

城市区域火灾风险管理专家软件系统的 开发与应用

黄天华^{1,2}, 伍爱友^{2,3}, 施式亮³

(1. 湘潭市消防支队, 湖南 湘潭 411000; 2. 河南理工大学 河南省煤矿瓦斯与火灾重点防治实验室, 河南 焦作 454000;
3. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:目前,我国在城市区域火灾风险管理理论与方法的研究上不断深入,然而在火灾风险管理的专家软件系统的建设与应用上的研究较少.论文在简要介绍了国内外对火灾风险管理专家软件系统的研究现状的基础上,根据我国城市区域火灾风险管理的特点和要求,提出了城市区域火灾风险管理的专家软件系统的设计方法与功能需求;采用 Delphi7.0 开发工具编写程序.该系统在功能上既能满足火灾风险管理的需要,又具有良好的人机界面.将其应用到某城市的火灾风险管理实践过程中,验证了该系统达到了对火灾风险进行专家化、智能化管理的功能要求,有力地推动了我国消防安全管理信息化与程序化发展.

关键词:消防工程;火灾风险管理;设计思想;Delphi7.0;软件开发

中图分类号:TUB892

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2014)01-0053-06

Development and application of expert software system for administrating regional fire risk in ubran area

HUANG Tian-hua^{1,2}, WU Ai-you^{2,3}, SHI Shi-liang³

(1. Xiangtan City Fire Brigade, Xiangtan 411000, China;

2. Henan Key Laboratory of Coal Mine Methane and Fire Prevention, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

3. School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: At present, research on regional fire risk management theory in our city is very mature, but the expert system is more lack of in construction and application. Aiming at the characteristics and requirement of region fire risk management in our country city, Delphi7.0 was used to developed development program, based on a brief introduction and absorption of existing research results, the characteristics, design method and function demand of city regional fire risk management expert software system was proposed. This system not only meets the needs of fire risk management in functions, but also has good man-machine interface. This system was run demonstrated on fire risk management, it indicated that the system has functional requirements in urban fire risk management and provide practical reference and value for china's fire safety management.

Key words: fire engineering; fire risk management; design concept; delphi 7.0; software design

改革开放以来,我国的经济建设与城市化进程取得举世瞩目的成就,但城市灾害也日益显出.其

中,火灾被列为中国城市的头号威胁^[1].虽然火灾事故从发生概率、死亡人数等统计指标来看要远低

收稿日期:2013-09-19

基金项目:河南省煤矿瓦斯与火灾防治重点实验室开放课题项目(HKLG201102);国家自然科学基金资助项目(51274100, 511740890)

通信作者:黄天华(1966-),男,湖南常德人,高级工程师,主要从事防火监督审查与管理研究. E-mail:244011288@qq.com

于交通事故,但它容易造成一连串严重的后续反应,除了人员伤亡与财产损失导致的后续效应之外,更突出表现在基础设施破坏以及整个城市区域生产和经济系统的紊乱.建立一套从风险辨识、分级、评估、预警到对策等一体化的专家管理系统,成为防治城市区域火灾并采取预防措施的有效手段.

上世纪 70 年代,美国国家标准技术研究院(原美国国家标准局)火灾研究中心与美国健康和公共事业部就已经合作开发出了火灾安全评估系统(Fire safety evaluation system, FSES),它与美国消防协会(National fire protection association, NFPA)生命安全规范(NFPA101-2012)大致相同,主要针对一些居民区与公共机构,为防火安全提供了一种动态的决策方法^[2].通过 40 多年的不断改进与完善,本系统已被成功推广到美国各大保险评估公司和消防救援机构,社会效益与经济效益显著.我国近年来也有诸多学者在这方面进行了深入的研究与探索.李杰、宋建学以城市的建筑面积、建筑容积率、城市人口密度为主导参量,建立了城市火灾危险评价模型^[3];翁韬、廖光煊以火灾风险等级划分原则与标准为基础,从人工智能的角度出发,设计出了火灾风险等级专家系统评估结构^[4];佟志军、张继权等人针对草原火灾的特殊性,探讨了 GIS 在草原火灾智能识别与风险管理中的具体应用^[5]……以上这些研究成果都较好地应用到了各自的领域中,但其服务对象单一,很难满足火灾风险管理的系统性与全面性要求.

