

吴书强, 邵必林, 边根庆, 等. 基于多态模糊贝叶斯网络的高校宿舍火灾风险评价研究[J]. 灾害学, 2023, 38(2): 31–36. [WU Shuqiang, SHAO Bilin, BIAN Genqing, et al. Fire Risk Assessment of University Dormitory Based on Polymorphic Fuzzy Bayesian Network[J]. Journal of Catastrophology, 2023, 38(2): 31–36. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2023.02.005.]

基于多态模糊贝叶斯网络的高校宿舍火灾 风险评价研究^{*}

吴书强^{1,2}, 邵必林¹, 边根庆³, 张志霞¹

(1. 西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055; 2. 陕西科技大学 机电工程学院, 陕西 西安 710021; 3. 西安建筑科技大学 信息与控制工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要: 高校宿舍火灾具有影响面广、复杂性等特点, 而传统研究方法在多态性、动态分析宿舍火灾风险等方面存在局限。该文基于国内外 86 起高校宿舍火灾案例提出了一种基于多态模糊贝叶斯网络的高校宿舍火灾风险评价方法, 确定了包含 23 个三级指标的风险评价体系, 构建了高校宿舍火灾故障树, 通过故障树转化方法构造对应的贝叶斯模型; 将专家评价语义通过三角模糊子集转化为确定的根节点先验概率, 用 $[0, 1]$ 模糊数描述节点故障状态, 克服了传统贝叶斯网络过度依赖精确概率以及不能考虑节点中间故障状态的问题; 基于贝叶斯的双向推理和根节点重要度分析, 计算出高校宿舍火灾风险发生概率, 辨识出关键致灾因子, 进行事故致因诊断。实例验证结果表明, 多态模糊贝叶斯网络能够准确评价高校宿舍火灾风险, 并确定关键致灾因子, 可为高校宿舍火灾风险管理提供决策参考。

关键词: 高校; 宿舍火灾; 多态模糊贝叶斯网络; 风险评价; 应急管理

中图分类号: X928.7; X45; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2023)02–0031–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2023.02.005

近年来, 大学宿舍火灾事故频频发生, 给师生生命财产安全和学校正常教学秩序带来了严重威胁。2003 年, 俄罗斯人民友谊大学学生公寓突发大火, 最终导致 41 人遇难; 2008 年, 上海商学院学生公寓因违规使用电器引发火灾, 造成 4 人死亡; 2019 年, 浙江工业大学一宿舍因插线板故障引发火灾, 宿舍烧毁严重; 2021 年, 暨南大学一学生公寓空调插座自燃, 引发火灾。因此, 加强高校宿舍火灾风险评价研究, 对进一步避免火灾事故发生以及降低事故影响具有重要意义。

在现有的研究文献中, 高校宿舍火灾风险研究方法主要包括层次分析、模糊综合评价、灰关联分析、证据理论、径向基函数神经网络等。张村峰等^[1]通过故障树筛选出指标层中各类重要因素, 基于层次分析展开火灾灾害风险分析。陈硕等^[2]利用火灾风险评估工程法对大学宿舍火灾风险开展评估, 筛选出火灾关键致灾因子, 提出应急管理决策。田禹等^[3]运用安全检查表对高校宿舍火灾灾害风险进行实例分析, 并计算出风险评价结果。钟诗颖等^[4]基于解释结构构建了多级阶梯结构宿舍火灾灾害风险评估模型。田好敏等^[5]通过采用模糊综合评价法构建了三维高校宿舍火灾灾害评价体系。高进东等^[6]基于灰色关联度分析法建立大学宿舍火灾灾害风险评估模型, 并进行可行性验证。张渤苓等^[7]运用模糊综合评价法构建了大学宿舍火灾灾害风险评估模型。周梅

等^[8]基于事故因果连锁理论和熵权法, 建立高层大学宿舍火灾灾害风险评估指标体系, 基于物元可拓理论建立火灾风险评价模型。张立宁等^[9]引入主成分分析法, 构建了基于径向基函数神经网络的高校宿舍火灾安全评价模型。宋英华等^[10]在高进东的研究基础上, 结合灰色关联法和 D–S 证据理论建立了高校宿舍风险评价模型。

