

文章编号: 0465-7942-(2019)06-0099-06

集成 DEMATEL/ISM 的木材产业园消防风险影响因素研究

薛伟¹, 耿志伟¹, 王海滨¹, 张华超^{1,2}, 郭德禹²

(1. 东北林业大学 工程技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;

2. 长白山森工集团 白河林业局, 吉林 延边朝鲜族自治州 133000)

摘要: 为深入了解木材产业园区消防风险发生机制,提高木材产业园区的消防安全性和消防管理水平,基于系统论、事故致因理论、危险源理论等理论,建立包含5个方面、17个因素的木材产业园区消防风险影响指标体系,进而运用集成 DEMATEL/ISM 法,基于影响因素间的相互作用关系,构建因素间影响关系矩阵,建立因素解释结构模型,以分析木材产业园区消防风险影响因素的重要程度,并明确因素间的逻辑关系.结果表明,木材产业园区消防安全影响因素体系包含8个原因因素,9个结果因素,构建为5级3阶的多级递阶结构,从直接原因、间接原因、本质原因3方面提出具体消防风险管控措施,为木材产业园区的安全生产、科学管理及消防安全决策提供理论依据.

关键词: 木材产业园区; 消防风险; 影响因素; 决策试验和评价实验室; 解释结构模型

中图分类号: X932

文献标志码: A

0 引言

木材产业园区集木材存储、加工、干燥、运输、销售等多个环节、多家企业于一体,是林业产业集群集聚的重要载体^[1].但园区内企业、木材资源、设备、人员等的高集聚性在推动区域经济增长的同时也增加了园区的消防安全风险.一旦发生火灾,引发区域连锁反应,将造成社会、经济、生态多方面重大损失.

为有效预防木材产业火灾事故发生,减少火灾隐患,众多学者对木材行业火灾危险性进行了研究.王竟萱等^[2]剖析了木材加工存在的火灾危险性并提出针对性的火灾预防措施;刘红涛^[3]结合木材加工的特点,以北京市木材加工厂为调研对象,探究木材加工行业在建筑、电气、生产储存、明火作业、消防安全设施方面可能存在的火灾隐患及对应的防火对策;孙百枝^[4]针对木材加工聚集地区区域性火灾隐患,探究其火灾隐患日益凸起的成因,分析火灾隐患整改重点、要点与难点,由此可见前人研究成果主要集中在火灾危险源识别及预防措施方面.但是,木材产业园区的消防风险受多个因素影响,且因素间相互作用、耦合,形成关系复杂的灰色系统,单纯的消防隐患识别已不能满足新型消防安全管理要求^[5].因此有必要从影响因素角度出发,构建火灾风险影响因素体系,分析木材产业园区消防风险发生机制,有效且正确地把控木材产业园区消防风险管理方向.集成 DEMATEL/ISM 方法(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory—Interpretive Structure Modeling),利用两者的互补性,能定量和定性地系统分析影响因素,且能简化计算步骤、降低计算难度,在事故分析、企业管理等多领域取得了较好的应用结果.

基于以上分析,拟运用集成 DEMATEL/ISM 方法,综合考虑木材产业园区消防风险影响因素的模糊性与交互性,构建木材产业园区消防安全影响因素分析模型,确定木材产业园区消防风险影响因素的重要程度与逻辑结构,以期为木材产业园区消防风险评估模型的建立与有效消防风险的管控和监督提供理论依据.

1 集成 DEMATEL/ISM 方法

DEMATEL 方法可以准确分析因素的重要程度,ISM 方法能够明确因素的逻辑结构.集成 DEMATEL/ISM 两种方法特点,利用 DEMATEL 方法计算结果并引入阈值 λ ,获得 ISM 方法所需的可达矩阵,进而建立因素的解释结构模型,使因素间的逻辑结构划分更为直观清晰,便于分析决策^[6-7].

收稿日期: 2019-07-25

基金项目: 国家自然科学基金(31500587);中央高校基本科研业务费专项资金(2572017AB19)

作者简介: 薛伟(1962-),男,黑龙江绥化人,教授,博士生导师,研究方向:林业装备工程,林业工程管理与林业信息工程. E-mail: nefuxw1962@163.com

1.1 建立直接影响矩阵

根据研究对象确定影响指标集 C , 划分指标间相互影响程度的等级标度 L 和对应量值 l , 量化分析要素间的相互影响作用, 建立要素间的原始直接影响矩阵 A .