论文以火灾风险管理的内容与必须获得的需求为目标,以广泛收集和分析的消防统计资料为数据支持,提出面向评价对象库与专家知识库的软件设计方法.其运行机制为:整个实践活动主导为评价理论专家系统,实施途径为基础数据的存取与管理,整个实践活动的工具支持与安全保障为后台服务系统.该机制确保了专家软件系统的准确、快速、高效运行.

1 火灾风险的概念及火灾风险管理的内容

1.1 火灾风险的概念

火灾风险的定义可以表达为:火灾发生的可能成为现实以及导致人身伤亡或财产损失的严重程度.该定义对火灾风险进行了 2 个方面的参数描

述^[6]:1) 火灾发生的可能性大小(即火灾发生的概率 P);2) 火灾发生的严重程度(即火灾所造成的后果 C).该描述表明火灾风险 R 是火灾发生的可能性及其严重程度的函数,即:

$$R = f(P \cdot C).$$

1.2 火灾风险管理的主要内容

火灾风险管理是指如何在一个肯定有火灾风险的环境里把火灾风险减至最低的管理过程.定义火灾风险管理当中包括了对火灾风险的识别、量度、评估和应变策略.具体内容如图 1 所示.火灾风险决策指的是当火灾风险要素与种类被识别、风险概率被估计,以及风险大小被评价并量化得出风险等级后,就要选择比较多种科学合理的风险管理技术,或将这几种管理技术有机结合的过程.应当指出的是:当一个火灾风险管理周期被决策并执行后,仍需要大量的信息反馈以检验火灾风险管理效果,以此确定决策方案的正确性与可行性,并及时发现新的风险要素,以便指导火灾风险管理的科学执行.

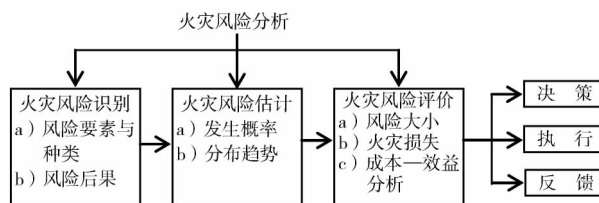


图 1 火灾风险管理的内容

2 专家软件系统的功能分析

城市区域火灾风险管理系统开发的目的主要表现在掌握火灾发展动态、提高消防管理水平、制订消防救援决策方案等几方面,至少能实现数据查询、风险评估、趋势预测、重点消防隐患单位管理等功能.

2.1 需求分析

根据城市区域火灾风险管理的目的与功能,系统的具体需求要点如下:

1) 具有良好的人机交互界面,权限分配功能合理,支持多人操作;

2) 能自动生成唯一的火灾数据代码;火灾数据的 4 项统计指标及重点消防隐患单位的基本数据资料都具备查询、修改、添加、删除等功能;

3) 有火灾风险评估专家知识库与基础数据库并形成评估语集对全区域火灾风险状况进行动态评估;能根据不同的需求目标对火灾统计指标进行趋势预测,得出未来发展态势;

4)为消防救援提供智能化决策依据,包括火灾性质判定、火灾规模预估、灭火救援力量准备、最佳消防进攻路线选择等方面。

2.2 可行性分析

任何一个专家软件系统的开发与应用,必须以用户对象的需求为根本,对所提供的资源与时间条件进行可行性分析,以便最大限度地节约人力、物力与财力,减少项目开发、运行与维护所带来的风险。

本系统后台数据库采用基于 Windows 的 Microsoft SQL Server 2000 开发系统,该数据库系统在远程访问与执行的安全与准确性,数据索引的查询与更新等方面具有绝对的优势,且处理数据容量大,效率高;开发工具采用 Delphi7.0,通过 ADO (Active Date Object)访问数据库,其优点是可移植性好,几乎可以在任何支持 COM 和 OLE 的服务器操作上使用,且兼容其他所有的数据库系统(如 Access,Oracle 等)。