通过梳理文献发现, 现有的研究方法在高校宿舍火灾风险动态分析方面仍然存在局限, 而贝叶斯网络模型在表达和探究不确定性、事件多态性、推理分析等方面具有突出优势^[11], 且其所具有的概率更新和反向推理特征是上述高校宿舍火灾风险评价研究方法所不具备的。因此本文提出一种基于多态模糊贝叶斯网络的高校宿舍火灾风险评价方法。首先在构建高校宿舍火灾故障树的基础上, 通过故障树转化的方法构造相应的贝叶斯模型; 其次, 利用三角模糊子集表示贝叶斯网络中根节点先验概率, 运用 $[0, 1]$ 模糊数表示各个根节点失效状态, 克服了传统贝叶斯网络过度依赖精确概率以及不能考虑节点中间故障状态的问题; 然后基于贝叶斯网络的双向推理和根节点重要度分析, 计算出高校宿舍火灾风险发生概率以及辨识关键致灾因子, 同时进行事故致因诊断; 最后运用实际案例进行实验仿真, 以此来验证该方法的科学性、合理性。

^{*} 收稿日期: 2022–07–04 修回日期: 2023–02–01

基金项目: 2020 年度教育部人文社会科学研究专项任务项目“高校辅导员研究”(20JDSZ3135); 陕西省教育厅 2021 年度一般专项科研计划(21JK0069); 陕西省教育科学“十三五”规划 2020 年度课题(SGH20Q211)

第一作者简介: 吴书强(1990–), 男, 汉族, 四川简阳人, 博士, 讲师, 主要从事高校应急管理研究. E-mail: 1548090023@qq.com

1 高校宿舍火灾模糊多态贝叶斯网络模型构建

1.1 高校宿舍火灾风险指标确立

高校宿舍火灾风险指标的选取是开展风险评价研究的关键前提和重要基础。为了科学合理地

构建高校宿舍火灾评价指标体系，采用案例分析、专家咨询等方法，多层次多维度对高校宿舍火灾风险进行系统分析。具体流程如下：

(1)系统梳理国内外高校宿舍火灾事件集。分析、查阅已有高校宿舍火灾事件相关资料，在整理出的事件集基础上，进一步筛选精简，初步得到 86 起火灾事件，部分典型事件见表 1。

