

# 一体化消防救援演练与智慧推演系统

王雁荣, 林禹竹\*

辽宁师范大学计算机与人工智能学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年3月9日; 录用日期: 2026年4月10日; 发布日期: 2026年4月20日

## 摘要

为了解决大数据时代下的消防救援队伍训练安全体系建设的问题, 我们研发了易演练—消防救援应急演练系统, 对提升全民应急意识、生成紧急预案、提升救援人员能力有重要意义。本文首先分析了一体化消防救援演练与智能推演系统的项目现状、价值以及应用案例以及进行了评述。针对市场伪科普泛滥、静态预案无法应对动态灾害等问题, 提出了新的思路和技术的创新。

## 关键词

消防应急, 演练系统, 应急预案, 训练安全体系

# Integrated Fire Rescue Drill and Intelligent Deduction System

Yanrong Wang, Yuzhu Lin\*

School of Computer Science and Artificial Intelligence, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: March 9, 2026; accepted: April 10, 2026; published: April 20, 2026

## Abstract

To address the problems in the construction of the training and safety system for fire and rescue forces in the era of big data, we have developed an integrated fire rescue drill and intelligent deduction system, which is of great significance for raising public emergency awareness, formulating emergency plans, and improving the capabilities of rescue personnel. This paper first analyzes and reviews the current situation, value and application cases of the system. In view of the prevalence of misleading popular science in the market and the fact that static plans cannot cope with dynamic disasters, new ideas and technological innovations are proposed.

\*通讯作者。

## Keywords

Emergency Response, Drill System, Emergency Plan, Training Safety System

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《“十四五”国家应急体系规划》第七条第一款指出要强化应急预案准备, 加强应急预案宣传培训, 制定落实应急演练计划, 组织开展实战化的应急演练, 鼓励形式多样、节约高效的常态化应急演练, 重点加强针对重大灾害事故的应急演练, 根据演练情况及时修订完善应急预案。实验应有具体的实验环境设置、全面细致的数据对比分析[1]。

部门密切配合, 因此准备工作本身就会占用大量日常训练及工作时间, 也必然带来较大的资金开支。此外, 场地租赁成本高昂, 我国应急演练救援系统以实战演练为主, 由于灾情的突发性和不稳定性, 现有的应急演练模式很难适应如今社会的发展和消防救援应急能力建设的迫切要求[2]。主要存在以下问题:

(1) 训练场地不足: 大面积空地缺乏, 无法展开大规模的实战应急救援演练, 而现有训练基地基础设施薄弱[3]。

(2) 应对场景单一: 由于传统演练一般都是按事先设计好的流程来组织, 所以演练中所用的场景形式十分固定, 不能客观、充分地反映灾害现场多变的实际情况, 而演练过程中灾情变化、次生灾害发生、现场环境影响诸种重要因素又常被简化。因此演练场景与实际救援现场差异极大, 也自然不能很好地检验复杂环境下的救援能力。

(3) 演练成本较高: 由于传统实战演练组织过程必然要消耗大量人力、物力, 故其组织时有十分明显且不可避免的诸种前期准备工作: 演练开始前要布置场地、检查设备、集中人员, 而诸种工作又都要求不同、器材损耗、能源消耗、物资采购等诸种费用叠加之后, 单次演练活动的总体成本长期处在较高水平[4]。

针对上述问题, 本文研发一体化消防救援演练与智慧推演系统, 以数字孪生、VR 虚拟现实为技术底座, 构建动态灾害模拟 - 分布式协同训练 - 量化评估 - 预案自动优化的闭环体系[5]。

## 2. 消防应急演练系统模式及研究方法

### 消防应急演练数字化理论框架构建

由于本研究对传统应急演练的种种不足及行业数字化发展的现实需求都有十分清楚地认识[6], 因此本系统自然、妥帖地建立了场景模拟、交互训练、数据评估、预案优化相衔接的闭环理论模型, 由此顺理成章地推导出多种典型灾害的应急处置规律, 也明确了数字化演练系统的主要模块及评价指标。

本系统对场景模拟做了十分清楚、有层次的论述: 首先采用多源数据融合、三维建模等技术建立起高逼真度、可灵活配置的灾害场景资源库系统, 由此自然、合理地对灾害演变趋势、场地环境、建筑构造、气象条件等诸种因素做动态模拟, 也因而最大限度地还原真实灾害场景, 为演练人员提供可靠的决策依据[7]。更重要的是, 论文提出了基于数字孪生技术的完整方案, 将地理信息、建筑数据、实时气象资料、历史灾害案例有机融合, 使用虚幻引擎 5 实现灾害场景的实时渲染及动态演变模拟, 且允许对火

