

文章编号: 1000-2022(2004) 05-0688-07

ArcInfo 下卫星遥感火点空间定位算法研究

殷剑敏

(江西省气象科学研究所, 江西 南昌 330046)

摘 要: 应用 ArcInfo 地理信息系统和 MapObjects 组件空间分析技术、数据库技术, 对森林火点 卫星遥感信息的地理定位技术进行了研究, 结合 1: 250 000 地理信息数据, 研制了快速获取火点周围地理信息的技术流程及计算方法, 开发了业务化系统, 实现了自动化操作。尤其在多火点的情况下更能显示出其优越性, 相同情况下, 比手工地理定位提高了定位精度, 工作效率提高了 10 倍以上。投入业务运行以来, 在森林防火工作中发挥了重要作用, 为火点监测赢得了时间, 取得了明显的社会效益。

关键词: ArcInfo; 空间定位; 算法; 卫星遥感; 森林火点

中图分类号: S429 **文献标识码:** A

森林是地球生态系统的重要组成部分, 近年来, 由于气候变暖等原因, 森林火灾发生频率趋于增加。森林火灾不仅造成巨大的经济损失, 而且还会导致生态和灾害链后果, 因此, 对林火行为的研究, 具有重要的理论意义及生产实用价值。国内外早期对火险天气等级的气象预报做了大量的研究, 取得了许多可投入业务使用的研究成果^[1-7]。近年来, 许多学者开始应用地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS) 等高新技术, 对森林火场的蔓延、火场周边气象条件的变化及灾后损失评估作了大量数值模拟研究^[8]。利用遥感技术监测森林火灾, 国外始于 20 世纪 60 年代初期的航空红外探测, 而在国内, 从 80 年代末开始广泛运用时间、空间分辨率相对较高的极轨气象卫星对森林火灾进行了实时动态监测。卫星遥感具有范围大、视野广、迅速、准确等特点, 并能提供火点的经纬度、火灾面积、火点性质(燃烧区、过火区、亚像元等)等火场信息, 目前气象部门已广泛应用极轨气象卫星监测森林火点, 并开发出相应的森林火点卫星遥感处理软件^[9-10]。但仅依靠卫星遥感技术监测森林火点, 长期以来一直存在火点的地面定位问题, 因为它只能自动判读森林火点的经纬度, 还要人工在地图上查找具体位置后才能对外提供服务。这种方式存在以下缺点: 人工查找地图速度慢, 尤其是查找大比例尺的高精度地图则更不方便; 人工查图误差大, 容易出错; 信息量少, 满足不了当前防火服务需求; 信息没有数字化, 不能迅速利用现代通信手段对外发布。

地理信息系统具有强大的空间信息管理和分析计算功能, 有关部门已经将它应用于 110

收稿日期: 2003-09-02; 改回日期: 2003-12-30

基金项目: 江西省科技厅“江西省森林火险监测预警系统研究”项目; 江西省气象局“森林火点卫星遥感地理定位研究”项目

作者简介: 殷剑敏(1962-), 男, 江苏常州人, 高级工程师, 博士生, 研究方向: 地理信息系统在气象上的应用研究。

警情指挥系统和 119 城市火警指挥系统^[1],而在用 GIS 技术对卫星遥感获取的森林火点进行地理准确定位研究和技术开发方面尚未见报道。

要解决上述问题,提高决策服务质量,只有充分运用地理信息系统的空间分析功能,在 GIS 开发环境中开发出地理信息快速查询系统,并实现以下功能:当卫星资料处理完后,能立刻找出火点所在市、县、乡和村庄名,以及火点的坡度、坡向和海拔高度,并提供关于遥感监测的燃烧林种、火点周围的道路交通和附近河流水库等情况的信息,以便于其他系统进一步加工处理和发布。

1 资料来源

火点资料为中国气象局卫星中心开发的极轨卫星遥感监测处理系统提供的火点监测信息。本系统将卫星接收处理的火点信息存入如表 1 所示的数据库中。

地理信息资料分为 3 大部分:一是国家测绘局提供的江西省 1: 250 000 数字化地理数据,内容包括:市县行政边界、交通(国道、省道、县乡道)、水系(线状、面状)、居民点(市、县、乡镇、村);二是江西省测绘局提供的 1: 500 000 乡镇行政边界;三是根据等高线生成的全省数字高程、坡向、坡度以及用资源卫星资料解译得到的全省林种分布等栅格数据。矢量数据以 ArcInfo 的 e00 或 Coverage 格式存放,栅格数据以二进制格式存放。为满足防火部门的需要,本系统所需的地理信息数据库内容如表 2 所示。