表 1 国内外高校宿舍火灾事件

时间	高校名称	概况	时间	高校名称	概况
2000. 01	美国西顿霍尔大学	宿舍楼起火，导致 3 人死亡、58 人受伤	2014. 02	安徽省机械技校	宿舍发生火灾，20 余名老师和学生被困
2001. 12	四川大学	宿舍楼火灾，一寝室内电脑、电视物品全焚毁	2014. 12	陕西榆林学院	充电器短路引起火灾，上千名学生紧急疏散
2002. 07	燕京华侨大学	宿舍楼发生火灾，管理宿舍人员被烧伤	2014. 12	重庆大学	宿舍使用大功率热水袋和电热毯，火势猛烈
2002. 11	西安联合大学	电炉做饭明火点燃地上报纸，导致宿舍火灾	2015. 01	成都大学	宿舍五楼突发大火，疑似同学偷用违章电器
2003. 02	武汉大学	宿舍楼突发大火，吞噬三楼 22 间寝室	2015. 04	皮罗戈夫医科大学	宿舍楼火灾，导致 43 人受伤
2003. 03	四川大学	女生宿舍发生火灾，及时扑救，无人员伤亡	2015. 06	中南民族大学	南区宿舍楼着火，一宿舍被烧毁
2003. 11	俄罗斯人民友谊大学	宿舍电线短路引发火灾，导致 41 人死亡	2015. 06	北京师范大学	宿舍楼 2 楼一宿舍起火，疑似插线板起火
2003. 12	东北大学	宿舍失火，千余名女生凌晨逃生	2015. 08	山东建筑大学	电吹风未断电导致引燃被褥，无人员伤亡
2003. 12	北京交通大学	宿舍因“热得快”引发火灾，经济损失 2 万余元	2015. 12	武汉理工职业技术学院	宿舍楼仓库发生火灾，过火面积 410m ²
2005. 11	北京林业大学	宿舍火灾导致 2 人死亡	2015. 12	华中农业大学	学生乱扔烟头导致堆放的杂物发生火灾
2006. 01	马拉尼大学	宿舍楼火灾，导致 8 人死亡、3 人烧伤	2016. 08	烟台大学	宿舍用液体酒精炉吃火锅时发生火灾，2 人被烧伤
2006. 05	中南林业科技大学	研究生违规使用电饭锅，整个宿舍被烧毁	2017. 05	天津中医药大学	宿舍发生火灾，宿舍被烧毁
2006. 1	中国地质大学(武汉)	宿舍电线短路引发火灾，烧毁两个床位	2017. 1	英国曼彻斯特大学	宿舍发生火灾，场面混乱
2006. 11	上海济光职业技术学院	寝室突发火灾，室内物品几乎完全烧毁	2018. 04	华南师范大学	女生在宿舍使用违章电器煮东西引起宿舍失火
2007. 01	东北师范大学	宿舍楼火灾，浓烟笼罩，500 余名学生被困	2019. 04	绍兴文理学院	宿舍使用电热毯引发火灾，6 楼宿舍烧毁严重
2007. 01	中南林业科技大学	学生违规使用“热得快”引发火灾	2019. 07	缅甸曼德勒大学	宿舍楼发生火灾，2 层楼被烧毁
2008. 02	中央民族大学	宿舍发生火灾，上千学生被紧急疏散	2019. 09	莫斯科国立师范大学	宿舍家具起火，700 人撤离
2008. 03	中央美术学院	宿舍火灾，烧毁宿舍 100 多间，440 人受灾	2019. 09	贵州黔南师院	学生使用大功率电器引发火灾
2008. 11	上海商学院	宿舍电器故障引发火灾，导致 4 人死亡	2019. 11	英国博尔顿大学	宿舍大楼起火，造成 2 人受伤
2009. 02	兰州大学	电热棒受热起火引燃棉被	2019. 12	浙江工业大学	宿舍电器故障引发火灾，火势较大
2009. 03	中央美术学院	宿舍发生火灾，1 人受伤	2020. 07	泰国伯乐大学	女生宿舍楼 3 楼起火，耗时 30 min 才扑灭
2009. 03	中央美术学院	宿舍发生大火，浓烟笼罩 40 min	2021. 01	成都大学	学生宿舍发生火灾，浓烟冲天
2009. 03	河南信阳师范学院	宿舍突发火灾，百余名学生被紧急疏散	2021. 04	杭州电子科技大学	宿舍使用大功率电器，引发大火
2011. 12	莫斯科大学	宿舍发生火灾，受灾 20 m ² ，共疏散 500 多人	2021. 06	江西科技师范大学	宿舍使用吹风机后未拔插头，引发火灾
2012. 1	长春大学旅游学院	宿舍电器使用不当，供电发生短路，造成火灾	2021. 07	海南大学	宿舍楼插板和电吹风短路，引发火灾
2014. 01	福州大学	宿舍发生火灾，物品全部烧毁	2021. 08	暨南大学	学生宿舍空调插座自燃，引发明火事故

(2)成立专家评价小组。专家评价组成员包括高校安全管理、应急管理、消防救援等相关领域专家，他们能够结合自身丰富的应急管理经验，合理科学地评估高校宿舍火灾事件的风险程度及相关影响因素。

(3)确定指标体系。基于整理出的高校宿舍火灾事件和高校宿舍火灾灾害演化特征，结合专家组成员评价意见，确定了高校宿舍火灾评价指标体系(表2)。

表2 高校宿舍火灾评价指标体系

层级	类别	评价事项	事项描述
人的因素(Y_1)	意识技能薄弱(Y_5)	X_1 管理人员消防意识淡薄	宿舍管理工作人员缺乏常规的防火防灾意识
		X_2 管理人员消防技能匮乏	宿舍管理工作人员灭火、报警等技能匮乏
		X_3 学生消防意识淡薄	学生缺乏常规的防火防灾意识
		X_4 学生应急技能匮乏	学生缺乏灭火、报警、逃生等技能
	违规行为(Y_6)	X_5 违规使用电器	违章使用大功率电器、不安全设备等
		X_6 使用易燃化学品	违规使用酒精锅炉等
		X_7 烟蒂处理不当	宿舍抽烟后乱扔烟头
		X_8 私拉电线	私接其他线路，比如空调线路等
物的因素(Y_2)	用电器问题(Y_7)	X_9 用电器老化	手机充电器、台灯、电脑等设备老化
	消防设备问题(Y_8)	X_{10} 消防栓故障	消防栓无法正常使用
		X_{11} 安全出口数不达标	逃生安全出口不符合国家标准
		X_{12} 火灾自动报警系统故障	火灾发生后无法自动报警
		X_{13} 自动灭火系统故障	火灾发生后无法自动灭火
		X_{14} 装修材料防火性能不好	火灾发生后装修材料阻燃性不强
管理因素(Y_3)	制度不完善(Y_9)	X_{15} 消防制度不健全	没有完善的宿舍消防制度
		X_{16} 火灾应急预案不完善	火灾发生后的应急预案操作性不强
	日常管理漏洞(Y_{10})	X_{17} 安全检查不彻底	没有定期检查楼内相关设施设备
		X_{18} 管理人员培训不到位	未常态化开展防火防灾培训
		X_{19} 消防通道管理松散	消防通道常年堵塞
		X_{20} 消防演练走过场	消防演练流于形式，走过场、拉横幅
环境因素(Y_4)	外部影响因素(Y_{11})	X_{21} 气候和环境影响	当地气候和当天的天气情况
		X_{22} 学校周边建筑物火灾	周边发生火灾引发宿舍火灾
	自身因素(Y_{12})	X_{23} 楼龄过大	宿舍楼建成时间超过 20 年