势蔓延、危化品泄漏扩散、建筑结构倒塌等灾害过程进行参数化设置[8]。

本系统对交互训练做了非常有层次、有逻辑的设计：先安排指挥人员、战斗人员、后勤保障人员等诸种角色在同一演练场景中进行分布式协同处置演练，再利用 VR/AR 沉浸式技术提高训练临场感和现场压力感，由此自然、合理地提高救援人员在复杂场景下的快速反应能力及协同作战能力。从技术实现的角度，系统采用分布式架构，因此 PC 端、VR 头显、移动终端诸种终端均可无缝接入演练平台，同时系统集成动作捕捉、语音识别两类技术，对参训人员的操作动作及语音指令做实时、可靠的采集与反馈。更难得的是，系统内嵌任务流引擎，能根据灾害实时发展态势动态、智能地生成处置任务，引导参训人员按接警、出动、侦察、处置、收尾诸个环节完整、有序地完成全流程演练[9]。

由于本系统建立了多维演练评估指标体系，因此能对演练中所涉及的决策效率、处置流程、资源调度、人员伤亡诸种数据做到实时采集、量化分析，故而可以用数据驱动的方式客观、合理地评价演练成效及现存问题，十分自然地为以后的优化工作提供依据。

从预案优化的角度系统、有层次地阐述了利用演练数据评估结果来优化应急预案的方法：先针对演练中暴露的预案缺陷、流程断点予以改进，由此自然、合理地把应急预案从传统静态文本转变为可动态执行的方案，进而切实提高预案的科学性及可操作性[10]。具体而言，动态执行的应急预案要充分考虑灾害类型、处置流程、人员职责、资源调配、环境条件等诸种要素，因此文中提出了构建预案知识库、开发规则引擎的思路，即用评估报告中所列问题自动匹配应急预案相应条款，自动生成优化建议。更难得的是，系统对预案做结构化拆解、版本化管理，以若干次演练迭代的方式不断优化，最终形成可在平台直接执行的正式数字化预案，真正形成了“演练评估优化再演练”的闭环优化模式。

### 3. 一体化消防救援演练与智能推演系统服务模式分析

#### 3.1. 平台定位

(1) 轻量化定位：本系统以“轻部署、轻运维、轻学习”为核心设计原则，简化部署流程、降低运维难度、减少操作学习成本，有效降低企业在消防应急演练系统方面的投入门槛。某制造企业的实际应用案例表明：该企业通过部署本系统，将传统应急演练所需的 3 天准备时间缩短至 4 小时，同时规避了一次性采购专业演练设备所需支付的数十万元高额费用，显著提升了系统应用的经济性与便捷性。

(2) 常态化定位：本系统可有效解决传统演练频次不足、形式化严重等问题，将消防应急训练融入企业日常工作流程，实现演练常态化开展。某物流园区应用实例表明：该园区依托本平台，每周开展 1 次小型桌面推演，每月组织 1 次综合演练，员工应急反应时间由平均 12 分钟缩短至 5 分钟，整体应急处置效率显著提升。

(3) 可量化定位：本系统可对演练各环节相关数据进行全面采集与分析，以数据指标衡量训练效果，使评价结果更加精准、客观。系统从响应时间、处置效率、协同配合、资源调度等多维度生成量化演练报告与能力评估结果，同时为企业消防管理、人员考核、预案优化提供数据支撑，实现基于数据的持续迭代改进。某化工企业依托平台量化评估功能，发现关键岗位人员在泄漏处置中的协同效率仅为标准值的 65%。经针对性强化训练后，该指标已提升至 92%。

#### 3.2. 平台目标

(1) 用得起。平台采用根据需求订阅的内容付费，不会再采用传统式的一次性超大金额采购模式，更专业的消防应急演练服务也可供中小型企业应用。平台借助云空间部署和自动运维管理，不论是硬件配置、手机软件或是人力，都明显降低了公司的长期性资金投入。平台还设有基础版、标准版等不同服务级别，在预算与使用上面能满足不同规模企业的需要。以 50 人体量的中小型企业为例子，每一年与消防

