

doi:10.3799/dqkx.2010.064

# 基于 MapGIS 的森林防火监测预警系统设计与实现

樊文有<sup>1</sup>, 孟昕<sup>2</sup>, 刘小婧<sup>2</sup>

1. 中国地质大学信息工程学院, 湖北武汉 430074

2. 地理信息系统软件及其应用教育部工程研究中心, 湖北武汉 430074

**摘要:** 快速、准确的进行林火火源监测及定位可以有效缩短扑救时间,降低林业资源损失和自然环境污染。为了解决这一问题,采用地理信息系统(geographic information system, GIS)和遥感(remote sensing, RS)作为研究手段、运用实例研究的方法,以 MapGIS 开发平台为基础,设计并开发“森林防火监测预警系统”。“遥感影像定位”和“视频图像定位”作为两种常用的监测定位手段,可以从宏观和微观的不同角度互补;火险等级预报为监测重点提供参考依据;火势推演分析紧密结合气象信息和植被信息模拟火场扩散情况。结果表明,GIS 在森林防火监测定位方面不仅有着良好的可视性,其强大的空间分析特性尤为突出,对促进森林防火管理的信息化、科学化起到十分重要的作用。

**关键词:** MapGIS; 森林防火; 地理信息系统。

中图分类号: TP311

文章编号: 1000-2383(2010)03-0501-06

收稿日期: 2010-01-15

## Design and Realization of Forest Fire Fighting Monitoring and Warning System Based on MapGIS

FAN Wen-you<sup>1</sup>, MENG Xin<sup>2</sup>, LIU Xiao-Jing<sup>2</sup>

1. Faculty of Information and Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Engineering Research Center of GIS Software and Applications, Ministry of Education, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Quick and accurate monitoring and positioning forest fire can help save precious time in fire fighting, reduce loss of forest resources and decrease environmental pollution. In order to achieve the goal, geographic information system (GIS) and remote sensing (RS) were used, and give a real exploring example about using MapGIS as an explored platform, designing and realizing “forest fire fighting monitoring and warning system”. As two popular monitoring and positioning technologies, remote sensing image positioning and video image positioning take advantage of each other in both macro and micro perspectives. Fire rating prediction provides a reference for monitoring the focus, and fire inference analysis of the close combination of meteorological information and vegetation information simulates the spread of fire. The exploring example proves that GIS has advantage of visibility in forest fire fighting monitoring, especially, its strong functions about spatial analysis promotes informational and scientific forest fire management.

**Key words:** MapGIS; forest fire prevention; geographic information system (GIS).

## 0 引言

森林火灾是突发性强、危害较大的灾害,常给森林资源造成巨大危害(张雪芬等,2006)。随着地理信息系统(geographic information system, GIS)技术的快速发展,GIS 在森林防火中的应用已经被许多

林业部门认可。MapGIS 地理信息系统基础软件平台采用面向服务的设计思想、多层体系结构,实现了面向空间实体及其关系的数据组织、高效海量空间数据的存储与索引、三维实体建模和分析,符合对森林资源数据和森林消防力量数据的存储、管理、查询、分析的要求,并且能够实现森林防火系统的空间信息分发与共享、网络化空间信息服务等。借助卫星

遥感技术、视频监控与图像分辨技术以及网络通讯设施,建立“森林防火监测预警系统”,更好地保护森林资源,不仅能够满足森林防火数据信息的收集、储存、分析和维护,而且可以使管理手段更加趋于规范化和科学化(顾彤宇和顾彦方,2009)。

## 1 系统概述

森林防火监测预警系统的研究立足于火点的监测和定位,目标在于尽可能降低人工干预程度,实现林火的自动监测、报警,并以 GIS 为手段辅助用户确定火点的地理位置。另外,提供各种针对林火进行预测的方法和途径,可以使得监测工作有重点的开展。

从实现技术的角度分析,森林防火监测预警系统运用了遥感(remote sensing, RS)和 GIS 相结合的手段。RS 为 GIS 动态地提供各种更新数据,而 GIS 是计算机科学、地理学、测量学、地图学等多门学科综合的技术(吴信才,1998),用于提高 RS 的空间数据分析能力及分析精度。

## 2 系统设计方案

### 2.1 总体方案设计

系统总体方案设计包括以下 5 个部分:

(1)硬件及其支撑服务,主要包括气象卫星遥感监测服务和云台基站建设提供的视频监控服务。

(2)硬件及其服务配套的软件系统,例如配合气象卫星监测使用的遥感影像更新系统、处理系统;气象监测数据采集系统;视频监控相关的图像识别、报警系统等。

以上两个部分均处于“森林防火地理信息系统”外部,通过接口与系统进行信息通信。

(3)连接系统内外信息交流的接口部分,分别包括遥感定位接口、气象数据接口和视频定位接口。

(4)系统的应用功能部分,主要有实现核心功能的遥感定位、监控定位及其他辅助功能,如火险等级定位、历史火点统计等。

(5)系统的数据建设部分,包括地理数据和业务数据两类,地理数据部分有地形数据、地面的遥感影像、专题数据以及三维模型数据等;业务数据库存放与业务关系密切的非图形信息(图 1)。

当然,针对不同的实际情况,遥感和视频两种监测手段既可以配合使用,也可以使用其中一种。遥感监测侧重宏观监测,可控区域范围大;视频监测立足于微观监测,林火识别精度高。

### 2.2 系统接口设计

系统设计与外部通信的接口主要有 3 个:遥感定位接口、视频定位接口和气象数据接口。

遥感定位接口负责将“遥感监测系统”监测到的火点坐标信息接收到系统内部,并触发“遥感定位”

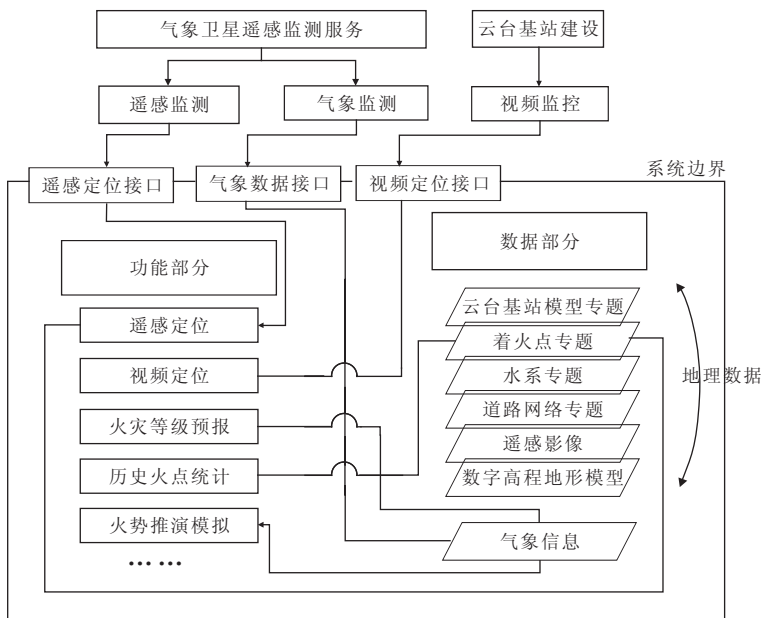


图 1 系统总体方案设计示意

Fig. 1 General structure

功能启动。

在林区视频监控过程中,云台上的摄像头会沿着各个方向摆动,以便扩大监测范围,及时发现火点。通过对连续的视频信号进行辨别、分析,一旦确认火点,就将瞬时的摄像头俯仰角和方位角传送到 GIS 系统,视频定位接口将这些信息接收到系统内部,并触发“监控定位”功能启动。

气象数据接口负责将“气象监测系统”定时获取的气象数据读写到系统内部的业务数据库中,气象信息虽然不直接面向应用,但是在火险等级预报、火势推演分析等应用中具有十分重要的参考价值。

### 2.3 系统功能设计

森林防火监测预警系统围绕“监测、定位”这一核心设计,应用方向包括“遥感定位”、“视频定位”两个核心功能以及“火险等级预报”、“历史火点统计”等辅助功能。

(1)遥感定位。遥感定位功能通过“遥感定位接口”触发,接口向该功能传递火点的坐标信息。通常,传递进来的坐标信息都是地理坐标,即经纬度坐标;而在实际建设的地理信息系统中,地图的显示多采用平面直角坐标。换言之,如果将接口传递的坐标不加处理的直接显示在地图上,不可能得到正确的定位结果。这个处理过程需要用到投影变换,按照地理坐标与其他坐标系、坐标参数的对应关系,将着火点坐标换算为和显示地图一致的坐标,再在地图上显示。通过地形、地貌及其他专题信息,可以很清楚地看到着火点周围的情况,为下一步扑救指挥提供决策帮助。

(2)视频定位。视频定位功能通过“视频定位接口”触发,接口向该功能传递摄像头的标识、俯仰角和方位角。系统根据摄像头标识确定云台及摄像头在地图上的位置,结合俯仰角、方位角模拟出一条射线,这条射线与地形模型的交点(如果有多个交点取最近)即认为是着火点的位置。

