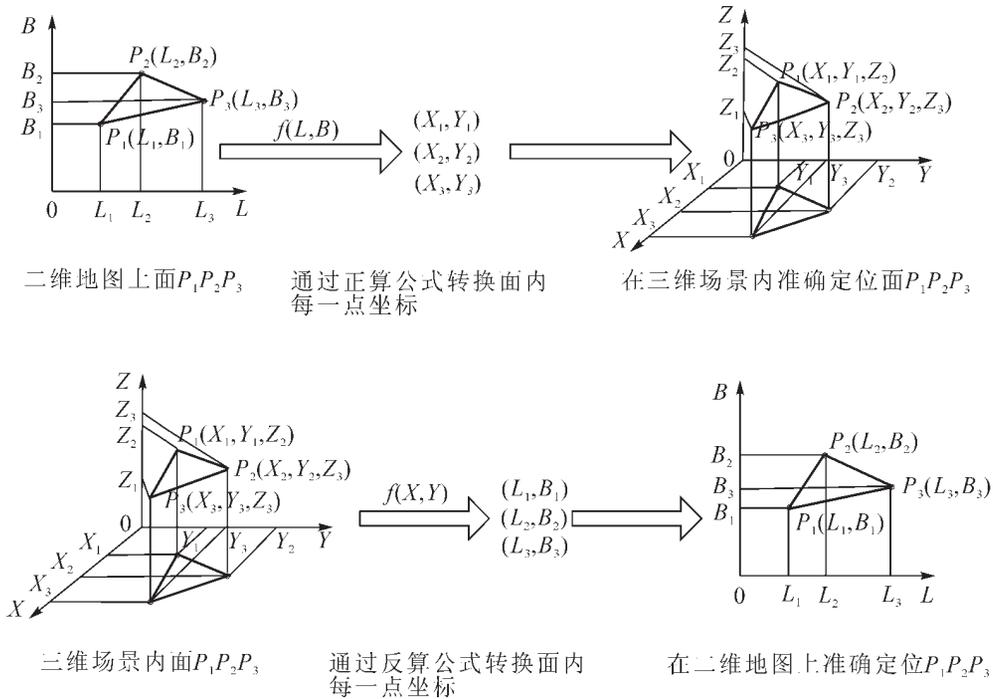


图 2 二维与三维面的联动

Figure 2 Linkage of the two dimension area and the three dimension area

2.1.3 二维与三维联动显示效果 在二维与三维联动方法的支持下，在坐标融合的基础上，成功实现了二维与三维数据的联动，其实现效果如图 3 所示。

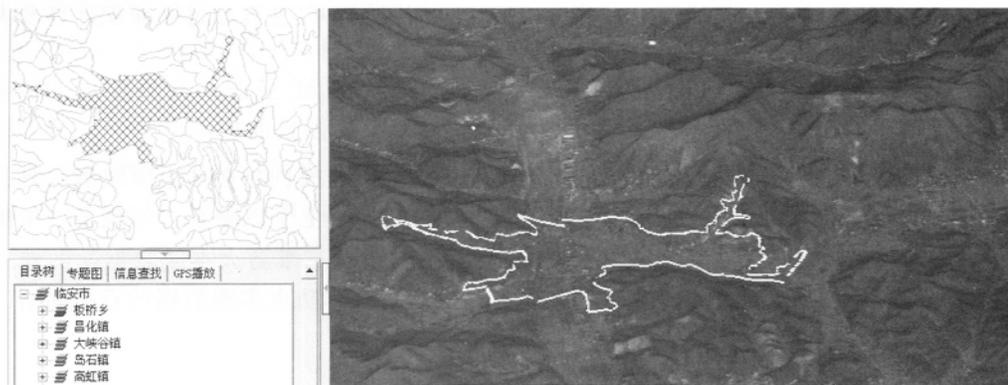


图 3 二维与三维面的联动效果

Figure 3 Linkage effect of the two dimension area and the three dimension area

## 2.2 森林资源数据的融合

三维地形有着逼真的视觉效果,但是要建成防火本底数据库还必须在其上面融合其他更多数据,其中首先需要融合的数据便是森林资源数据,主要包括乡镇边界、村边界和小班边界,并可以在其地形上进行小班信息的查询。

乡镇、乡村以及小班边界的叠加需要分为两部分。第1部分为乡镇边界、乡村边界、小班边界原始数据的获取,第2部分是边界的叠加。无论是乡镇、乡村还是小班,都可以将其看作是一个面,则其边界数据获取可以通过获取这个面的边界数据。用 Mapinfo 生成的边界实际上是由有限的点连成的闭合曲线。边界数据的获取,可以通过遍历所有图元边界上的这些关键点,获取这些点的坐标信息予以保存。算法流程如图4所示。