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 a_{ij} 表示因素 C_i 对因素 C_j 的影响程度. 若运用专家调查法获得 R 个直接影响矩阵, 则利用均值法进行数据处理, 如式(2)所示.

$$a_{ij} = (a_{ij}^1 + a_{ij}^2 + \dots + a_{ij}^R) / R \quad (2)$$

1.2 规范化直接影响矩阵

采用最大行值法对直接影响矩阵进行规范化, 如式(3)所示, 规范化影响矩阵记为 A' ^[8].

$$A' = A / \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \quad (3)$$

1.3 求解综合影响矩阵

综合影响矩阵通过式(4)计算^[9].

$$T = A'(I - A')^{-1} = (t_{ij})_{n \times n} \quad (4)$$

式中, T 为综合影响矩阵, I 为单位矩阵.

1.4 计算影响度、被影响度、原因度和中心度

影响度表明该因素对其他因素的综合影响程度; 被影响度表明该因素受其他因素的综合影响程度; 原因度将影响因素分为原因因素与结果因素; 中心度表明该因素在体系中的重要程度. 影响度 B_i 、被影响度 D_i 、原因度 E_i 、中心度 F_i 的计算公式依次如式(5)–(8)所示^[10].

$$B_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$D_i = \sum_{i=1}^n t_{ij}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

$$E_i = B_i - D_i, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$F_i = B_i + D_i, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

1.5 绘制因果图

以中心度为横坐标, 以原因度为纵坐标, 绘制因果图, 并结合象限确定法, 对影响因素属性与重要程度进行分析^[11].

1.6 计算可达矩阵

(1) 建立整体影响矩阵 H

$$H = I + T = (h_{ij})_{n \times n} \quad (9)$$

式中 I 为 n 阶单位矩阵, T 为综合影响矩阵.

(2) 确定阈值 λ

$$\lambda = \alpha + \beta \quad (10)$$

式中, α 、 β 分别指综合影响矩阵 T 的均值和标准差. 不同的 λ 取值对应的影响因素逻辑关系不同^[12]. λ 取值的选取较多根据专家经验, 主观性强, 而用基于统计分布的均值与标准差之和代替更具有客观性, 可降低主观性影响.

(3) 确立可达矩阵 M

$$M = (m_{ij})_{n \times n}, m_{ij} = \begin{cases} 1, h_{ij} \geq \lambda \\ 0, h_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (11)$$

式中 $m_{ij}=1$ 表示因素 C_i 对 C_j 有直接影响, $m_{ij}=0$ 表示因素 C_i 对 C_j 无直接影响。

1.7 建立层次递阶模型

对可达矩阵进行分解,确定影响因素的可达集 $X(C_i)$ 、先行集 $Y(C_i)$,进而依次分级获得木材产业园区消防安全影响因素的层级结构,最终建立阈值下的解释结构模型^[13]。

$$X(C_i) \cap Y(C_i) = X(C_i) \quad (12)$$

2 木材产业园区消防风险因素体系建立

依据木材产业园区的生产特点与火灾特性,基于德尔菲法,结合系统论、事故致因理论、危险源理论等相关理论^[14-16],从人员、设备、可燃物、环境与管理5个方面提取17个木材产业园区消防风险影响因素,如图1所示,各影响因素的详细释义如表1所示。

