

森林防火与应急决策支持系统

获奖情况：应用开发组三等奖
 作品名称：森林防火与应急决策支持系统
 参赛单位：四川农业大学都江堰分校
 参赛选手：吕子奇、向凯、彭国强
 指导老师：肖海、陈东立(四川农业大学都江堰分校)

1. 系统设计

本系统主要有四个功能模块，每个功能模块又可以分为几个子功能模块。

- (1) 预警分析模块：此功能模块主要根据自然因子，利用层次分析法得出。
- (2) 空间分析模块：此功能模块就是利用王正非林火蔓延模型，根据风方向、上坡、下坡、左平坡、右平坡5个模型建立。
- (3) 决策支持模块：此功能模块分为人员调配、多源路径分析、人员疏散等几个子功能模块。
- (4) 损失评估模块，包括统计报表、蓄积评估、损失计算三个子功能模块。

2. 关键技术

通过对系统的分析，实现以上功能主要是以下几个关键技术。

- (1) 森林火灾的预测预报，主要是利用小班数据中的植被、地形、气象和其它数据，通过层次分析法求出森林火险等级权重。生成森林火险预警图。
- (2) 通过王正非林火蔓延模型，结合栅格数据特点，以及植被、地形、气象来实时动态模拟林火蔓延过程。
- (3) 人员调配主要用到多源最优路径分析，结合矢量最优路径与栅格最优路径，在没有公路的情况下，可以根据栅格最优路径分析得出消防人员进山的最佳路线图。栅格最优路径主要用到以下关键技术。

- A. 根据DEM与河流分布图派生出坡度数据与起伏度数据。
- B. 将坡度数据与起伏度数据重分类并分配权重可以计算出成本数据。
- C. 根据成本数据计算出距离方向图，最后得出最佳路线图。

(4) 关于饼状图与柱状图的制作，在ArcScene中不能够制作出3D饼状图与柱状图，而在三维分析中很多地方用来维来表达所要表达的信息会很直观的，因此我设计了Chart3DrendererClass类。

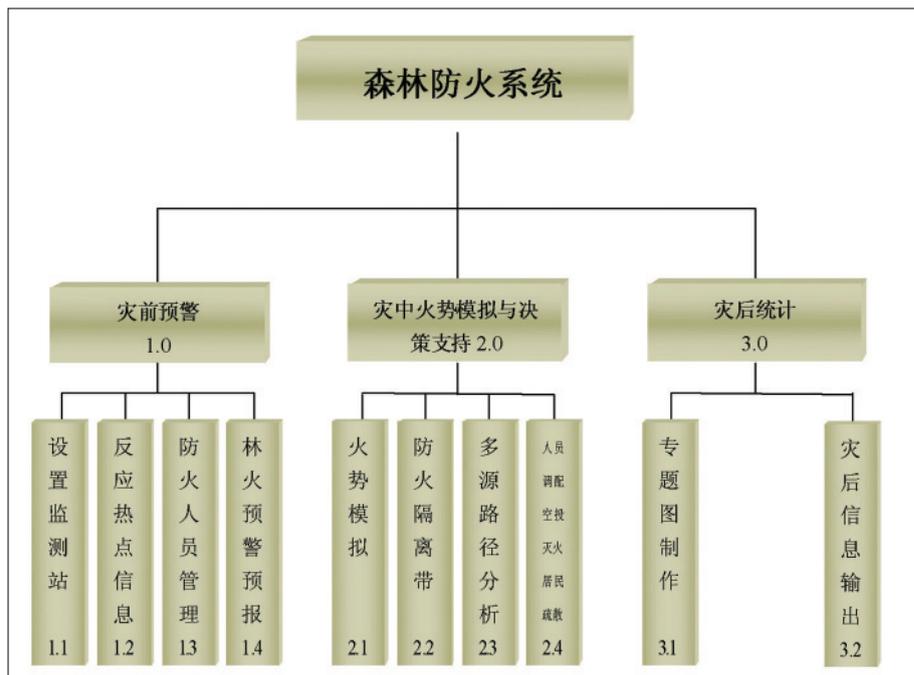


图1. 森林防火与决策支持系统功能模块

3. 系统实现

在WindowsXP环境下，基于以上的关键技术，本系统采用Visual C#语言和ArcEngine组件二次开发，实现了森林火灾的预测预报、林火蔓延过程的动态模拟、人员及设备的合理调配、以及灾后损失评估。实现了一个完整的森林防火过程的各个环节。