## 2.3 防火资源数据的融合

防火资源主要包括防火队伍和防火物资等。以防火队伍为例,防火队伍数据包括:乡镇名、编号、名称、负责人姓名、行政职务、办公室电话、住宅电话、手机号码、负责林区面积、经度和纬度等。其算法实现流程如图5所示。

## 2.4 GPS数据融合

GPS(全球定位系统)在森林防火中有着十分重要的用途,如快速获取火灾发生的位置和蔓延情况;获取火场位置和过火面积,同时可以进行火灾灾后评估<sup>[7-11]</sup>。GPS数据融合是将已经采集到的GPS数据,根据一定的顺序重绘到地图上,然后根据这个新图层可以进行如过火面积计算及灾后评估等操作。GPS数据的融合方法如图6所示。

## 3 森林防火三维本底数据库设计与实现

森林防火三维本底数据库是利用 OpenGL 技术实现三维地形建模,并在其上面映射纹理,在此基础上集合 MapX 组件访问二维地图,获取专题数据,并在三维地形上予以融合,实现了三维地形数据库同森林资源数据、防火数据以及 GPS 数据的有机融合,完成了三维防火本底数据库的建立。其设计流程如图7所示。本研究在以上技术方法的基础上,实现了森林防火多源数据的有机融合,建立了三维地形数据库。