表 1 火点遥感信息数据库结构

Table 1 The structure of fire-point sensing information database

字段名称	类型	备注
监测日期	日期型	极轨卫星遥感日期
监测时间	字符型	极轨卫星遥感时间
火点性质	文本型	着火区、过火区、亚像元
像元总数	整型	火点占像元个数
火点面积	实型	单位:hm ²
纬度	实型	度分制
经度	实型	度分制
三通道亮温	实型	单位:℃
点矢量文件名	文本型	Shp 文件名

表 2 地理信息数据库内容

Table 2 Contents of geographic information database

数据类型	数据内容	数据格式
面	市、县、乡级行政边界,江、河、湖、库等水系	ArcInfo 的 e00 或 Coverage 格式
线	江、河水系,铁路、国道、省道、县、乡道路	ArcInfo 的 e00 或 Coverage 格式
点	市、县、乡、村级居民点	ArcInfo 的 e00 或 Coverage 格式
栅格	数字高程、坡向、坡度、林种分布	二进制格式

表 2 中的地理信息数据库结构可参考国家测绘部门的有关数据格式规定,这里不再叙述。其中栅格数据包括文件头和主文件,其文件头内容如表 3 所示。

表 3 栅格数据文件头数据结构

Table 3 File-head structure of grid data

字段名称	数据类型	字段名称	数据类型	备注
左上角 X 坐标	实型	主文件数据类型	字符型	Byte, integer
左上角 Y 坐标	实型	文件行数	整型	
数据空间分辨率	整型	文件列数	整型	

据库, 不同县的地理信息数据存放在不同目录下, 同时建立县级地理信息数据库的索引库(表略), 通过索引库即可迅速得到每个县的地理数据存放的地址。当获得 1 个新火点的 Shp 文件时, 首先与全省县级行政边界数据库进行空间运算, 得到该火点所属的县名; 再通过索引库获得该县地理信息数据库的地址和文件名, 并将火点文件与该公司的地理信息数据库作进一步计算分析。这样虽然增加了数据库的数量和计算步骤, 但根据试验比较, 计算效率可提高几十倍。

3 火点空间地理信息数据库

火点空间地理信息数据库的创建也是本系统的关键技术之一。在火点遥感信息数据库(表 1) 中的每一条记录, 即每个火点通过创建 1 个 Shp 文件(ArcView 数据格式, 实际上它就是 1 个空间数据库) 来建立该火点的空间地理信息数据库。其文件名用表 1 中的前 2 个字段命名, 存放在相对固定的路径中。其数据库结构如表 4 所示。

表 4 火点地理背景数据库结构
Table 4 The structure of fire-point geographical background database

序号	字段名称	类型	备注
1	火点所在市名	文本型	
2	火点所在县名	文本型	
3	火点所在乡名	文本型	
4	火点临近村庄	文本型	
5	与临近村庄的方位	文本型	16 方位制
6	与临近村庄的距离	实型	(单位: km)
7	火点临近公路	文本型	
8	火点临近水库	文本型	
9	燃烧的主要林种	文本型	
10	火点坡向	整型	0 ~360 °
11	火点坡度	整型	0 ~90 °
12	火点海拔高度	整型	

为减少数据冗余, 表 1 和表 4 合起来便可构成每个火点的遥感和地理信息的全部内容。两者通过文件名形成关联, 并一起提供给产品发布系统。火点空间地理背景信息数据库(表 4) 是在省、县级地理信息数据库(表 2) 基础上经过一系列空间分析计算出来的, 是它的子集。

4 空间计算

随着数字信息及通讯技术的发展, 以空间数据库为基础、以 GIS 的空间分析技术为核心的对各种实时空间信息动态获取的需求应运而生, 并在各个部门得到广泛应用^[11]。对遥感得到的森林火点, 在县级 1: 250 000 地理信息数据库基础上, 应用 ArcInfo 或 MapObjects 的空间分析功能, 可以实时获取火点周围的地理信息。

4. 1 点一面查询

为了计算每个火点属于哪个面(市、县、乡) , 首先将火点与全省市界运算, 得到火点属于那个市; 再与全省县界运算, 可得到火点属于那个县; 通过索引数据库(表略) , 得到该县地理数据库的存放路径和文件名; 再与该公司的乡界运算, 可得出火点属于哪个乡。在 ArcInfo 平台中用

IDENTITY 命令可方便地实现点—面计算,其计算命令如下

IDENTITY < in_ cover > < identity_ cover > < out_ cover > POINT # JOIN。(1) 命令中,< in_ cover > 是点层,本文为每个火点的地理信息数据文件;< identity_ cover > 是面层,本文为全省市、县级及每个县的乡级行政边界地理信息数据文件;< out_ cover > 为计算结果。图 2a 为南丰县的乡界,图 2b 为 2003 年 3 月 11 日该县卫星监测到的 1 个火点位置(已经转成 GIS 文件),图 2c 为经过(1)式计算的结果。可以看出,经过 2 个空间数据库的 JOIN 计算,从火点空间地理信息数据库中获得了火点所在乡的名称。

