

城市火灾预测咨询系统

陶冶 (上海同济大学 200092)

摘要:本系统根据灰色系统理论,为城市火灾行为提供科学可靠分析,进行火灾预测,是有效的城市火灾防治及减灾对策的科学依据。此系统基于地理信息系统(GIS),做到了良好的动态图型界面和人机对话环境,为政府部门、消防、房管、保险公司提供了科学防火数据,对预防和减轻火灾灾害有着巨大的社会和经济效益。

关键词:火灾 灰色系统理论 预测 损失 GIS

众所周知,按灰色系统理论,称信息完全明确的系统为白色系统,信息完全不明确的系统为黑色系统;信息部分明确,部分不明确的系统称为灰色系统。火灾的发生受众多因素的影响,有人为的、自然的,但各因素的作用情况并不十分明确,实际上也不可能明确,故灾变系统属信息不完备系统,火灾灾变系统属灰色系统。

灰色模型的一般形式是 $GM(n, h)$, 其中 n 为模型新建立的微分议程的阶数, h 为变量个数。而基于灰色理论的 $GM(1, 1)$ 模型的预测,称灰色预测,该预测方法已广泛应用于经济、农业、气象、社会、生态、水利等领域。

本系统是基于 $GM(1, 1)$ 模型的灰色预测算法,对全国大中城市火灾进行分析预测、汇总,得出后几年全国大中城市火灾发生频率,死伤人员和火灾经济损失数据,为各级政府、消防、城市规划等部门提供决策依据。

一、地理信息系统(GIS)

1. GIS 概念

地理信息系统(简称 GIS)是储存和处理与地理空间分布有关信息的集合,它是以计算机为基础的输入,储存、查询、分析,表达地理信息的综合性技术。把事物的空间位置,以及有关的文字属性信息存入数据库中,建立起相互联系,提供查询,分析工具,并以专题地图的方式表达出来,是 GIS 技术的核心。

2. GIS 的功能

(1)GIS 反映事物地理空间位置的信息,可称为空间位置数据,也常称为地图数据,图形数据,它将点、线、面、三维表面储在计算机中,成为事件的空间数据。

(2)反映了事物地理位置有关的其他特征的信息,可称专题属性信息或专题属性数据,也称文字数据,非图形数据。图 1 说明了地理信息的处理过程及其和外部世界的关系。

3. MapInfo

MapInfo 软件首次将地图信息系统的概念介绍到普通桌面 PC 机上,在传统信息系统中,数据主要保存在数据库中。以往人们都十分重视数据的时间属性,而实际上,我们存储在数据库中的信息 85% 以上都具有地理属

性。我们可以手工地利用这些属性来将数据标在纸地图上,而通过 MapInfo 将这些数据叠加在电子地图上,并且将 MapInfo 地图中的地图对象与数据库中数据建立联接关系。这样,通过 MapInfo 就可实现地图与数据库的双向查询,并通过 MapInfo 的地理分析功能解答问题。

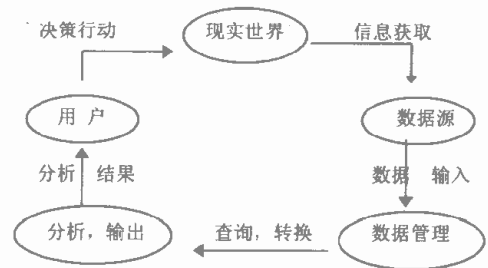


图 1 地理信息系统整个处理过程

通过 MapInfo, 地图已经不仅是简单的图形,而成为一种新的数据类型——空间数据。利用数据库中数据的空间关系,各种来源的数据表可结合在一张地图上以供分析,而这正是数据仓库的一种。

4. GIS 应用的必要性和可能性

(1) 信息管理。火灾的预防和预测中,要处理大量的空间数据和属性数据,在二者之间交互查询。另外,还要进行空间分析,管理决策,这些方面的功能 GIS 都能胜任。

(2) 信息量的要求。城市建设的高速发展,使得城市空间信息在数量上急剧增加,火灾产生的比例提高,火灾预测资料收集难度加大,传统的基于手工的信息的管理模式已无法适应城市发展的需要。