3.1 灾前预警分析

(1) 计算各预警因子权重

利用层次分析法计算各自然因子以及各小班因子权重，通过权重得到森林火险等级：

I级森林火险、II级森林火险、III级森林火险、IV级森林火险，最后由II级森林火险开始依次预报为森林火险黄色预警、橙色预警、红色预警。

其中，I级森林火险：意为低度危险或没有危险，有林地面积很少，林区树种难燃并多以中龄林为主，该小班历年发生火灾概率小于10%，气温条件也不宜造成火灾，多为海拔较高的山区等。

II级森林火险：中度危险，有林地面积少，林区树种可燃并多以成熟林为主，该小班历年发生火灾概率在10%~30%之间，相对湿度低，多为海拔500m~1200m的地区等。

III级森林火险：高度危险，有林地面积较少，林区树种易燃并多以老、幼龄林为主，该小班历年发生火灾概率在30%以上，相对湿度较低，多为海拔500m以内的地区等。

IV级森林火险：极度危险，有林地面积较多，该小班历年发生火灾概率在30%以上，相对湿度低并且降水量极少，每1hm²活立本蓄积量较大，不同立地条件林分类型的可燃物所占的比例大，人均占有林地面积多，多数为海拔相对较低坡向为南坡、坡度在25°的山区或国家、省、地区级的保护区、森林公园、旅游风景区，小班区内树种难燃。

(2) 在SceneControl中预测预报

根据各小班自身因子的影响，如树种、郁闭度、龄组等，再加上气象因子、地形因子、其它因子（路网密度、人口密度等）进行各小班预警。

在SceneControl中预警图如图2：

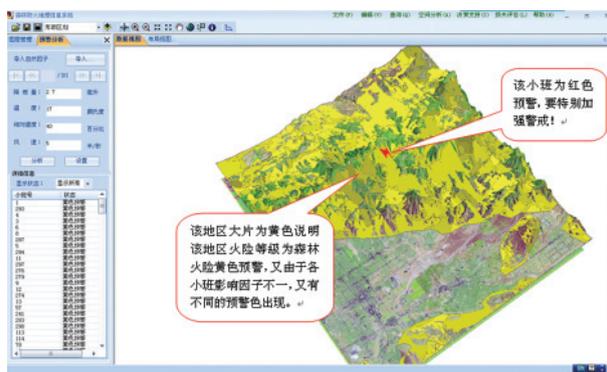


图2. SceneControl中预警效果图

3.2 灾中火势动态模拟以及辅助决策

(1) 森林火灾发生过程中进行动态模拟

森林火灾的蔓延是一个非常复杂的过程，影响因素比较多，要精确的对火的蔓延作一个分析是比较困难的，因为影响林火蔓延的因素具有不稳定性，本系统是根据气象因子结合王正非林火蔓延模型进行林火的蔓延模拟。

本系统在设计动态模拟时主要是从栅格数据着手，通过搜索八个方向坡度，坡向，高程与植被信息，得出所影响周围栅格的距离，依此类推，就可以实时动态地进行模拟火势的蔓延过程。er类对象重心是一个抛物线。如图3所示。