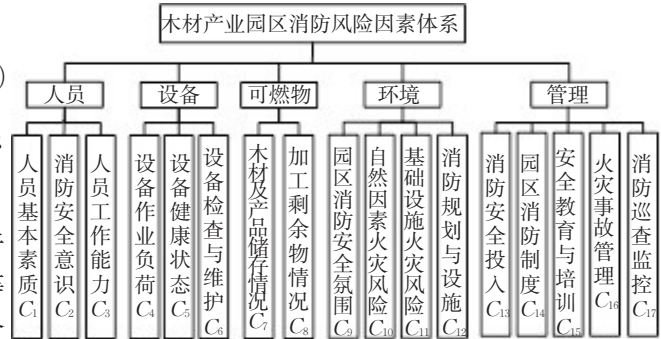


图1 消防安全影响因素集

Fig.1 Set of fire safety influence factors

表1 木材产业园区消防风险因素及其释义

Table 1 Factors and definitions influencing fire safety in wood industrial parks

风险因素	释义
人员基本素质	人员的身体素质、心理素质、文化素养
消防安全意识	对消防安全的认知程度、认同态度、责任意识
人员工作能力	决策者的决策能力、管理者的管理能力、操作者的作业能力
设备作业负荷	设备负荷率,设备连续作业时间
设备健康状态	设备完好度,设备故障率
设备检查与维护	设备基础检查,设备维修,设备养护
木材及产品储存情况	原料与产品储存量,堆场或仓库的储存密度
加工剩余物情况	加工剩余物的定点存放、存放密度、定期清理
园区消防安全氛围	园区生产环境,园区消防安全的参与度、安全行为间的相互影响力
自然因素火灾风险	温度、风速、空气湿度等气象因素危险程度
基础设施火灾风险	建筑物耐火等级、电气线路的防火处理情况
消防规划与设施	园区的消防站、消防通道、消防通信、消防疏散、消防供水等的基础设施情况,灭火救援力量,消防器材的配置情况
消防安全投入	为保证消防安全投入的所有人力、物力、财力
消防安全制度	消防管理制度,消防组织人员的安全责任分配与工作规范,生产作业规程,消防绩效等
安全教育与培训	安全技术交底、消防安全知识教育、消防设施操作培训、火灾应急处置演练
火灾事故管理	火灾应急预案设立、火灾事故调查与通报,火灾档案管理
消防巡查监控	现场火灾隐患排查、危险源火险监控、消防设施维护

3 园区消防安全影响因素分析

3.1 建立 DEMATEL 分析模型

(1)划分影响程度的等级标度: 将指标间相互影响程度划分为 L_1 到 L_5 由低到高五个等级,如表2所示。

表2 影响等级标度表

Table 2 Scale of influence levels

影响等级	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
影响程度	无影响	弱影响	中度影响	较强影响	强影响
程度量值	0	1	2	3	4

(2)直接影响矩阵的构建: 采用德尔菲法获得17个因素间的直接影响矩阵A,如表3所示。

表3 直接影响矩阵A
Table 3 Direct influence matrix A

Table with 17 columns (C1-C17) and 17 rows (C1-C17) containing numerical values representing the direct influence matrix A.

(3)影响度、被影响度、原因度、中心度求取: 按照式(3)–(8)对直接影响矩阵进行计算, 获得各因素的影响度Bi、被影响度Di、原因度Ei、中心度Fi, 如表4所示.

表4 各因素影响度、被影响度、原因度、中心度
Table 4 Influence degree, influenced degree, center degree and cause degree of factors

Table with 17 columns (C1-C17) and 17 rows (Bi, Di, Ei, Fi) containing influence, influenced, cause, and center degrees for each factor.

(4)绘制因果图: 以中心度Fi为横坐标, 原因度Ei为纵坐标, 绘制影响因素间的因果关系图, 并进一步引入中心度标准值, 利用象限确定法对因素进行划区, 如图2所示.

3.2 建立ISM模型

计算综合影响矩阵T的元素均值与标准差, 得λ=0.153 6+ 0.042 8=0.158. 按照式(9)–(11)获得可达矩阵M, 运用式(12)获得木材产业园区消防风险因素的多级ISM模型, 如图3所示.

3.3 结果分析

(1)因素属性分析: 按照原因度大于0为原因型因素, 反之则为结果型因素的原则, 木材产业园区消防风险因素包含8个原因因素和9个结果因素. 按照原因度大小, 原因因素依次为C1人员基本素

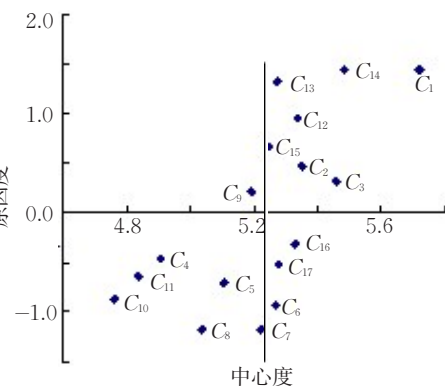


图2 影响因素因果图

Fig.2 Reason and result figure of factors

质、C₁₄园区消防制度、C₁₃消防安全投入、C₁₂消防规划与消防设施、C₁₅安全教育与培训、C₂消防安全意识、C₃人员工作能力、C₉园区消防安全氛围,结果因素依次为C₁₆火灾事故管理、C₄设备作业负荷、C₁₇消防巡查与监管、C₁₁基础设火灾风险、C₅设备健康状况、C₁₀自然因素火灾风险、C₆设备检查与维护、C₈加工剩余物情况、C₇木材及产品储存情况。