(3) 快速查询要求。GIS 可以把存储于数据库的空间数据,根据用户的要求,正确迅速提供给用户,并能从地图上直观动态反映各种属性。

(4) 数据管理的要求。一般的事务管理用的 DBMS 与 GIS 比较,它不适合直接管理空间数据,不提供有关空

间位置的查询功能,没有复杂图形显示功能,存储,处理空间数据的功能。

(5) 火灾预防预测要求。通过 GIS 能够在网上直观可靠地把这些信息传递给各职能部门,资源得到共享,有利于预防和采取措施,使损失减到最低限度。

综上所述,将 GIS 技术引入火灾灾害预测及减灾对策领域,建立城市火灾灾害预测及减灾对策系统是十分必要的,进行 GIS 在火灾灾害预测及减灾对策系统中的应用研究有其重要的现实意义。

二、算法实现

1. 可视化系统界面 (Visual System Interface)

(1) 可视化界面的建立。以往软件的图形界面一般是静态的,而本系统利用 Mapinfor 的特性,可以建立动态的图形界面。

(2) China. map 中与各个 Object 相关联的 table, Table 的结构。

表 1

字段	类型	字长
ID	Smallint	6.0
对象名	String	30

2. 火灾数据库

火灾数据库的库结构。

表 2 城市库的库结构

字段	类型	字长
ID	Smallint	6.0
城市名	String	30
所属省份	String	30
city - dbf	String	10

表 3 城市火灾损失库主要字段

字段	类型	字长
年份	String	4
火灾发生率	Int	6
火灾死亡人数	Int	6
火灾受伤人数	Int	6
火灾损失	Int	12

每个城市都有一个损失库。

3. 动态界面的激活过程

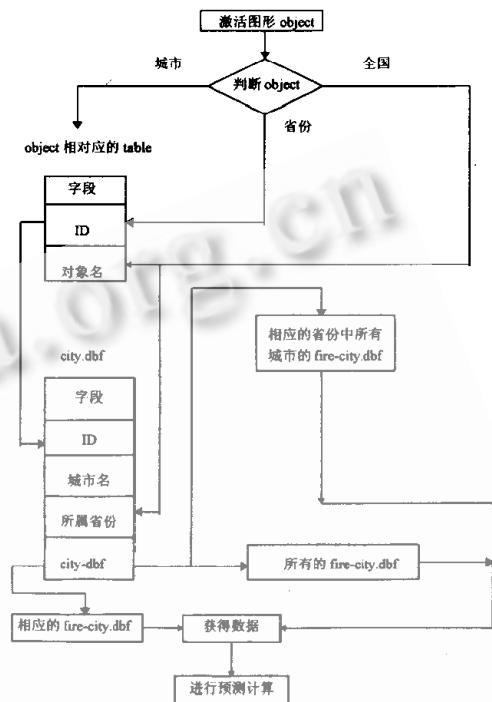


图 2

4. GM(1,1)模型构造原理

建立 GM(1,1)模型,只需一个非负数列 $x^{(0)}$,其基本算式如下:

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \dots (2-1)$$

作数列的 $x^{(0)}$ 一次累加生成,即

$$x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m) \dots (2-2)$$

记 $x^{(0)}$ 的一次累加生成数列为 $x^{(1)}$,有:

$$x^{(0)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \\ = (x^{(0)}(1), x^{(1)}(1) + x^{(0)}(2), \dots, x^{(1)}(n-1) + x^{(0)}(n)) \dots (2-3)$$

上述得到的模型实质上是累加模型,为了使用方便还应通过一次累减生成数据还原,即 $x^{(1)}(i)$ 还原为 $x^{(0)}(i)$ 。

$$x^{(0)}(i) = x^{(1)}(i) - x^{(1)}(i-1) \dots (2-4)$$

其中 $i = 1, 2, \dots, n$

5. 模型的精度检验

用灰色理论建模,一般都采用三种检验方式,即残差

大小检验、后验差检验、关联度检验。残差大小检验,是模型精度按点的检验,是一种直观的算术的检验;关联度检验是根据模型曲线与行为数据曲线的几何相似程度进行检验,是一种几何检验;而后验差检验是按照残差的概率分布进行检验,属统计检验,本文采用后者检验模型的预测精度。