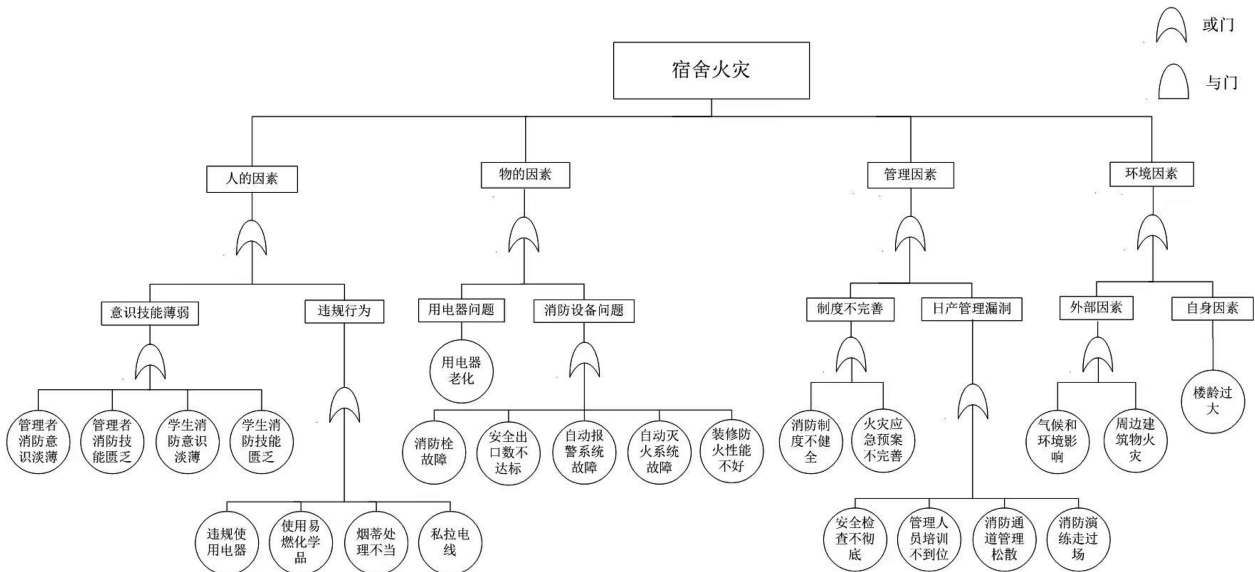


图1 高校宿舍火灾故障树

1.2 高校宿舍火灾故障树

故障树是应用较为广泛的事故描述工具。在故障树结构中，逻辑“与”门表示在输入事件都发生的前提下，输出发生；逻辑“或”门指的是有任何一个输入事件发生，则输出必然发生。鉴于贝

叶斯网络模型构造较为繁琐复杂，本文基于故障树逻辑结构转化构造贝叶斯网络，一方面能够充分发挥故障树对风险因素识别功能，另一方面还能够有力地结合贝叶斯网络在分析计算等方面的诸多优势(图1)。

