

吴在栋, 胡玉娟, 张明锋, 等. 基于 GIS 的历史文化街区火灾风险评估——以福州市三坊七巷为例[J]. 灾害学, 2016, 31(4): 205–209, 223. [WU Zaidong, HU Yujuan, ZHANG Mingfeng, et al. Assessing Fire Risk in Historical and Cultural Blocks Based on GIS: A Case Study in the Fuzhou Three Alleys and Seven Lanes[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(4): 205–209, 223. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.04.037.]

基于 GIS 的历史文化街区火灾风险评估

——以福州市三坊七巷为例*

吴在栋¹, 胡玉娟², 张明锋^{1,3,4}, 林广发^{1,3,4}, 李乔玄¹, 黄远鑫⁵

(1. 福建师范大学 地理研究所, 福建 福州 350007; 2. 福建警察学院, 福建 福州 350007;

3. 福建省陆地灾害监测评估工程技术研究中心, 福建 福州 350007;

4. 海西地理国情动态监测与应急保障研究中心, 福建 福州 350007; 5. 福州消防支队, 福建 福州 350007)

摘要:历史文化街区人员高度密集, 但存在诸多火灾隐患, 火灾风险较高。以福州市三坊七巷历史文化街区为例, 利用高分辨率遥感影像解译的空间数据和实地调查的属性数据, 分析火灾风险结构的基础上, 建立火灾风险评估指标体系, 用层次分析法和模糊数学法, 获得各项指标的参数值和权重值, 以单体建筑为评估单元, 在 GIS 空间技术支持下使用危险性评价模型、易损性评价模型和综合风险评估模型评估三坊七巷历史文化街区的火灾风险。结果表明: 三坊七巷各单体建筑火灾危险性等级整体上相对较高, 其中特别是居民类的危险性等级最大, 而文化故居类和商业服务类的建筑危险性等级相对较小; 文化故居类建筑的易损性等级较高, 而综合火灾风险等级差异较大; 文化故居类的火灾风险等级高, 沿南后街周围的单体建筑的火灾风险一般, 其余的火灾风险等级较低。该结果可作为景区管理部门和消防部门制定火灾防范措施、应急演练模拟方案、人员疏散方案等风险管理决策的参考依据。

关键词: 单体建筑; GIS; 火灾; 风险评估; 历史文化街区; 指标体系; 福州

中图分类号: X9; Tu9, Tu746.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)04–0205–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.04.037

历史文化街区火灾风险评估与防火技术研究的水平与速度远远滞后于古城的商业开发速度, 大量的历史文化街区因防火措施和防火管理技术的落后等因素, 导致火灾频发, 逐渐消减于当今社会。同时由于旅游经济的兴起, 现历史文化街区多数已进行商业开发和运营, 存在着人员密集, 人流量大的特点, 并受制于原有建筑的功能、材料、分区等不可变因素, 使得许多消防控制措施规范无法发挥作用, 成为消防管理部门比较关注的消防重点区域。2014 年, 云南香格里拉县独克宗古城发生火灾, 火灾烧损房屋面积近 $6 \times 10^4 \text{ m}^2$, 直接财产损失近亿元。因此, 如何把现代计算机技术, 特别是空间信息技术应用到历史文化街区的消防管理工作中, 以更好地保证人员安全, 减少财产损失, 已引起消防工作者广泛的关注。目前, 火灾风险评估方法的种类很多, 大体可分为

定性分析方法、半定量分析方法和定量分析方法三大类^[1–2]。国内外学者已经对风险评估做了一些研究工作, 如 Mydin^[3]、Xin^[4–5]、庄磊^[6] 等通过风险统计调查、火灾动力学特点、居住者行为等方面, 对古建筑进行定性的风险评估; 陈志芬^[7–8]、张一先^[9]、方正^[10] 等建立古建筑火灾风险评价指标体系, 半定量地评估火灾风险。然而这些火灾风险评估方法计算过程复杂, 要求数据精度高, 在历经多次改建的三坊七巷应用上述方法得到的风险评估的结果精度较低。层次分析法(The Analytic Hierarchy Process, AHP)^[11] 是美国匹斯堡大学教授 Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的一种系统分析方法, 它是一个经典的和强大的决策支持工具^[12–14], 采用 AHP 和模糊数学法对历史文化街区进行风险评估, 可以简化整个评估过程的计算难度, 并得到与实际相符合的风险结果, 如