2.3 功能框图

城市区域火灾风险管理系统功能框图如图 2 所示。

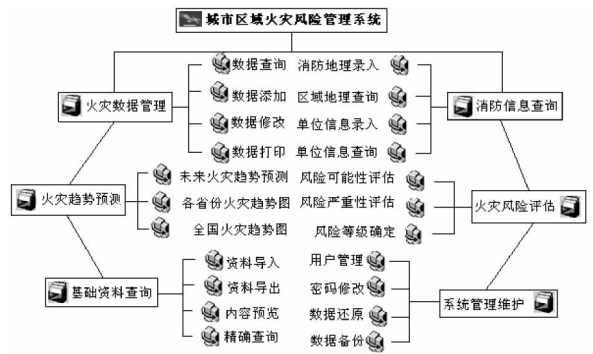


图 2 系统结构图

3 专家软件系统的建设过程

3.1 系统的运行流程

为了维护后台系统数据安全,防止非法用户恶意入侵,系统启动后,根据用户不同的权限标准设置了登陆路径与口令,不同的权限级别会受到不同的操作限制系统,简要流程如图 3 所示。

3.2 主要功能模块设计

1)主窗体设计

按照城市区域火灾风险管理的功能需求,该专家软件系统共包括六大模块,即:火灾数据管理、基础资料查询、火灾风险评估、火灾趋势预测、用户权

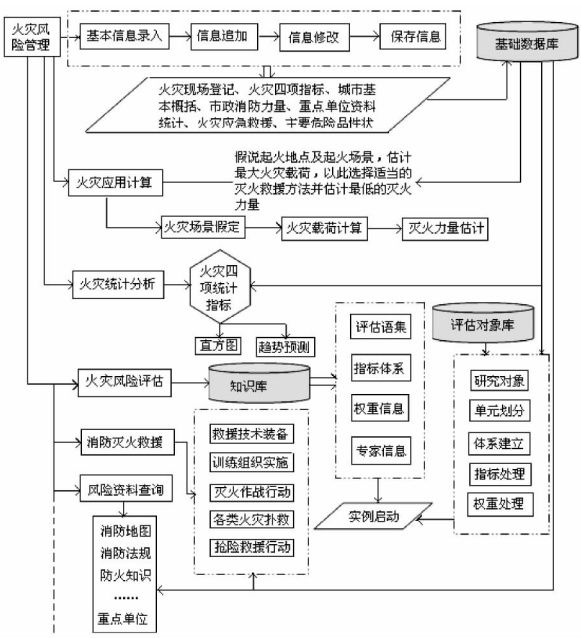


图 3 系统运行流程

限管理、消防地理查询等,如图 4. 其中,用户权限管理主要是针对基础数据库、专家知识库与评估对象库等数据库的访问与修改做了必要的权限设定,用户根据自己的权限在登陆窗体中选择自己的登陆权限,保证了基础数据在添加、修改过程中的真实性与保密性。

2)火灾数据管理子系统

火灾数据统计是火灾风险管理的基础,也是火灾风险评估、火灾趋势预测、城市区域间灾害比照分析的基础. 该系统具有各个城市在不同年份里的火灾 4 项统计指标及九大火灾原因(以消防统计年鉴为准)的数据查询、添加、修改、打印等功能,每一数据都有唯一的数据代码,以查询的年份及所查询城市的邮政编号确定,如查询辽宁省 2005 年的火灾数据,则其代码为“2005”+“110000”,如图 5 所示。



图 4 主窗体界面



图 5 火灾数据管理系统

3) 火灾风险评估子系统

根据能量意外释放理论,可将火灾危险源分为 2 类.一类火灾危险源是直接导致火灾事故发生或导致伤害的危险源,如可燃物、火灾烟气及有毒有害气体等;二类火灾危险是为了防止火灾发生、降低火灾危害所采取的防火对策与和人员安全疏散因素 3 个方面^[7].根据消防安全工程及消防安全技术的基础理论,在广泛调查城市火灾现状的基础上,以第 2 节阐述的火灾风险的定义与火灾风险管理的内容为指导思想,将这些因素分为火灾发生可能性指标集与火灾发生严重性指标集,各指标集要素及指数分级区间^[8-12]如图 6、图 7.

火灾风险评估的数学建模采用灰色关联分析方法^[12].因变量为影响区域火灾危险性的主要因素,次变量为各因素变量指标,两者之间的密切程度以灰色关联度方法来衡量,通过关联度大小顺序求出导致城市区域火灾发生的主控因素.

4) 火灾趋势预测子系统

火灾趋势预测采用 delphi7.0 自带的“Editing DBChart”组件,该组件通过“ADOConnection”控件连接火灾数据库,在“Functions”控件中选择所需预测的图象类型(如线形图、条形图、扇形图等).该子系统具有全国火灾 4 项统计指标的分析及各省份的火灾 4 项指标的统计、分析与预测功能,如图 8.