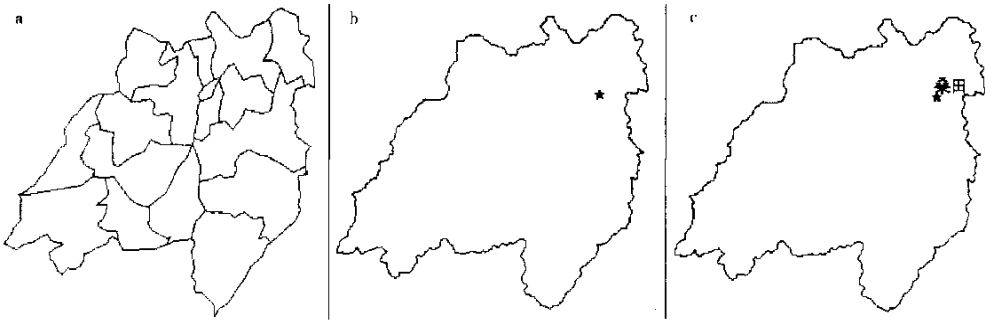


图 2 南丰县乡界(a),2003 年 3 月 11 日火点位置(b)和点—面计算结果(c)

Fig. 2 Village boundary in Nanfeng county(a), position of fire-point on 11th Mar. 2003(b) and calculated results of the point/area of the fire(c)

4.2 点—线计算

为了给灭火工作提供更多有用的信息,用点—线计算功能可计算出每个火点最近的国道、省道、县乡道等道路交通信息,还可以计算出最近的江河等线状水系。如已知南丰县公路地理信息数据和遥感监测到的 1 个该县森林火点(图 2b),这些信息均为 Coverage 数据。在 ArcInfo 平台中,计算离火点最近的公路(名称)用命令(2)即可,

火点临近公路(名称) = Min[< 火点_ cover > .distanceto. < 道路_ cover(k) >]。(2) 命令(2)中,k 在 1 到道路数之间变化。然后把临近公路名称、最短距离用 update 命令存入火点空间地理信息数据库相应的字段内。

4.3 点—点计算

本文进行点—点运算的目的是在已知乡镇村居民点地理信息数据库和遥感监测到的该县森林火点(两者均为 Coverage 点层数据或者 Shapefile 文件格式)的情况下,如何计算离火点最近的居民点(名称),同时计算离最近的居民点的距离和方位角。

计算火点最近的居民点(乡、镇、村)时,在 ArcInfo 平台中只能以距离来衡量。前面在点—面计算中已经计算了火点属于的乡名,但由于本文的地理信息数据库是以县为单位建立的,在计算时火点数据只能跟全县的居民点地理信息数据一起计算,而该信息库中没有该村属于那个乡的信息。因此,当火点在某个乡的边界附近时,计算出的离火点最近的居民点可能是其他乡的村,这样容易引起信息混乱,必须将计算出的离火点最近的居民点用(1)式与该县的乡界再作 1 次点—面运算。若火点最近的村庄不属于火点所在的乡,则应在村庄名前加上它所在的乡名,以避免行政指挥灭火时的混乱。点—点计算命令为

火点临近村庄(名称) = Min[< 火点 cover > .distanceto. < 居民点 cover(k) >]。

(3)

命令(3)中, k 在 1 到居民点数之间变化。即可计算出临近居民点名称、最短距离等空间地理信息。由于火点和最近居民点都有经纬度坐标, 并且在距离很近时经纬度坐标可看作直角坐标, 因此, 火点与最近居民点的方位角用公式(4)计算即可。

$$\theta = \arctan[(y_2 - y_1)/(x_2 - x_1)]。$$

(4)

其中, (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 分别为最近居民点和火点的地理坐标, θ 为火点与居民点的夹角, $0 \leq \theta \leq 360^\circ$ 。把它化成八方位制, 则

$$\text{方位} = \text{int}(\theta/45) + 1。$$

(5)

最后把最近居民点名称、离最近居民点距离、方位用 update 命令存入火点空间地理信息数据库中。

4.4 点—栅格数据查询

火点所在海拔高度、坡度、坡向、林种等信息, 必须经表 2 提供的栅格文件计算查询, 并根据火点位置(坐标)和栅格数据的文件头, 由(6)式计算火点所在位置的栅格数据属性。

$$P(x, y) = F(x_0 + (x - x_0)\Delta x, y_0 + (y - y_0)\Delta y)。$$

(6)

式中, $P(x, y)$ 为火点位置 (x, y) 处的栅格数据属性, (x_0, y_0) 为栅格数据左上角坐标, $\Delta x, \Delta y$ 分别为 x 方向和 y 方向的分辨率, F 为栅格数据文件。