* 收稿日期: 2016–04–29 修回日期: 2016–06–13

基金项目: 福建省公益类科研院所专项项目(2015R1034–1); 福建省测绘地理信息局科技资助项目(2015JX03)

第一作者简介: 吴在栋(1990–), 男, 福建大田人, 硕士研究生, 主要从事自然灾害 GIS 应用方面研究。

E-mail: zaidongwu@126.com

通讯作者: 张明锋(1976–), 男, 福建云霄人, 博士, 助理研究员, 主要从事地理信息系统研究。E-mail: totofeng@163.com.

Ibrahim^[15]、田玉敏^[16]、徐志胜^[17]、王慧飞^[18]等研究古建筑的特点,运用 AHP 法对古建筑进行风险评估;王冠坤利用 AHP-模糊综合评价法建立了历史文化街区公共安全评价模型,并对天津五大道历史文化街区进行公共安全风险评估^[19]。而与 GIS 空间信息技术相结合,可以使得评估过程自动化、模型化或半模型化,减少人工操作的失误率,如李丁^[20]、李保杰^[21]等运用 AHP 法构建火灾风险评价指标体系和计算指标的权重,利用 GIS 空间分析技术,对各指标体系按其权重进行叠加。

古建筑火灾风险评估包括三个步骤:火灾风险识别、火灾风险分析、火灾风险评估^[22]。本文结合国内外学者研究的成果,分析历史文化街区的风险结构图,识别古建筑的火灾风险因素,建立福州市三坊七巷历史文化街区的火灾风险评估指标体系,分析福州市三坊七巷历史文化街区的火灾风险,利用层次分析法和模糊数学法,结合专家评判方式,分别获得各项指标的参数值和权重值,并采用建模工具建立评估流程,应用 GIS 空间技术和功能对福州市三坊七巷历史文化街区进行火灾风险进行定量的评估。

1 历史文化街区火灾风险结构图

1.1 三坊七巷历史文化街区概况

历史文化街区是指经省、自治区、直辖市人民政府核定后公布的保存文物特别丰富、历史建筑集中成片、能够较完整和真实地体现传统格局和历史风貌的街区^[23]。三坊七巷是中国十大历史文化街区之一,是国内现存规模最大、保护最完整的历史文化街区,有全国独一无二的古建筑遗存,是“中国城市里坊制度活化石”和“中国明清建筑博物馆”^[24],2015 年它已被列入国家 5A 级景区。

1.2 火灾风险结构图

火灾风险评估是指对目标对象可能面临的火灾危险、被保护对象的脆弱性、控制措施的有效性、后果严重度以及上述各因素综合作用下的消防安全状况进行评估的过程^[25]。火灾风险评估描述了评估区域对火灾造成损失的抵抗能力,抵抗能力大小与区域的建筑物布局特征、消防发展水平和人口密度等因素密切相关。火灾风险评估主要包括火灾危险性评价和火灾易损性评价^[26]。火灾危险性是指物质发生火灾的可能性及火灾时不受外力影响下所产生后果的严重程度,强调的是物质固有的物理属性^[25]。火灾危险性描述了区域内发生火灾事故的可能性和危害程度。火灾易损性是指在自然灾害领域的研究中,易损性被定义为暴露程度、应对能力和压力后果的综体现^[27-28]。火灾易损性描述了区域内主要建筑物、

其他固定设备和建筑内部财产、人口密度等要素由潜在火灾事故发生导致的损失程度。依据火灾风险研究的内容,结合古建筑固有的特点和三坊七巷独特的建筑风格,从致灾因子、承灾体、消防管理和环境因素上,分析火灾的危险性、易损性与风险性,建立如图 1 所示的火灾风险结构图。