从原因型因素可看出,木材产业园区的消防风险主要来自人员、管理和消防环境方面,在园区的消防风险中具有支配性作用;从结果型因素中可以看出,设备、可燃物、消防环境是引发火灾事故发生的主要原因,火灾事故管理、消防巡查与监控等监管因素作为与直接原因联系的关键节点,对消防风险的影响显著。

(2)因素重要性分析:中心度反映了各影响因素在消防风险体系中的重要性.按照中心度从大到小进行排序,依次为C₁、C₁₄、C₃、C₂、C₁₂、C₁₆、C₁₇、C₁₃、C₆、C₁₅、C₇、C₉、C₅、C₈、C₄、C₁₁、C₁₀。

C₁、C₁₄、C₃、C₂在8个原因因素中排前4位,其中包含所有人员因素,说明人员是影响木材产业园区消防安全的最重要方面,而决策者、各级管理者和一线操作人员在消防风险防控上起主导作用。

C₁₆、C₁₇、C₆、C₇的中心度在9个结果因素中排前4位,其中合理的储存与设备维护是减少火灾事故发生的物质基础,而有效的监管能及时排查火灾隐患,从整体上提高园区消防的安全性。

根据象限确定法对因素进行分区,取所有因素中心度的均值作为中心度标准值(本文中为5.23),C₁、C₁₄、C₃、C₂、C₁₂、C₁₃、C₁₅位于第一象限,属于关键型因子,C₉位于第二象限,属于影响力型因子;C₇、C₅、C₈、C₄、C₁₁、C₁₀位于第三象限属于结果型因子;C₁₆、C₁₇、C₆位于第四象限属于过渡型因子。

(3)因素逻辑关系分析:C₅、C₆、C₇、C₈、C₁₀、C₁₁位于第1级,此类因素与设备、可燃物、基础设施、气象条件等因素有关,往往是导致火灾事故发生的直接原因,其他因素通过作用于这6个因素进而影响园区消防安全。

C₂、C₁₂、C₁₅位于第4级,C₃、C₉位于第3级,C₄、C₁₆、C₁₇位于第2级,此类因素一方面通过影响人员的消防意识和工作能力,进而影响火灾发生的可能性,另一方面通过消防规划与设施、消防安全教育与培训等因素控制火灾蔓延,进而影响火灾事故损失,因此是引发消防风险的间接原因。

C₁、C₁₃、C₁₄位于第5级,此类因素为木材产业园区消防安全的基础,为火灾事故发生的本质原因。

3.4 园区消防风险管控措施

在直接原因层面,要降低木材产业园区的消防风险,必须进一步完善设备的使用、维护与保养规范,明确可燃物储存规范和基础设施的防火处理规范,设定极端气象条件下的应急预案,准确排查火灾隐患,有效降低消防风险.虽能取得快速而显著的效果,但也不能忽略间接影响因素对措施实施过程中的影响.在间接原因层面,消防风险的有效处理是避免火灾事故发生的關鍵.一方面,合理规划消防安全教育与培训并定期检查培训效果,提高人员消防安全意识、人员消防工作能力;另一方面,统一规划园区的消防布局,与企业对接消防设施布控,塑造良好的园区消防环境.同时在消防巡查监控与火灾事故管理过程中要建立决策人员、管理人员、一线人员等多方人员的有效沟通机制,保证管理行为的及时性与有效性,进而降低园区消防风险.在本质原因层面,消防安全投入和消防管理制度是消防安全管理的前提.人员的基本素质,如人员来源、质量、接受能力和技能短板等,是制定安全教育与培训计划的重要依据.因此从木材产业园区消防风险的本质原因层面来说,应当保障消防安全投入,健全消防安全制度,进一步提升人员素质,从根本上降低园区消防风险和预防火灾发生。

4 结 论

(1)依据木材产业园区的生产特点与火灾特性,从系统论角度出发建立包含人、机、物、环与管5个方面、17个影响因素的木材产业园区消防风险指标体系,为建立木材产业园区火险评估模型提供理论和数据支持。

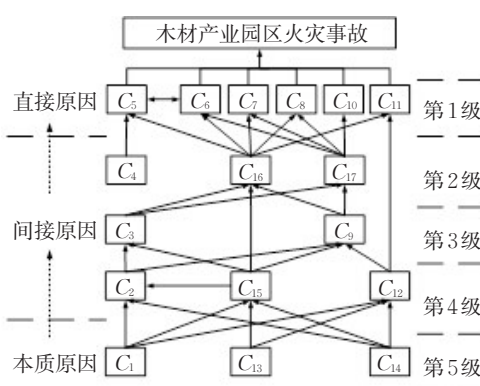


图3 影响因素层次解释结构模型

Fig.3 Factors hierarchical ISM

(2)运用DEMATEL/ISM方法对木材产业园区消防风险影响因素进行研究,划分了因素属性,分析了因素重要程度,构建了影响因素的解释结构模型,为建立有效的消防风险管理机制提供理论依据.