表 4 根节点 X_{15} 、 X_{16} 先验概率

状态	不同专家评价的模糊三角概率							归一化后 先验概率
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	
$X_{15}=0$	(0, 0, 0.1)	(0, 0, 0.2)	(0, 0, 0.1)	(0, 0, 0.1)	(0, 0, 0.1)	(0, 0, 0.1)	(0, 0, 0.2)	0.14
$X_{15}=0.5$	(0.6, 0.7, 0.8)	(0.5, 0.6, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.7)	(0.5, 0.6, 0.6)	(0.4, 0.7, 0.8)	(0.5, 0.6, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.8)	0.66
$X_{15}=1$	(0.1, 0.3, 0.3)	(0.1, 0.2, 0.3)	(0.1, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.1, 0.4)	(0.1, 0.2, 0.3)	(0.1, 0.1, 0.3)	(0.2, 0.2, 0.3)	0.20
$X_{16}=0$	(0.1, 0.1, 0.2)	(0.1, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.2, 0.3)	(0.1, 0.1, 0.2)	(0.1, 0.1, 0.2)	(0.1, 0.1, 0.1)	(0.1, 0.1, 0.1)	0.14
$X_{16}=0.5$	(0.2, 0.4, 0.5)	(0.3, 0.4, 0.5)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.4, 0.5)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.4, 0.6)	(0.2, 0.5, 0.6)	0.44
$X_{16}=1$	(0.2, 0.3, 0.4)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.4, 0.5)	(0.4, 0.5, 0.6)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.4, 0.4)	0.42

2.5 根节点概率重要度计算

重要度主要表示根节点在失效状态时对其相应叶节点的作用程度。重要度的大小能够反映风险因素的敏感性, 有助于进一步排查故障, 增加系统的可靠性。根节点 x_i 故障程度为 $x_i^{a_i}$ 时关于叶节点 T 故障状态为 T_q 的重要度为:

$$I_{T_q}^{C_r}(x_i = x_i^{a_i}) = \frac{P(x_i = x_i^{a_i}) \cdot I_{T_q}^{P_r}(x_i = x_i^{a_i})}{P(T = T_q)} \quad (8)$$

式中: $I_{T_q}^{P_r}(x_i = x_i^{a_i})$ 为根节点 x_i 对叶节点 T 为 T_q 的概率重要度。综合考虑根节点在不同失效状态时的重要度, 可以计算出根节点 x_i 对叶节点 T 为 T_q 的重要度为:

$$I_{T_q}^{C_r}(x_i) = \frac{1}{k_i - 1} \sum_{a_i=1}^{k_i} I_{T_q}^{C_r}(x_i = x_i^{a_i}) \quad (9)$$

3.1 条件概率分析

由于缺少历史数据, 本文采用专家调查法来推测节点的条件概率, 即根据专家组给出的风险因素权重, 按照式(6)计算出中间节点的条件概率, 在实际计算中中间节点较多, 本文以 Y_9 为例计算出相关数据(表 5), 其余中间节点同理可得。

表 5 中间节点 Y_9 的条件概率

X_{15}	X_{16}	中间节点		
		0	0.5	1
0	0	1	0	0
0	0.5	0.4	0.5	0.1
0	1	0.1	0.2	0.7
0.5	0	0.5	0.5	0
0.5	0.5	0.2	0.6	0.2
0.5	1	0.1	0.7	0.2
1	0	0.1	0.5	0.4
1	0.5	0	0.4	0.6
1	1	0	0	1

根据表 4 中根节点 X_{15} 、 X_{16} 的先验概率和中间节点 Y_9 的条件概率表, 依据式(6), 可求得中间节点 Y_9 各种故障状态的故障概率如下:

$$P(Y_9 = 0) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(X_{15}, X_{16}; Y_9 = 0) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(Y_9 = 0 | X_{15}, X_{16}) \times P(X_{15}) \times P(X_{16}) = 0.185 \quad (10)$$

同理, 分别求出 $Y_9 = 0.5$, $Y_9 = 1$ 时的条件概率:

$$P(Y_9 = 0.5) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(X_{15}, X_{16}; Y_9 = 0.5) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(Y_9 = 0.5 | X_{15}, X_{16}) \times P(X_{15}) \times P(X_{16}) = 0.501; \quad (11)$$

$$P(Y_9 = 1) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(X_{15}, X_{16}; Y_9 = 1) = \sum_{X_{15}, X_{16}} P(Y_9 = 1 | X_{15}, X_{16}) \times P(X_{15}) \times P(X_{16}) = 0.309 \quad (12)$$