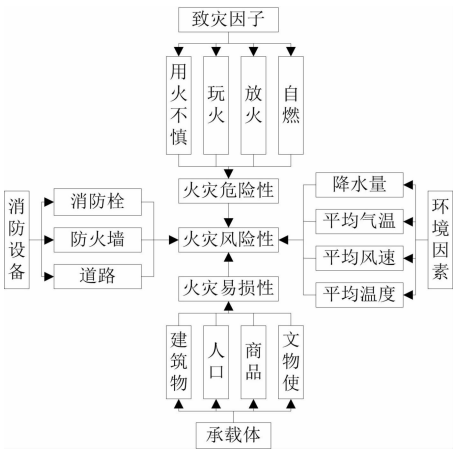


图 1 火灾风险结构图

表 1 火灾风险评估指标体系及权重值

| 一级指标 | 二级指标 | 权重 | 三级指标 | 权重 |
|---------|------|-------|----------|-------|
| 火灾危险性评价 | 房屋类型 | 0.200 | 居民类 | 0.236 |
| | | | 餐饮类 | 0.390 |
| | | | 商业服务类 | 0.183 |
| | | | 公共设施类 | 0.080 |
| | | | 文化故居类 | 0.073 |
| | | | 其它类 | 0.038 |
| | 房屋结构 | 0.400 | 木类 | 0.472 |
| | | | 混合类 | 0.173 |
| | | | 砖类 | 0.073 |
| | | | 砼类 | 0.160 |
| | | | 其它类 | 0.122 |
| | 火源类型 | 0.400 | 无火源类 | 0.045 |
| | | | 煤气类 | 0.174 |
| | | | 电器类 | 0.091 |
| | | | 液化气类 | 0.123 |
| | | | 电器类、液化气类 | 0.235 |
| 火灾易损性评价 | 消防器材 | 0.196 | 电器类、煤气类 | 0.332 |
| | | | 优 | 0.122 |
| | | | 良 | 0.212 |
| | | | 中 | 0.303 |
| | | | 差 | 0.363 |
| | 建筑价值 | 0.493 | 特高价值建筑 | 0.514 |
| | | | 高价值建筑 | 0.308 |
| | | | 中价值建筑 | 0.128 |
| | | | 低价值建筑 | 0.050 |
| | 人口密度 | 0.311 | 特高密度区 | 0.564 |
| | | | 高密度区 | 0.267 |
| | | | 中密度区 | 0.123 |
| | | | 低密度区 | 0.046 |

3 结果分析与讨论

3.1 火灾危险性评价结果与分析

如图3所示,南后街以西方向,一部分单体建筑是危险极大,主要是该区域房屋破旧,电线老化严重,着火源类型复杂且多为煤气类、液化气类与电气类等高风险的火源类型,另外一部分,该区域大部分建筑目前正处于改建期间,人口密度少,各着火源类型使用频率低,不易起火,则其危险性就会降低;南后街以东方向,大部分的单体建筑危险一般,主要是该区域房屋已改建完成且多为居民类,着火源类型主要为电气类,用电管理严格,危险性等级就低,但该区域的房屋结构多为木质结构,起火的可能性剧增,则其危险性就会增加,有小部分的单体建筑危险极小,主要是古建筑有小水池或水井,其周围火源较少,使得不易发生火灾;南后街两侧的危险性等级较低,该区域商业开发已基本完成,大部分建筑是经过改建的,房屋的结构发生改变,且多为砖类,使其起火可能性降低和火灾蔓延速度变慢,建筑内物品或火源类型的危险性大,但管理严格、摆放整齐、消防措施完善等因素,使其火灾危险性大幅度减低。