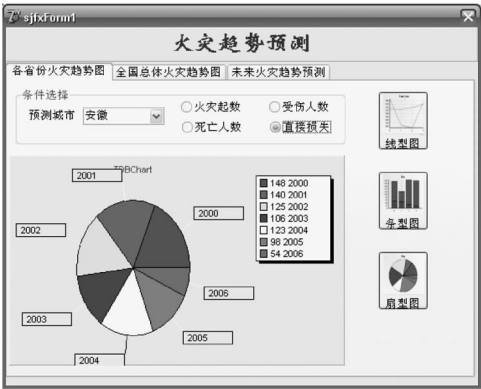


图 8 火灾趋势预测

5) 消防地理查询子系统

将所查询的区域消防地理定位在某一风险区域内,以便灵活查看相应的地图信息与消防监督管理信息.其中:地图信息显示出该城市区域的交通方位及最佳消防救援路线;消防监督管理信息主要包括重点消防隐患单位的建筑面积、使用情况、火灾载荷密度、主要危险源等,如图 9.



图 9 消防地图查询系统登陆界面

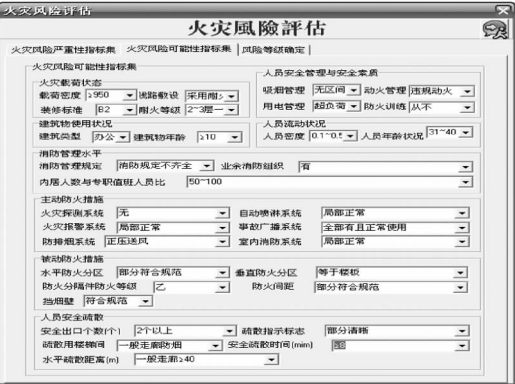


图 6 火灾风险可能性指标集



图 7 火灾风险严重性指标集

4 专家软件系统应用实例

4.1 基本情况介绍

某高校校区占地面积 3 107 亩,建筑面积 83.98 万 m². 大部分主体建筑为钢筋混凝土结构,耐火等级为二级,新建建筑装修标准为 B₂,建筑物楼龄最老为 45 年,最高楼为该校所在省最大综合型图书馆,9 层 37 m. 该高校所在地远离市区,距临近消防队距离 2 km,消防车主干道为狭窄的双车道. 经火灾风险检查,该高校固有火灾危险系数高,具体表现在图书馆与学生宿舍的纸张、桌椅与被褥加大了火灾载荷密度,经计算其平均载荷密度达 210 MJ/m²;另外,市政消防基础设施的薄弱也加大了火灾风险的严重程度. 经该校在消防安全上的积极努力工作,目前已基本完善了主、被动安全补偿措施,如按规范添补了消火栓,在主教学楼与图书馆设置了火灾自动报警系统等.

4.2 主要子系统应用过程

1) 登陆主窗体,进入消防地理查询子系统. 通过“查询单位”组件的下拉工具条选择单位名称,即可由所设定的索引主键调用基础数据库中的地图信息及相关的火灾信息. 其中,该单位的地图信息在地图显示窗口中按照一定倍数放大显示,包括其确切的地理位置、周边主要交通干道、临近消防队、最佳消防灭火线路、消防水源等;在地理查询子系统的查询结果显示栏里同样可以显示出该高校的建筑容积率、人流密度、主要危险源、火灾载荷密度等,如图 10.

2) 进入火灾风险评估子系统,连接基础数据库与专家知识库,针对该单位的消防安全状况,将检查的实际结果赋予到火灾风险评估的各指标要素中,并对火灾风险进行评价,得出风险等级以及该风险存在的主要原因及特征,如图 11.



图 11 消防地图查询结构

4.3 实例应用结果分析

1) 消防地理查询子系统具有重点火灾隐患单位的地图及其他基础资料的录入与查询功能,实际应用过程中可以直观地获得查询对象的火灾风险管理数据资料. 该子系统成功地实现了消防监督管理部门对重点消防单位的防火监督管理,同时,在火灾发生时,消防部门可以在第一时间获得起火单位(区域)的主要火灾性状,为灭火与应急救援争取了宝贵时间.