## 4 结论

通过对森林防火数据的要求及其建库方法进行分析,提出了基础建模和多源数据融合的技术方

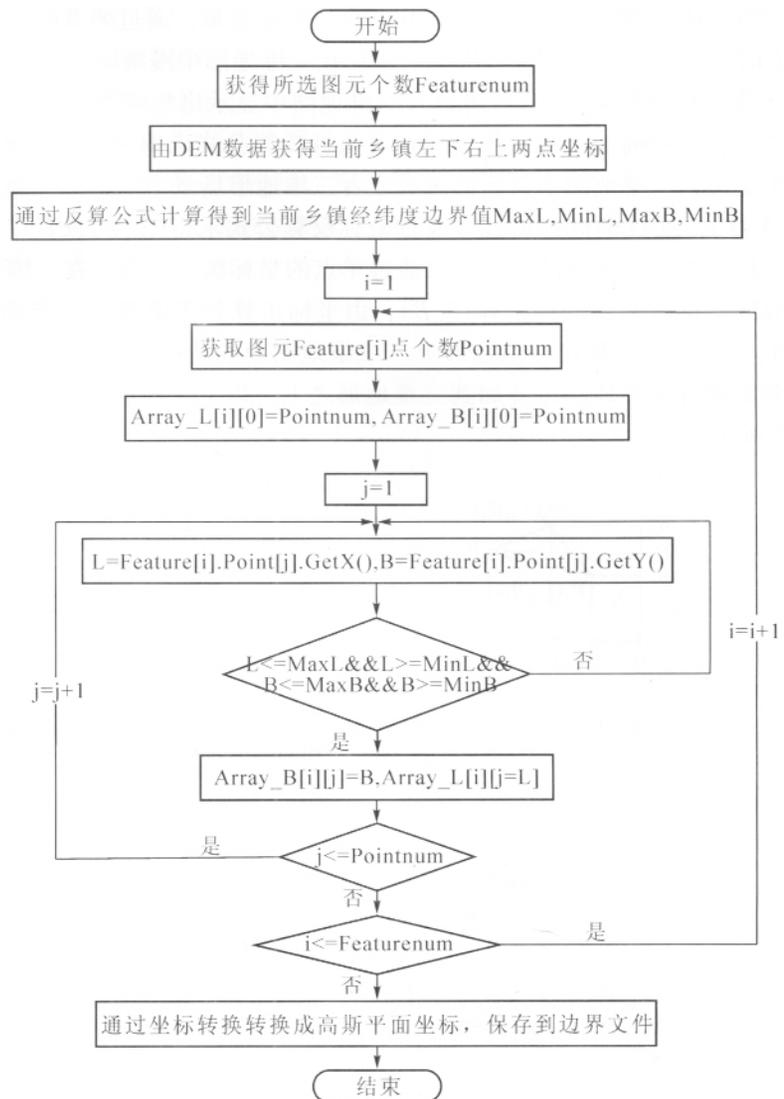


图4 边界数据获取算法

Figure 4 The algorithm of obtaining boundary data

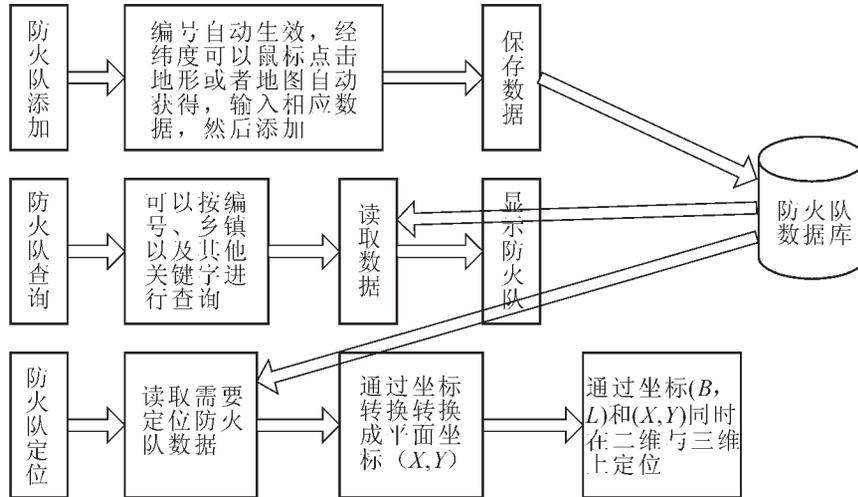


图 5 防火队伍数据融合

Figure 5 Prevention guard data fusion

法，进而提出了森林防火本底数据库的组成和建立方法。指出森林防火本底数据库包括森林资源数据、遥感影像数据、防火资源数据及其他如交通、通信、水系、居民点、人员和设施等数据。利用 OpenGL 技术建立立体三维地形，实现基础建模，在此基础上融合遥感数据、森林资源数据及防火资源等数据，实现地形的三维显示与专题数据的有机融合。由于本文是在 OpenGL 和 MapX 等环境下建立森林防火本底数据库的，该方法相比较 ArcGIS 等专业 3D 建模软件而言，具有经济实用，容易控制等特点，对林火管理部门有一定的借鉴作用。

通过建立森林防火三维本底数据库，实现了森林防火的远程指挥和辅助决策，为评估森林灾害损失提供依据。但是本文所研究的方法还有待改进的地方，即其精确性有待提高。精确性取决于 DEM(数字高程模型)数据的精确程度，笔者采用的是 25 m 间距的 DEM 高程数据，可以利用内插方法的方法对 25 m 间距的高程数据进行内插以提高三维的精确显示。通过研究合理的内插算法对现有的 25 m 高程数据细化以提高地形的精确显示。