(3)火险预报。火险预报根据气象信息计算各个区域的火险等级,在地图上用不同颜色表示。针对火险等级较高的区域,可以作为防火监测的重点。

(4)火点统计。在“遥感定位”和“视频定位”中,一旦确定了火点的位置,系统将在数据库中的着火点专题层添加火点符号。通过对火点分布进行统计,可以发现林火密集的区域,并作为重点防范区。

(5)蔓延分析。蔓延分析根据火点的燃烧位置和燃烧时间,结合当时的气象信息(如风力、风向、湿度等)模拟火势推演情况。在推演过程中还需要综合考

虑地形和周边环境等因素,例如遇到大的河流或水系要绕开,烧到防火隔离带时会终止蔓延等。

### 2.4 系统数据设计

由总体方案设计图(图 1)上看到,森林防火监测预警系统的数据建设分为“地理数据”和“业务数据”两个部分。系统对这两类数据的区分主要是根据其存放位置的不同,地理数据存在于地理数据库中,如 MapGIS、ArcGIS;业务数据则存放于关系数据库中,如 Oracle、SQL Server 等。

(1)地理数据。地理数据即表达空间信息的数据,描述实体的位置、形状,面向实体的空间数据模型(叶亚琴等,2006),在系统中主要表现为 4 类:地形数据、地貌数据、专题数据和模型数据。

地形数据是对林区地势起伏状态的描述和展现。在许多行业的 GIS 系统中,地形数据的引入主要是为了改善视觉效果;但是在森林防火业务中,地形数据十分重要,因为它直接与业务应用息息相关。例如,在计算过火区域时,火线原本沿着山坡蔓延,如果忽略了地势因素(看成平地),着火区域就会扩大到山坡另一侧。在地势起伏越明显的区域,计算误差就会越大。

如果把地形数据看成“支架”,地貌数据则是蒙在支架上的一层“布”。地貌数据表现为该片区域的遥感影像图,通常作为“数字高程模型”(digital elevation model, DEM)的纹理叠加在表面(图 2)。

专题数据根据系统应用的不同需要可以自行定义,在“森林防火监测预警系统”中,需要用到的专题主要有路网专题、水系专题、着火点专题等;如果涉及林区扑救指挥方面的应用,还需要建设扑火队、救火资源、隔离带以及各种林业资源等专题。

在林区中,还有一些特殊类型的地物,虽然也可以用二维专题的形式表达,但是建成三维模型会实

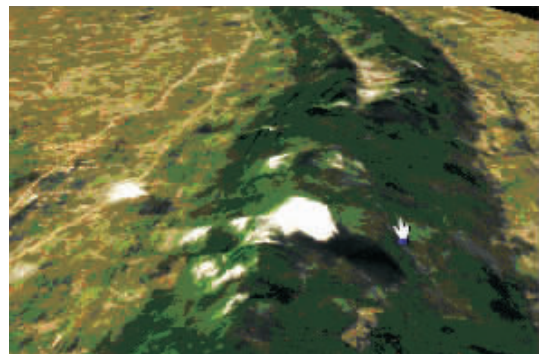


图 2 地形叠加地貌效果

Fig. 2 Geomorphology effect of terrain superposition

现更好的效果,例如云台、房屋、林木等.尤其是云台的高程值,在视频监控定位中十分重要.系统将这类数据统称为模型数据.

(2)业务数据.在本文研究范围内涉及的业务数据比较简单,只有气象信息数据,建设的目的是为了对林火分析提供参考依据.在实际系统建设中,根据应用方向的扩展可以增加其他业务数据.

### 3 主要功能实现思路

根据森林防火监测预警系统的设计方案,在选择不同地理信息基础平台的情况下,实现起来稍有差异.

系统以 MapGIS 7 作为基础平台,该平台提供的海量空间信息管理、多层体系结构、完备的空间分析组件(吴信才和吴亮,2006),以 MapGIS 7-IMS 作为地图发布平台,采用 C/S(client/server)与 B/S(browser/server)相结合的开发模式,受篇幅影响,简单论述主要功能的实现思路.

#### 3.1 遥感影像定位

在遥感影像定位功能中,实现思路包含 4 个步骤:

(1)获得目的投影参数.对着火点进行投影变换时必须知道当前投影参数和目标投影参数,在遥感监测系统中,当前投影的坐标系一般为地理坐标,因此只需知道目的投影参数即可.

MapGIS 中定义的投影转换类主要有 7 个参数需要设置,分别为:分带类型、水平坐标单位、中心点经度、投影类型、椭球参数、地理坐标和投影带号.其中部分参数为枚举类型,系统将这些参数存放于动态数组中,供下一步骤调用.