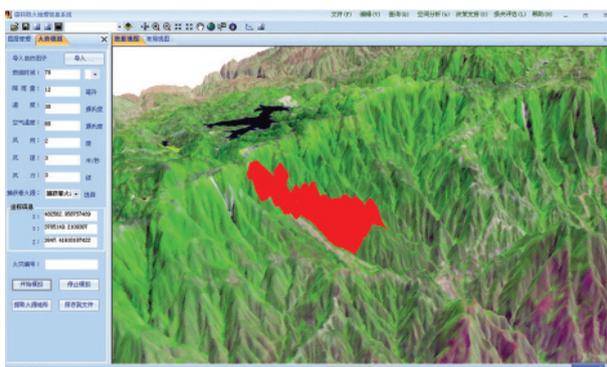


图3. 火势蔓延模拟效果图

(2) 人员调配与多源最优路径分析

通过当前火势推断出扑火最佳人员调配，由人员调配得到调配信息，即调配哪些消防站、多少人、多少消防车辆、



图4. 人员调配

多少设备等，再由此进行多源最优路径分析，优化路径，使消防人员迅速到达火场，同时也为防火隔离带的设定提供依据。人员调配见图4：

下图为矢量数据组合栅格数据分析原理图，其中黄色的表示山路的直线距离。多源路径分析原理图见图5：

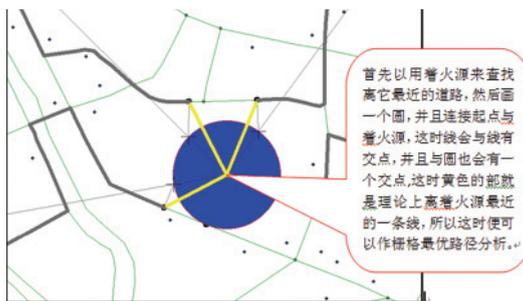


图5 多源路径分析原理图

多源路径分析效果图见图6：

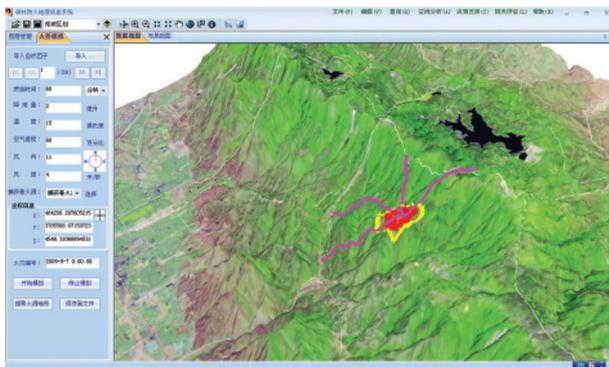


图6. 多源路径分析效果图

(3) 人员疏散

人员疏散采用专题图的方式表达，图上强化表达安置点信息和安置通道，对山区的疏散采用，离道路距离权重、坡度影响、下坡方向优先原则综合分析制成。

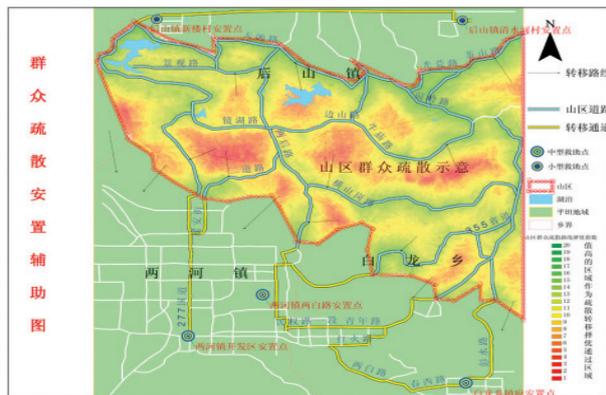


图7. 人员疏散

3.3 灾后损失评估分析

(1) 损失统计报表

查看灾后各种损失报表，以及计算材积。损失报表如图8所示：

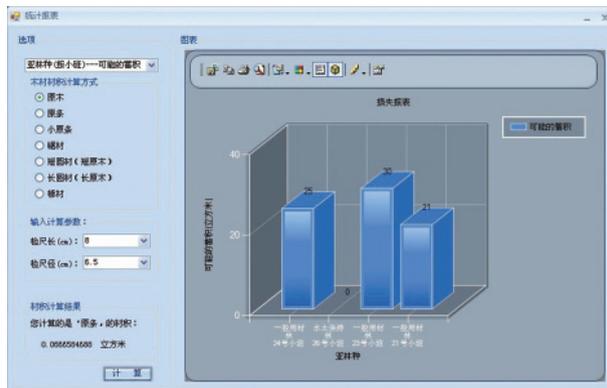


图8. 统计报表

(2) 损失计算

计算灾后的直接和间接经济损失、扑火人员及设备耗费，并将结果输出到Excel表中。

(3) 蓄积评估

通过自动提取着火小班信息，计算五大林种中幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林的蓄积损失，并自动计算输出到Excel表。

作品点评

本作品基于ArcEngine 9.2开发，结合计算机编程技术和三维显示功能对森林火灾的动态变化过程进行实时动态模拟，针对于森林火灾的实际情况进行设计和制作；本作品使用已经成熟的林火模型、基于栅格数据进行火势蔓延的模拟、从实用角度出发采用了栅格和矢量最优路径相结合的分析方法，在三维中加入了矢量数据信息统计并用专题图进行表达。

但本作品相关文档撰写思路不够清晰，尤其格式需要加强调整；同时作为基于ArcEngine作品，大部分功能为Engine自带功能；系统中蔓延算法建议继续优化，提高响应时间。