上述结果表明, 制度不完善出现“中度失效”和“完全失效”的概率较大(0.501 和 0.309), 通过信息搜集, 查询该事故起因, 发现在管理过程中制度存在明显的漏洞, 这从侧面进一步验证了该方法的有效性, 计算结果与该事件调查结果吻合。

3 案例分析

2016 年 8 月 14 日, 烟台大学两名大学生在宿舍楼内违规使用液体酒精炉煮火锅, 添加酒精时未熄灭火焰, 引发火灾, 导致两人被烧伤。该事件直接原因是学生违规使用易燃化学品, 也侧面反映出学校管理不到位、学生防灾意识薄弱等问题。复盘整个事件, 通过系统信息分析和专业人士评价, 本研究邀请 7 位安全领域专家进行评价打分, 基于面积均值法将专家模糊评价转换得到三角模糊概率, 随后进一步转换为明确的概率值。计算出相关根节点先验模糊故障概率, 以根节点 X_{15} 、 X_{16} 为例进行计算(表 4)。

3.2 叶节点概率分析

根据其他节点条件概率表, 运用 Netica 软件进行模拟仿真, 计算结果中“YES”“Middle”“NO”分别对应模糊状态 1.0、0.5、0。可求得叶节点 T 各故障状态发生概率:

$$P(T=0) = 0.083; \quad (13)$$

$$P(T=0.5) = 0.115; \quad (14)$$

$$P(T=1) = 0.802 \quad (15)$$

计算结果表明, 烟台大学 2 号学生公寓发生火灾的概率近似为 0.8, 极有可能发生火灾事故, 与该事件非常吻合。这也进一步验证了本文提出的高校宿舍火灾多态模糊贝叶斯评价方法可行性合理性。

3.3 根节点后验概率分析

后验概率是系统风险评价的重要指标。依据式(7)计算出叶节点 T 在故障状态 1 时, 贝叶斯网络中各根节点 X_i 极有可能发生(状态值为 1)的后验概率。根据表 6 可得到, 当高校宿舍发生“严重”火灾事故时, 根节点 X_6 、 X_4 、 X_3 、 X_{17} 、 X_1 的后验概率较大, 它们是最可能导致宿舍发生严重火灾的致灾因子集。基于后验概率可对高校宿舍火灾风险进行预测, 并进一步修正先验概率, 不断提高风险评价的科学性和精准性。

表 6 根节点后验概率

根节点 X_i	$P(X = X_i^{a_i} T=1)$	根节点 X_i	$P(X = X_i^{a_i} T=1)$
X_1	0.650	X_{13}	0.211
X_2	0.337	X_{14}	0.080
X_3	0.779	X_{15}	0.202
X_4	0.829	X_{16}	0.422
X_5	0	X_{17}	0.741
X_6	0.850	X_{18}	0.340
X_7	0.050	X_{19}	0.090
X_8	0.101	X_{20}	0.450
X_9	0.102	X_{21}	0.050
X_{10}	0.210	X_{22}	0.120
X_{11}	0.080	X_{23}	0.100
X_{12}	0.541		

3.4 根节点重要度分析

及时识别出关键致灾因子对高校宿舍火灾应急管理具有十分重要的意义。通过根节点重要度分析能够精准识别出高校宿舍火灾关键致灾因子, 对其及时管控能够进一步减少火灾发生的风险。利用式(8)计算出贝叶斯网络中根节点 X_i 对叶节点 T 在故障状态 0.5 和 1 时的重要度。由表 7 可知, 叶节点模糊状态值分别 0.5 和 1 时, 贝叶斯网络中根节点 X_6 的重要度都是最高的, 说明 X_6 是引发烟台大学 2 号学生公寓火灾的关键因素; 在重要度较大的 5 个根节点中, 均包括 X_6 、 X_3 、 X_{17} 、 X_{18} 、 X_{15} , 说明这 5 个根节点是本次火灾的主要致灾因素。在火灾发生前, 对上述节点积极排查, 可最大程度减小事件发生的风险。

表 7 根节点重要度

排序	根节点 X_i	$I_{0.5}^{Cr}(x_i)$	根节点 X_i	$I_1^{Cr}(X_i)$
1	X_6	0.188	X_6	0.325
2	X_{17}	0.093	X_3	0.264
3	X_{18}	0.083	X_{17}	0.201
4	X_3	0.064	X_{18}	0.099
5	X_{15}	0.043	X_{15}	0.085