(2)火点坐标投影变换.知道当前和目的投影参数,输入火点的  $(x, y)$  坐标,调用投影变换函数,返回结果为 OpCPoint2D 类型的对象. OpCPoint2D 是 MapGIS 中定义的点要素类,包含 X 和 Y 两个属性,即为转换之后的火点坐标.

(3)向专题层添加火点.根据火点坐标和着火点专题层名称(或编号),可以将该点添加到地理数据库中,同时在地图上的相应位置显示.

(4)查看火点周边信息.从技术处理的角度,查看火点周边信息可以看成是以火点为圆心,以防火范围为半径,对圆形域内的各种对象进行查询.

系统对查询结果分类显示,可以得到火点的周

边信息,如周围分布的水源地、是否有扑火队、救火物资的分布、林区道路适合走人还是走车等,对于后续的扑救应急指挥有重要的参考意义.

#### 3.2 视频图像定位

通过视频图像定位火点同样需要借助外部硬件设备(如云台)传回参数,一般至少包含两项:方位角和俯仰角.

(1)模拟视线.在三维的森林防火监测预警系统中,云台通常用三维模型表示,因此在数字高程模型上还具有有一定的实际高度.系统在云台上选择一处作为摄像机的位置,根据传回的方位角和俯仰角虚拟一条射线,可看做是摄像机观测火点的视线.

(2)获得交点.在重点防范的区域,会有多个云台从不同方位传回监测参数,通过模拟多条“视线”与数字高程模型交汇的场景,很容易判断可能性最大的火点位置.

对于只有一个云台覆盖的“不可定位区”,同样选择模拟视线与地形模型的交点.具有多个交点时,系统按照远近程度进行排序和显示(图 3).

#### 3.3 火险等级预报

实现火险等级预报功能,分为 3 个步骤(张明初等,2001):

(1)获得气象信息.气象信息是计算火险等级的重要参数,前面曾经说过,气象信息是通过“气象数据接口”直接存储到业务数据库中的,因此获得气象信息只要通过适当的查询语句从数据库提取需要的信息即可.

在系统选取的计算模型中,需要用到的气象信息参数包括:最小湿度、日照时数以及连晴时间,其中连晴时间的计算为过程雨量  $\leq 5$  mm、日雨量  $\leq 2$  mm 且每天日照  $\geq 3$  h 的总日照数.

(2)计算火险等级.系统选择的火险等级计算模

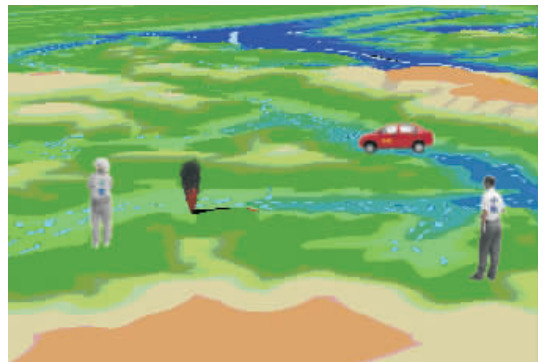


图 3 视频图像定位火点

Fig. 3 Monitoring fire by remote sensing

型为:  $Y = 5.3 - 0.15X_1 + 0.35X_2 + 0.05X_3$ , 其中  $X_1$  为当天最小相对湿度,  $X_2$  为当天日照时数,  $X_3$  为前期连晴。再根据各地林业局的历史统计数据, 按照时间因素和区域因素对该模型进行修订, 最终计算模型为:  $Y = (5.3 - 0.15X_1 + 0.35X_2 + 0.05X_3) \times T_1 \times A_1$ ,  $T_1$  为时间修订参数,  $A_1$  为区域修订参数。

将模型计算得到的数值划分为 5 个范围, 分别对应 1~5 的火险等级, 按照林火燃烧由难到易定义为:

- 1 级: 难燃烧;
- 2 级: 不易燃烧;
- 3 级: 可燃, 不易蔓延;
- 4 级: 易燃, 火势较强;
- 5 级: 极易燃烧。

(3) 地图显示分布。对各区域计算得到的火险等级, 按照预先设置的颜色, 在地图上进行描绘以示区分。

### 3.4 火势推演分析

实现火势推演分析, 需要完成两个操作: 一是获取参数信息; 二是进行推演模拟。其中, 第二项操作需要循环进行。

(1) 获取参数信息。根据选择的推演模型不同, 需要获取的参数信息也有差异。系统选择了王正非 (1992) 提出的林火蔓延模型, 气象参数的获取内容主要包括: 当日最高温、中午风力和相对湿度; 另外, 还要根据可燃物类型、地形坡度等因子查表选取合适的参数值。