(3)从直接原因、间接原因与本质原因角度出发,明晰了木材产业园区消防风险的管控方向与措施,为木材产业园区消防安全的有效管理提供科学指导意见.

参 考 文 献

- 1 夏永红, 沈文星. 中国林产工业集聚水平测度及演进趋势与产业经济增长—基于2003—2016年数据的实证分析[J]. 世界林业研究, 2018(6): 42—47.
- 2 王竟萱, 李珍玉. 木材加工厂的火灾危险性分析[J]. 安全与环境工程, 2010, 17(5): 66—68.
- 3 刘红涛. 木材加工行业火灾隐患概述及防火对策研究[J]. 建筑科学, 2015, 31(4): 120—122.
- 4 孙百技. 浅谈木材加工聚集地火灾隐患及区域性整治[J]. 四川建筑, 2017, 37(4): 278—279.
- 5 朱丽晶. 园区消防风险评估与管理[J]. 劳动保护, 2018(11): 21—23.
- 6 周德群, 章 玲. 集成DEMATEL/ISM的复杂系统层次划分研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(2): 20—26.
- 7 覃 睿, 王 瑞, 秦 雪. 国家创业系统的结构层次及关键要素识别—基于DEMATEL与ISM的集成法[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(6): 45—50.
- 8 补利军, 于振江, 邵泽开. 集成DEMATEL/ISM的高校消防安全管理影响因素研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(11): 129—134.
- 9 张国宝, 鲍闪闪, 汪伟忠, 等. 矿工情境意识驱动模型构建及实证研究[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(4): 1 381—1 385.
- 10 罗周全, 程鹏毅. 基于DEMATEL—ISM的地下金属矿山人机系统事故影响因素分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(12): 145—151.
- 11 孙永河, 秦思思, 段万春. 复杂系DEMATEL关键因素遴选新方法[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(8): 229—233.
- 12 孙 晶. 复杂系统DEMATEL阈值确定方法研究[D]. 昆明: 昆明理工大学 管理与经济学院, 2018.
- 13 李辉山, 蒋倩倩. 基于 DEMATEL—ISM的建筑工人不安全行为影响因素研究[J]. 工程管理学报, 2019, 3(4): 143—147.
- 14 于春华. 火灾事故致因机理研究[J]. 消防科学与技术, 2013, 32(2): 221—224.
- 15 王述洋, 张建华. 木材加工类企业安全性评价指标体系及方法的研究[J]. 世界林业研究, 1993(2): 39—45.
- 16 陈 全. 事故致因因素和危险源理论分析[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(10): 67—71.

Research on Factors Influencing Fire Danger in Wood Industrial Parks Based on DEMATEL/ISM

Xue Wei¹, Geng Zhiwei¹, Wang Haibin¹, Zhang Huachao^{1,2}, Guo Deyu²

(1. College of Engineering and Technology, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;

2. BaiHe Forestry Bureau, Changbai Mountain Forest Industry Group, Yanbian 133000, China)

Abstract: To insight into the fire danger mechanism of wood industrial parks and improve the fire safety as well as the fire prevention management of wood industrial park, 17 factors influencing fire danger of wood industrial parks are summarized from personnel, equipment, combustible, environment and man-agement perspectives based on the system theory, the accident causation theory and the hazard theory in this paper. Then the integrated DEMATEL/ISM method is applied to build influence matrix and logical structure model of the fire danger influencing factors in wood industrial parks with the interaction relationship between various influencing factors in consideration to analyze factors' importance and logical relationship. The analysis result shows that fire safety influencing factors system of wood industrial parks is composed of 8 result factors and 9 cause factors which can be divided into 5levels—3class multilevel hierarchical structure. In the end, the concrete fire risk control measures are put forward from three aspects, that is immediate cause, remote cause and basic cause, which will provide theoretical basis for safe production, scientific management and decision-making in wood industrial parks.

Key words: wood industrial parks; fire danger; influencing factors; DEMATEL; ISM