图3 危险性评价结果

3.2 火灾易损性评价结果与分析

如图4所示,文化故居类型的单体建筑易损极大,如福建省民俗博物馆,主要是木质结构,可燃性高,建筑价值大,在易损性评价中建筑价值占很大比重,并且该建筑游览观光人员众多,发生火灾时,疏散路径有限,通道狭窄弯曲,部分程度上危及到生命安全,同时郎官巷和塔巷的通道狭小,纵深距离长,大型消防车无法到达,小型消防车效率较低,给扑救工作带来很大难度;居民类型的单体建筑易损极小,主要是该建筑价值小,人口密度小,但并非表明不用注意该类型的建筑,木质结构具有火灾蔓延速度快的特点,

易发生大面积火灾;商业服务类和餐饮类的单体建筑主要分布于南后街两侧,火灾易损性等级差异性较大,主要是建筑内所经营的商品种类复杂和商品的价值相差甚大,人口密度也存在较大的差异,但其易损等级相对较小,主要是南后街道路宽,大型消防车可到达,使得火灾易损等级较低。



图4 易损性评价结果

3.3 火灾综合风险评估结果与分析

如图5所示,从局部分析,南后街以东方向,大部分的单体建筑风险一般,火灾综合风险评估是依据危险性和易损性评价综合得到的,由上文分析可知,它们的危险性等级较高和易损性等级较低,使其综合风险等级达到风险一般;在南后街以西方向,大部分的单体建筑是风险较大或风险极大,其主要是危险一般或危险较高,并且易损一般或易损较高,则综合风险就会风险较高或风险极高。从整体上分析,整个历史文化街区的单体建筑的综合风险等级是较高,符合历史文化街区建筑的特点,景区部门要加强管理风险极高与较高的单体建筑,并对该单体建筑老化严重的电线、物品的分布情况进行整改,消防部门必须加强对该单体建筑的管理人员进行消防培训,

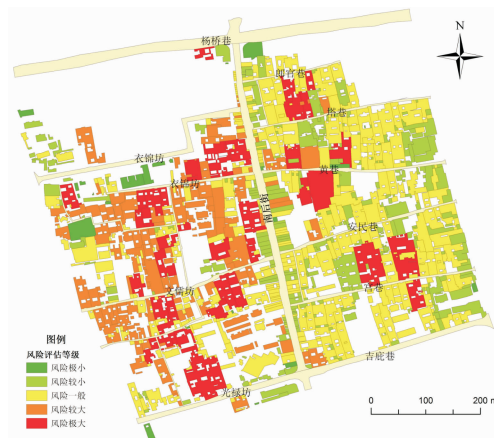


图5 风险评估结果

以保障火灾得到最快的扑救和保障通往该单体建筑的道路畅通,才能够保证人员安全,减少财产损失。

4 结论

本文根据风险识别、风险分析和风险评估过程进行风险评估,以福州市三坊七巷历史文化街区为例,先研究历史文化街区的建筑特点,结合三坊七巷商业开发程度和环境情况,构建风险结构图,进行风险的识别,再研究历史文化街区危险性、易损性和综合风险性,构建危险性评价、易损性评价和综合风险评估的指标体系。方法上主要是用层次分析法和专家评判方式确定各指标的权重,用模糊数学法和 Model Builder 工具建立危险性、易损性和综合风险性模型,使得风险评估从定性评估到定量评估,且使综合风险评估过程的模型化,提高了它的计算精度和工作效率,减少了人工的干预,火灾风险评估的结果就更加科学,同时本文以单体建筑为评估单元,进行风险评估,该过程不只是把每个建筑单独进行评估,还考虑相邻之间建筑的相互影响,此方法克服了区域性评估的各个单体建筑精度问题,具有一定的独特之处,是一种值得借鉴的方法。本文也存在一些缺陷与不足之处有待改进:①建立指标体系中选取主要因子而忽略次要因子,因子的选择性具有较强的主观性,需要进一步的验证与修改;②ArcGIS 的空间分析建模工具需要人工设定变量以及赋值方法等,使得某些参数仍需要主观赋值,灵活性不足。

参考文献:

- [1] 范维澄,孙金华,陆守香,等.火灾风险评估方法学[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] 董尧.某国际机场航站楼火灾风险评估研究[D].西安:西安科技大学,2006.
- [3] Mydin M A O, Sani N M, Abas N F, et al. Evaluation of fire hazard and safety management of heritage buildings in heorgetown, penang[C]//MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, 2014, 10: 06003p1-06003p7.
- [4] Xin J, Huang C F. Fire risk assessment of residential buildings based on fire statistics from China[J]. Fire Technology, 2014, 50(5): 1147-1161.
- [5] Xin J, Huang C F. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management[J]. Fire Safety Journal, 2013, 62: 72-78.
- [6] 庄磊,陆守香,王福亮.布达拉宫古建筑的火灾风险分析[J].中国工程科学,2007,9(3):76-81.
- [7] 陈志芬,陈晋,黄崇福,等.大型公共场所火灾风险评价指标体系(I)-火灾事故因果分析[J].自然灾害学报,2006,15(1):79-85.
- [8] 陈志芬,陈晋,黄崇福,等.大型公共场所火灾风险评价指标体系(II)-指标及权重确定[J].自然灾害学报,2006,15(2):164-168.
- [9] 张一先,王建平,方宗堂,等.城市定量火灾安全评估方法——以苏州古城区为例[J].苏州科技学院学报(工程技术版),2003,16(4):27-33.
- [10] 方正,陈娟娟,谢涛,等.基于聚类分析和 AHP 的商场类建筑火灾风险评估[J].东北大学学报(自然科学版),2015,36(3):442-447.
- [11] Saaty T L. How to make a decision: The analytic hierarchy process[J]. European Journal of Operational Research, 1990, 48(1): 9-26.
- [12] Nefeslioglu H A, Sezer E A, Gokceoglu C, et al. A modified analytical hierarchy process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments[J]. Computers & Geosciences, 2013, 59: 1-8.
- [13] Aminbakhsh S, Gunduz M, Sonmez R. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects[J]. Journal of Safety Research, 2013, 46: 99-105.
- [14] 孟晓静.城市区域地震次生火灾风险评估及火蔓延模拟[D].合肥:中国科技大学,2009.
- [15] Ibrahim M, Abdul Hamid K, Ibrahim M S, et al. The development of fire risk assessment method for heritage building[J]. Procedia Engineering, 2011, 20: 317-324.
- [16] 田玉敏,蔡晶菁.层次分析法在商场火灾风险评价中的应用研究[J].灾害学,2009,24(2):91-94.
- [17] 徐志胜,刘顶立,曹欢欢,等.基于 AHP 的古建筑火灾风险评估方法研究[J].铁道科学与工程学报,2015,12(3):690-694.
- [18] 王慧飞.影剧院火灾风险评估体系的构建与分析[J].灾害学,2014,29(2):12-15.
- [19] 王冠坤. AHP-模糊综合评价法在历史文化街区公共安全风险评估中的应用——以天津五大道为例[J].天津城市建设学院学报,2012,18(4):236-241.
- [20] 李丁,刘科伟.基于 AHP 与 GIS 的城市区域火灾风险评估研究——以克拉玛依市核心区为例[J].中国安全科学学报,2013,23(4):68-73.
- [21] 李保杰,纪亚洲,周云霞.基于 GIS 城市火灾风险评估[J].中国安全科学学报,2012,22(10):170-176.
- [22] Salleh N H, Ahmad A G. Fire safety management in heritage buildings: The current scenario in malaysia [C]//22nd CIPA Symposium, 2009.
- [23] 李晨.“历史文化街区”相关概念的生成解读与辨析[J].规划师,2011,27(4):100-103.
- [24] 新华网.“中国十大历史文化名街”福州三坊七巷揭牌[EB/OL].(2009-07-19)[2016-05-30].http://www.fjsen.com/d/2009-07/19/content_177442.htm.
- [25] 郑红梅,陈国良,王玮,等.火灾风险评估相关概念辨析[J].中国安全科学学报,2008,18(6):75-79.
- [26] Chuvieco E, Aguado I, Yebra M, et al. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies[J]. Ecological Modelling, 2010, 221(1):46-58.
- [27] Watts J M, Bohle H G. The space of vulnerability: The causal structure of hunger and famine[J]. Progress in Human Geography, 1993(17):43-67.
- [28] 唐波,刘希林,尚志海.城市灾害易损性及其评价指标[J].灾害学,2012,27(4):6-11.
- [29] 许谨良.风险管理[M].上海:上海财经大学出版社,2007.
- [30] 王玉丽,马震.利用 ARCGIS 建模和 EXCEL 函数提高规格图幅制图工效研究[J].软件导刊,2012,11(5):153-155.
- [31] 于美玲,杨凤海.基于 Model Builder 模块的青冈县农用地分等定级研究[J].黑龙江农业科学,2014(5):137-141.