2) 火灾风险评估子系统成功登陆后即与数据库连接. 其中火灾风险指标集在基础资料数据库中调用,各因素得分及权值在专家知识数据库中调用,采用文献[14]所阐述的灰色关联分析方法,得出其风险等级为“Ⅲ”级,表示火灾风险等级一般,需要加强火灾防范意识;其主要风险特征为消防站保护面积过大、部分灭火设施不齐、救援时间过长、火灾载荷密度过大等. 此应用结果与该单位的实际火灾风险结果相符合.

3) 基础资料查询子系统具有防火设计标准、易燃易爆危险品的理化性质、消防安全法律及标准规范、重点防火单位的防火监督管理等资料的添加与查询功能;火灾趋势预测子系统的功能则表现在全国各省份火灾 4 项统计指标的趋势比照及趋势预测功能. 它们都在城市区域火灾风险管理中得到了很好的应用.

5 结论

客观地认识我国 21 世纪城市火灾风险、规范

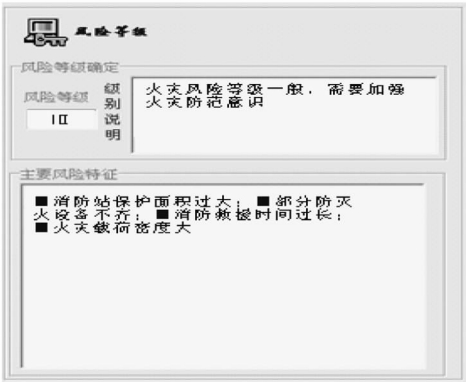


图 10 风险评估结论

城市区域火灾风险管理体系,积极有效地对新时期的城市火灾进行预测与预防,是我国消防安全工作理论和实践的重要课题.论文在进一步分析了城市区域火灾风险管理内容的基础之上,以 Microsoft SQL Server 2000 为后台数据支持,采用 Delphi7.0 为开发工具,阐述了专家软件系统的需求结构、主要功能及基本建设过程,并将其系统研发成果初步应用到某城市区域的火灾风险管理实例中.应用结果说明,基于 Delphi7.0 的城市区域火灾风险管理专家软件系统的研发将大大提高消防管理部门的工作效率,为火灾的预警、消防救援、火灾风险评估提供决策支持.

参考文献:

- [1] 金磊,徐德蜀,罗云. 中国 21 世纪安全减灾战略[M]. 郑州:河南大学出版社,1998.
- [2] Watts J R. Fire risk ranking, section 5. chapter 2. SFPE handbook of fire protection engineering [M]. Kunxi: National Fire Protection Association, 2002.
- [3] 李杰,宋建学. 城市火灾的危险性分析[J]. 自然灾害学报,1995,4(2):99-103.
- [4] 翁韬,廖光煊. 火灾风险等级评估的专家软件系统建设的探讨[J]. 中国安全科学学报,2005,15(2):37-40.
- [5] 佟志军,张继权,廖晓玉,等. 基于 GIS 的草原火灾风险管理研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2008,16(2):161-167.
- [6] 田玉敏. 风险管理技术在火灾风险管理中的应用[J]. 消防科学与技术,2000,2(1):16-18.
- [7] 范维澄,孙金华,陆守香. 火灾风险评估方法学[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [8] 牛跃林. 高层建筑火灾风险评价及评价软件开发应用研究[D]. 赣州:江西理工大学,2007.
- [9] 韩新,沈祖炎,曾杰,等. 建筑火灾危险性评估性能方法基本框架研究[J]. 自然灾害学报,2001,10(2):46-49.
- [10] 胡传平. 区域火灾风险评估与灭火救援力量布局优化研究[D]. 上海:同济大学,2006.
- [11] 张栋楠,舒中俊,陈庆全,等. 改进型灰色神经网络在火灾预测中的应用研究[J]. 中国安全科学学报,2012,22(2):50-55.
- [12] 杨文光,闫守峰,文小艳. 双输入型模糊前向神经网络的构建[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2013,36(3):33-38.
- [13] 伍爱友,施式亮,王从陆. 基于神经网络与遗传算法的城市火灾风险评价模型[J]. 中国安全科学学报,2006,11(16):108-113.
- [14] 伍爱友. 城市区域火灾风险评估理论研究及应用[D]. 湘潭:湖南科技大学,2008.