4 结论

(1) 本文提出了一种基于多态模糊贝叶斯的高校宿舍火灾风险评价方法, 结合专家调查法和三角模糊子集描述根节点先验概率, 保证了数据的准确性。用模糊数描述节点故障状态, 克服了传统贝叶斯网络过度依赖精确概率以及不能考虑节点中间故障状态的问题。

(2) 基于多态模糊贝叶斯风险评价法能够有效解决信息模糊及数据缺乏的问题, 借助 BN 双向推

理和根节点重要度分析, 能够对高校宿舍火灾进行实时动态风险分析, 同时进行事故致灾诊断, 为高校宿舍火灾风险控制提供有效指导。

(3) 应用基于多态模糊贝叶斯的高校宿舍火灾风险评价方法对烟台大学学生公寓火灾进行了分析, 得到的实验结果与实际情况高度吻合, 有效证明了该方法的科学性和合理性。

参考文献:

- [1] 张村峰, 卞奇侃, 蒋军成. 基于“事故树-层次分析法”的高校学生宿舍火灾风险分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(10): 100-105.
- [2] 陈硕, 韩蕾. 火灾风险评估工程法在高校宿舍中的应用[J]. 消防科学与技术, 2011, 30(10): 969-972.
- [3] 田禹, 崔浩浩, 孟欢欢, 等. 大学生宿舍潜在火灾危险性调查研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(5): 144-147.
- [4] 钟诗颖, 李树清, 颜智, 等. 基于解释结构模型的宿舍火灾事故影响因素分析[J]. 工业安全与环保, 2012, 38(11): 7-9.
- [5] 田好敏, 孙广灿. 高校学生宿舍火灾风险与综合评价[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(5): 131-135.
- [6] 高进东. 高校学生宿舍火灾风险的灰关联评估[J]. 科技导报, 2013, 31(S2): 94-98.
- [7] 张渤冬, 袁江滢, 罗粒侨. 高校宿舍火灾风险评估研究[J]. 中国公共安全(学术版), 2019(2): 62-65.
- [8] 周梅, 赵素娟, 莫育强. 基于熵权可拓理论的高校高层学生宿舍火灾风险评价研究[J]. 工程管理学报, 2020, 34(5): 86-90.
- [9] 张立宁, 范良琼, 安晶, 等. 基于 PCA-RBF 的高校学生宿舍火灾安全评价及应用[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(3): 921-926.
- [10] 宋英华, 王雅琪, 霍非舟, 等. 基于灰关联-证据理论的高校宿舍火灾风险评价方法[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(6): 2357-2364.
- [11] 杨海峰, 翟国方, 葛懿夫, 等. 基于贝叶斯网络的城市内涝风险格局优化: 以安徽滁州市中心城区为例[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 181-187.
- [12] 王金辉, 郝伟, 陶泽, 等. 基于模糊贝叶斯网络的塔吊作业安全风险评估[J]. 安全与环境工程, 2021, 28(4): 15-20.

Fire Risk Assessment of University Dormitory Based on Polymorphic Fuzzy Bayesian Network

WU Shuqiang^{1,2}, SHAO Bilin¹, BIAN Genqing³, ZHANG Zhixia¹

(1. School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science and Technology,

Xi'an 710021, China; 3. Information and Control Engineering Institute, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: University dormitory fires are characterized by wide impact and complexity, while traditional research methods have limitations in polymorphism and dynamic analysis of dormitory fire risks. Propose a risk evaluation method of college dormitory fire according to polymorphic fuzzy Bayesian network according to 86 college dormitory fire cases at home and abroad, determine a risk evaluation system containing 23 three-level indicators, construct a college dormitory fire fault tree, and construct the corresponding Bayesian model through the fault tree transformation method; transform the expert evaluation semantics into a determined root node prior probability through a triangular fuzzy subset of The node fault states are described by $[0, 1]$ fuzzy numbers, which overcomes the problems that traditional Bayesian networks rely too much on exact probabilities and cannot consider the intermediate fault states of nodes; based on Bayesian two-way inference and root node importance analysis, the probability of fire occurrence in college dormitory is calculated, and the key causative factors are identified for accident causation diagnosis. The results of the case validation show that the multistate fuzzy Bayesian network can accurately evaluate the risk of college dormitory fire and identify the key causative factors, which can provide a reference for decision making in college dormitory fire risk management.

Keywords: college; dormitory fire; polymorphic fuzzy Bayesian network; risk evaluation; emergency management