(下转第 223 页)

The Response Behavior to Drought Disaster of Rural Households in Plateau Mountain Region ——Taking Nanjian County in Yunnan Province, China as a Case Study

CHENG Yimeng, TIAN Min, HU Shiliang, CHEN Jiao and CHENG Rao
(College of Resource Environment and Earth Science, Yunnan Institute of Geography,
Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The Drought disaster is the most terrible agro-meteorological disasters in Yunnan province, China. People who suffered the disaster make the policies and measures to mitigate disaster's effects, at the same time, execute those policies and measures. In the entire process of disaster, people's response behaviors to drought disaster are especially efficient to promote people's disaster-coping ability. We take the county named Nanjian in Yunnan province in China as the studied zone, and obtain the data through questionnaires and household interviews; then process the data with Principal Components Analysis and Cluster Analysis; classify the disaster response behaviors (11 types) to three classes and process with multidimensional scaling analysis. According to the characteristic of assessment of 175 households to the 11 disaster response behavior, we classify these rural households to three types, and analyse their separate typical characters.

Key words: drought; disaster preparedness; cluster analysis; discriminant analysis

(上接第 209 页)

Assessing Fire Risk in Historical and Cultural Blocks Based on GIS: A Case Study in the Fuzhou Three Alleys and Seven Lanes

WU Zaidong¹, HU Yujuan², ZHANG Mingfeng^{1,3,4}, LIN Guangfa^{1,3,4},
LI Qiaoxuan¹ and HUANG Yuanxin⁵

(1. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China;

2. Fujian Police College, Fuzhou 350007, China;

3. Fujian Provincial Engineering Research Center for Monitoring and Assessing Terrestrial Disasters,
Fuzhou 350007, China; 4. Research Center for National Geographical Condition Monitoring and

Emergency Support in the Economic Zone on the West Side of the Taiwan Strait, Fuzhou 350007, China;

5. Fuzhou Fire Detachment, Fuzhou 350007, China.)

Abstract: Historical and cultural block gathers highly intensive population, but faces more fire hazards, with higher fire risk. Taking Fuzhou TLASA (Three Lanes and Seven Alley) historical and cultural block as an example, the paper establishes a fire risk assessment index system, using spatial data from high resolution remote sensing image interpreting and attribute data from field surveys, basing on analysis of fire risk structure; obtains parameter values and weighted values of indicators with analytic hierarchy process and fuzzy mathematics method, and further assesses the fire risk of Fuzhou TLASA historical and cultural block with risk assessment model, vulnerability assessment model and integrated risk assessment model supported by GIS space technology, by taking single building as a unit. The results show that: Fuzhou TLASA historical and cultural block is relatively higher in fire risk rating, particularly residential class block facing the most serious risk, but cultural former residence class and commercial services buildings are relatively lower in risk rating. Cultural former residence class vulnerability risk ranks the first place, from a whole view, fire risk rating varies; cultural former residence class ranks the first place, followed by single buildings along Nanhou Street; the rest fire risk is smaller. The results can be used as the reference basis for determining fire prevention measures, emergency drill simulation plan, population evacuation plan and other risk management decisions by resort management department and fire department.

Key words: fire; risk assessment; Fuzhou city; single building; GIS; historical and cultural blocks; index system