首先定度预测误差 ϵ_i

$$\epsilon_i = x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i) \quad \dots\dots(2-5)$$

其中 $i = 2, 3, \dots, n$

后验差检验的内容是:根据 ϵ 的大小考察偏差(预测误差)较小的点出现的概率,以及与预测误差方差有关指标的大小。后验差检验所依据的数据有:

·观测数据(原始数据)均值

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x^{(0)}(k) \quad \dots\dots(2-6)$$

上式中, N 为数据个数;

·观测数据方差

$$S_1^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x^{(0)}(k) - \bar{x}^{(0)})^2 \quad \dots\dots(2-7)$$

·预测误差均值

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_k \quad \dots\dots(2-8)$$

上式中, n 为预测误差数据的个数,一般 $n \gg N$;

·预测误差方差

$$S_2^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^n (\epsilon_k - \bar{\epsilon})^2 \quad \dots\dots(2-9)$$

·后验差比值 C

$$C = \frac{S_2}{S_1} \quad \dots\dots(2-10)$$

·小误差频率 P

$$P = P\{|\epsilon_k - \bar{\epsilon}| < 0.6745S_1\} \quad \dots\dots(2-11)$$

根据 p 与 c 大小,可将预测精度分为“好”,“合格”,“勉强合格”,“不合格”四类,各类的 p, c 限值见表 4。

表 4

预测精度等级	p	c
好	>0.95	<0.35
合格	>0.80	<0.50
勉强合格	>0.70	<0.65
不合格	≤ 0.70	≥ 0.65

6. 残差 GM(1,1) 模型

如果按原始数据建立的 GM(1,1) 模型检验不合格或结果不满意,可以考虑建立残差的 GM(1,1) 模型,对原模型进行修正,以便提高预测精度。

三、程序结构框图如图 3 所示:

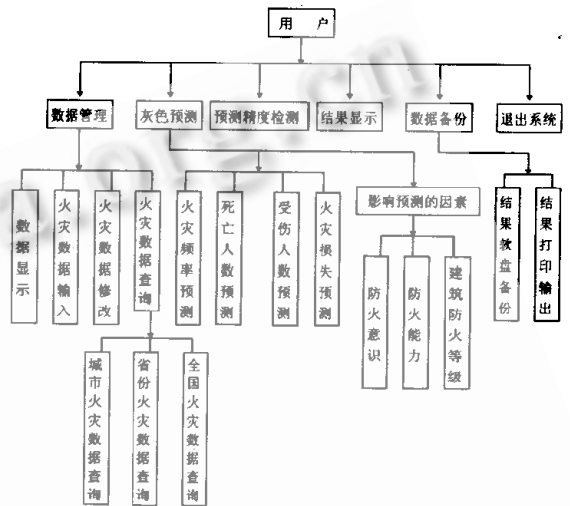


图 3

四、结束语

本系统是针对汕头市损失预测而研制的,为汕头市火灾损失预测而研制的,在汕头市城市火灾损失预测中取得了好的效果,预测结果准确可靠,有实际意义和应用价值。

本系统是为国家自然科学基金课题《汕头市城市火灾灾害预测及减灾对策研究》而开发的,应用灰色系统理论,对汕头市火灾损失预测研究是可行的,实用价值较高,对政府部门的决策和城市规划建设防火防灾将起很大的作用。应用前景广泛。

参考文献

- [1] 邓聚龙《灰色控制系统》中南理工大学出版社 1985 年 8 月。
- [2] 秦效启 钮宏 马云凤等《汕头市火灾损失预测初探》、《自然灾害学报》1995 年 4 卷增
- [3] MAPINFO USER MANUAL

(来稿时间:1998 年 4 月)