(2) 火势蔓延模拟。在提供给模型的参数中, 火灾持续时间是不断变化的, 因此火势蔓延情况应随

着时间推移不断计算 (图 4)。

## 4 结论

本文针对林火监测定位业务中的重点关注问题, 提出了“森林防火监测预警系统”设计方案。该系统的实现综合运用了 RS 技术和 GIS 技术, 并以 MapGIS 地理信息基础平台为开发环境, 具体介绍了遥感影像定位和火险等级预报的实现方法。系统的建立和使用, 不但可以用于森林防火的日常管理, 而且能够利用遥感影像对火情定位以及发布火险等级预报等, 及时了解火灾蔓延情况及其周围的地理和资源环境信息, 在火情信息处理及辅助指挥决策子系统的支持下, 制定合理扑救方案, 实施扑火力量最优配置, 提高扑火效率 (孙欣欣等, 2008)。通过本系统建设可进一步提高森林防火的监测预警能力、提高扑火效率和指挥作战能力, 为解决林业防火提供决策支持, 提高林业信息化建设水平。

## References

- Gu, T. Y., Gu, Y. F., 2009. The forest fire prevention command system in Yongji town based on GIS. *Jilin Forestry Science & Technology*, 38(2): 52-53 (in Chinese with English abstract).
- Sun, X. X., Qi, T. J., Chen, B. L., 2008. Study on GIS-based digital monitoring system for fighting forest fire. *Journal of Zhejiang for Sci. & Tech.*, 28(4): 73-75 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Z. F., 1992. Current forest fire danger rating system. *Journal of Nature Disasters*, 1(3): 39-41 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X. C., 1998. Basic technology and development of geographic information system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(4): 329-333 (in Chinese with English abstract).
- Wu, X. C., Wu, L., 2006. Service-oriented distributed spatial information supporting system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 585-589 (in Chinese with English abstract).
- Ye, Y. Q., Zuo, Z. J., Chen, B., 2006. Orient-entity spatial data model. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(5): 595-599 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, M. C., Deng, X. Y., Peng, Y. F., et al., 2001. Initial study on forest fire risk forecast of Pingxiang city. *Jiangxi Meteorology Science & Technology*, 24(1):

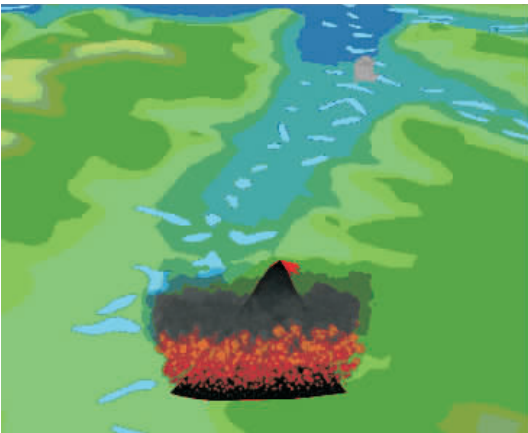


图 4 火势推演模拟效果

Fig. 4 The effect of fire danger rating

42—45 (in Chinese with English abstract).

Zhang, X. F., Zou, C. H., Chen, H. L., et al., 2006. Designing of forest fire disaster preventing system based on remote sensing and GIS techniques in Henan Province. *Meteorological Science and Technology*, 34(1): 107—111 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

顾彤宇, 顾彦方, 2009. 基于 GIS 的永吉县森林防火指挥系统的设计. *吉林林业科技*, 38(2): 52—53.

孙欣欣, 齐同军, 陈白磊, 2008. 基于 GIS 林区防火数字化监控系统设计研究. *浙江林业科技*, 28(4): 73—75.

王正非, 1992. 通用森林火险级系统. *自然灾害学报*, 1(3): 39—41.

吴信才, 1998. 地理信息系统的基本技术与发展动态. *地球科学——中国地质大学学报*, 23(4): 329—333.

吴信才, 吴亮, 2006. 面向服务的分布式空间信息支撑平台. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 585—589.

叶亚琴, 左泽均, 陈波, 2006. 面向实体的空间数据模型. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(5): 595—599.

张明初, 邓学友, 彭义峰, 等, 2001. 萍乡市森林火险(火灾)预报方法初探. *江西气象科技*, 24(1): 42—45.

张雪芬, 邹春辉, 陈怀亮, 等, 2006. 基于遥感和地理信息系统的河南省森林防火系统. *气象科技*, 34(1): 107—111.