由于目前极轨卫星遥感得到的火点位置坐标精度为 $1.1 \text{ km} \times 1.1 \text{ km}$, 因此, 可把高分辨率的栅格数据重采样成 $1.1 \text{ km} \times 1.1 \text{ km}$ 分辨率, 以提高计算速度, 但得到的属性数据精度会下降; 或者用 1 个火点得到若干个栅格数据属性后, 再进行适当分析, 确定火点位置的最终属性。

4.5 计算实例

图 2b 中, 2003 年 3 月 11 日卫星监测到的火点信息为: 116 41 E, 27 15 N, 火点为着火区, 面积为 3.3 hm^2 。经过公式(1)~(6)的空间分析计算, 该火点的地理信息结果如下: 火点位于抚州市南丰县桑田乡桃陂村东北方向 2.4 km, 火点海拔高度为 347 m, 坡向为西南, 坡度为 28.2° ; 燃烧林种为针叶杉木林。

5 结 语

(1) 本文应用地理信息系统空间分析技术和数据库技术, 研究了对卫星遥感的森林火点进行快速地理定位的技术方法, 并在此基础上用 MapObjects、ArcInfo 的 AML 等语言开发了火点地理定位系统, 经投入业务运行, 效益明显。

(2) 本文研究的技术方法可推而广之, 如与闪电定位仪采集的数据相结合, 同样可用于雷电灾害的快速地理定位; 与多普勒雷达等其他大气探测数据结合, 可用于冰雹、龙卷等突发性灾害的快速地理定位, 为防灾救灾、灾害损失评估等提供技术支撑。

(3) 国内外地理信息系统开发平台很多, 本文对各种开发平台的优缺点没有进行比较。

(4) 需要对最终的火点空间地理信息数据库进行进一步应用开发, 如手机短信自动发布、网页自动生成、灾情信息的网络自动传输等。

(5) 本系统还可利用火点周围的自动气象站资料, 用数值模拟方法推算火场的风向、风速、气温等气象数据, 并计算火势蔓延的方向和速度, 连同本文计算的火点地理信息一同提供给有关部门, 可为灭火提供更加完整的决策服务信息。

参考文献:

- [1] 臧伟运, 李志, 陈丽萍. 几种森林火险预报方法比较与应用[J]. 森林防火, 1997, 53(2): 19-20.
- [2] 黄厚康, 林继生, 熊燕辉. 广东省森林火险等级的评价模式[J]. 热带气象学报, 1995, 11(1): 66-72.
- [3] 吕晋文, 卢柏威. 广东省森林火险天气预报系统简介[J]. 森林防火, 1994, 43(4): 29-30.
- [4] 陕西省五级森林火险预报课题组. 五级森林火险多因子综合识别预报模型[J]. 陕西气象, 1999, 6(2): 28-30.
- [5] 傅泽强, 孙启宏, 蔡运龙, 等. 基于灰色系统理论的森林火灾预测模型研究[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 95-100.
- [6] 余兴第, 张景群, 王得祥. 安康地区森林火险与天气变化关系的分析[J]. 森林防火, 1995, 45(2): 30-32.
- [7] 谭骏珊, 朱明娥, 汪斌. 森林火灾智能预报系统的设计和应用[J]. 中南林学院学报, 2001, 21(3): 83-85.
- [8] 朱启疆, 高峰, 张振威. GIS 支持下森林火场蔓延的空间模拟[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 81-88.
- [9] 王保生, 肖金香. 江西省森林火险气象卫星遥感监测的应用研究[J]. 江西农业大学学报, 1996, 18(3): 299-304.
- [10] 赵宪文. 森林火灾遥感监测评价—理论及技术应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [11] 陈彻, 石敬铭, 郝凤江, 等. 以地理信息系统为核心的各类监控指挥中心的解决方案[C]. 第 4 届 ArcInfo 暨 ERDAS 中国用户大会论文集. 北京: 地震出版社, 2000: 240-261.

A Spatial Positioning Algorithm for Forest Fires Based on ArcInfo GIS

YIN Jian-min

(Meteorological Science Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China)

Abstract: Based on the spatial analysis and database technology of the MapObjects and ArcInfo geography information system, the geographical positioning technology for satellite remote sensing information of forest fire-points is studied. By use of 1: 250 000 geographic data, the technical process and calculations are developed for obtaining quickly geographical information near fire-points in a automatic operational system. Compared with manual geographical positioning, it improves the position accuracy and efficiency for more than ten times in the case of multi-fire points. After running in operation, it has played an important role in forest-fire prevention because it earns time in monitoring forest fire-points and thus gains obvious social and economical benefits.

Key words: ArcInfo; spatial positioning; algorithm; satellite remote sensing; forest fires