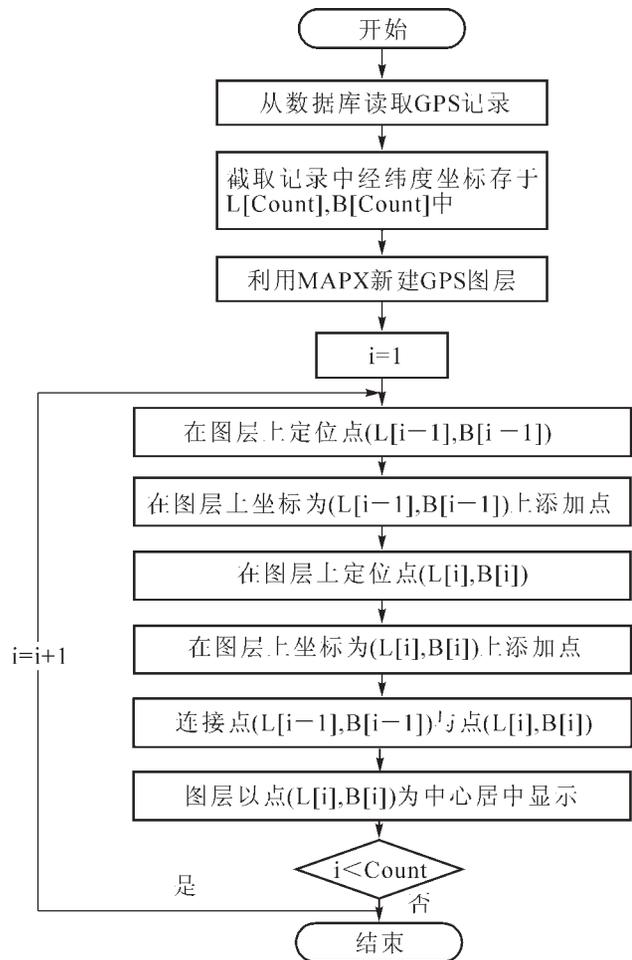


图 6 GPS 轨迹数据融合

Figure 6 GPS track data fusion

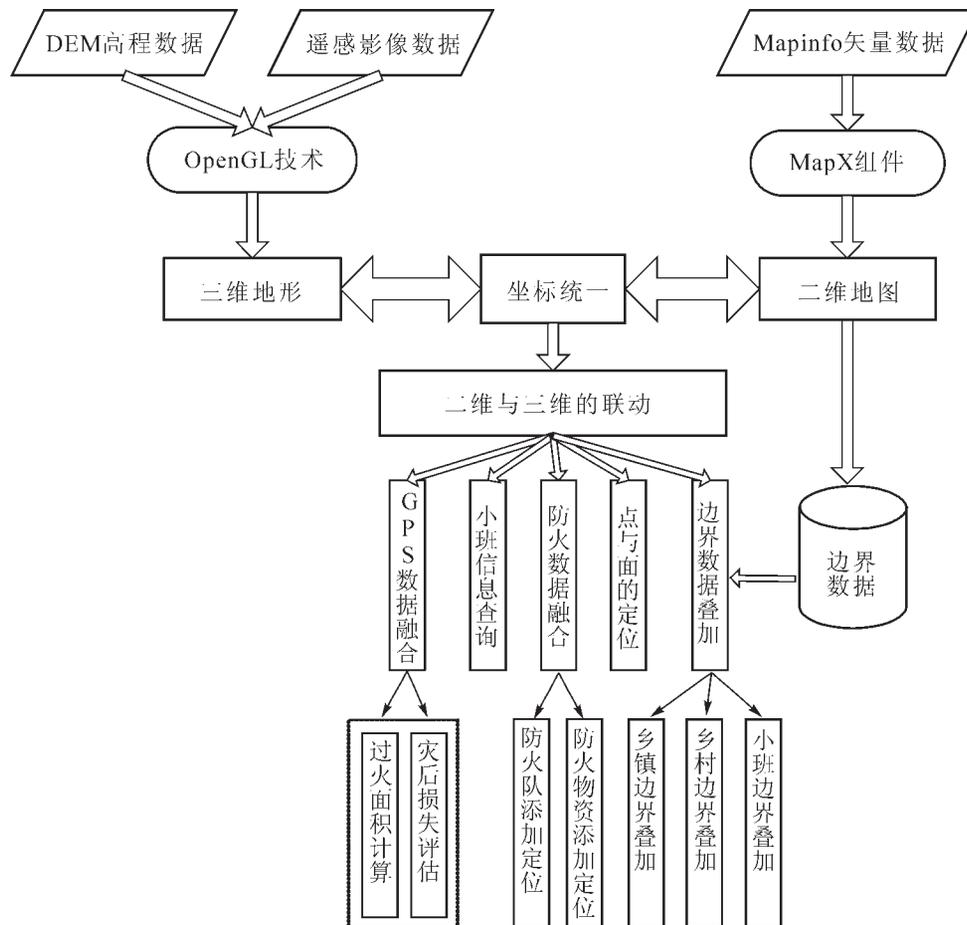


图7 森林防火三维本底数据库建立流程图

Figure 7 Data flow diagram of forest fire background database

## 参考文献:

- [1] 毕建涛, 池天河, 何建邦. 洪涝灾害的本底数据库构建方法[J]. 地球信息科学, 2003(4): 22 - 24.
- [2] 王均. 陕西省资源环境本底数据库建设及 GIS 在历史地理研究中的应用设想[J]. 中国历史地理论丛, 2002, 17 (3): 129 - 137.
- [3] 解运杰, 王玉玺, 张韬鹏. 基于 GIS 技术的东北黑土区土壤侵蚀本底数据库创建[J]. 黑龙江水利科技, 2002 (4): 3 - 5.
- [4] 陈国良, 曹卫群, 黄心渊. 一种由等高线模型生成规则格网模型的算法[J]. 中国图像图形学报, 2007, 12 (6): 1 103 - 1 113.
- [5] 田智慧, 武航, 熊伟, 等. 基于 DEM 的三维地图研究[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28 (1): 103 - 107.
- [6] KARAKAS A, TURNER K. Aggregate supply and demand modeling using GIS methods for the front range urban corridor [J]. Colorado Comput Geosci, 2004, 30 (6): 579 - 590.
- [7] 徐爱俊, 李清泉, 方陆明. 基于 GIS 的森林火灾预报预测模型的研究与探讨[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20 (3): 285 - 288.
- [8] 宋广军, 潘海珠, 李洪波. 基于 GPS 的森林防火实时监控系統关键技术研究[J]. 林业机械与木工设备业机, 2004, 32 (6): 18 - 20.
- [9] ZHANG J, LACHAPPELLE G. Precise estimation of residual tropospheric delays using a regional GPS network for real-time kinematic applications[J]. J Geod, 2001, 75: 255 - 266.
- [10] 余启刚. 数据融合技术在“3S”森林防火中的应用[J]. 森林工程, 2003, 19 (4): 5 - 7.
- [11] 唐丽华, 方陆明, 郑文达. 基于多指标类型的区域森林火险等级适应性评价方法[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (5): 608 - 613