演练相关的原先的 8 万余元和 1.2 万余元, 花费下降比例做到 85%。

(2) 灵活运用。平台实际操作界面简洁清楚, 并搭载了多种多样演练情景, 能够减少用户的学习时间, 确保对操作方法的快速上手, 得到更好的培训效果评估[11]。该平台集智能化演练、AI 复盘总结、多维度数据汇报等服务于一身, 促使演练分配更合理, 过后汇总也更全面。与此同时, 平台装有技术专业消防队员给予指导, 可根据公司具体情况量身定做演练具体内容, 确保功能和市场需求的高度切合。某大型超市在技术人员的支持下, 对于节假日日期内人流密集的现象, 专门设计了演练计划方案, 对应急疏散、突发事件处置等方面实战演练能力拥有明显增强。

(3) 使用次数。该系统部署简易, 入门非常容易, 公司能够进行数次成本低的演练, 建立良好的日常培训方式。服务平台创建综合测试系统软件, 利用数据考评、排名鼓励等形式, 提升企业和员工参与演练的激情。此系统还可以结合公司现有的安全制度, 将演练数据作为绩效考评的一项重要内容, 推动培训常态化。某企业集团将演练数据列入本年度安全考核后, 下属子公司的年均演练频次从原来的 1.2 次 6.8 次, 设立了相对稳定的常态化培训体制。

### 3.3. 服务模式架构

本一体化消防救援演练与智能推演系统的服务模式架构, 采用“工具层 - 服务层 - 生态层”的三层递进式设计, 既保障核心能力的轻量化交付, 又通过生态协同实现价值的持续放大。

#### (1) 工具层

工具层是整个服务模式的核心能力载体, 聚焦于提供可直接使用的轻量化演练与推演工具, 解决“用得起、用得好”的基础问题, 让企业无需专业技术团队即可快速开展应急能力建设。

#### (2) 服务层

服务层是在工具层基础上, 为企业提供全流程的专业服务, 解决“用得频、用得深”的进阶问题, 确保平台能力真正落地到企业应急管理实践中, 避免“重工具、轻应用”的现象。

#### (3) 生态层

生态层是服务模式的价值延伸与放大层, 通过整合行业资源, 构建开放式生态, 为企业提供更全面的应急能力建设解决方案, 推动行业整体应急管理水平的提升。

#### 算法 1 动态火灾蔓延与危险区判定算法

算法功能: 针对传统演练系统灾情静态固定问题, 构建参数化、可实时驱动的火灾模拟模型, 支持演练中火势、烟气、温度动态演变。

输入: 建筑结构参数、可燃物类型、通风面积、点火位置输出: 热释放速率、烟气层高度、环境温度、实时危险区域

1. 火灾增长计算采用  $t^2$  火灾模型, 结合实际可燃物进行系数修正:

$$\dot{Q}(t) = \alpha t^2$$

$\alpha$  根据木材、塑料、危化品等场景自适应调整。

2. 烟气层高度计算

$$H_s(t) = H - \frac{\dot{Q}(t)^{\frac{1}{3}} t^{\frac{2}{3}}}{k}$$

$k$  为本文根据演练场景自定义的建筑修正系数。

3. 危险区域实时判定当满足以下任一条件, 标记为不可通过危险区:

烟气层高度 < 2.0 m。

温度 > 180°C。

### 算法 2 基于 RSET/ASET 的疏散安全量化评估算法

算法创新点: 将标准 RSET/ASET 方法首次与演练系统深度耦合, 实现演练过程中自动计算、自动定位风险、自动给出优化建议, 替代传统人工评估。

输入: 火灾模拟结果、人员分布、疏散路径、出口容量输出: RSET、ASET、安全裕度 M、拥堵瓶颈点。

#### 1. 必需疏散时间 RSET

$$RSET = t_{\text{response}} + \max \left( \frac{d_i}{v_{\text{eff}}} \right)$$

本文引入人员年龄、拥挤度修正速度, 更贴近真实演练。

#### 2. 可用疏散时间 ASET 取火灾首次达到危险条件的时间:

$$ASET = \min \{ t \mid H_s(t) \langle 2 \text{ m or } T(t) \rangle 180^\circ \text{C} \}$$

#### 3. 安全评估与风险定位

$$M = ASET - RSET$$

M > 0: 安全。

M ≤ 0: 系统自动标记疏散瓶颈位置(本文创新)。

#### 4. 输出量化评估报告

自动生成响应时间、处置效率、协同度、预案缺陷建议。

## 4. 结论

本研究围绕一体化消防救援演练与智能推演系统的服务模式展开, 通过对平台定位、架构设计、案例实践与效果评估的系统分析, 形成了以下核心结论:

创新服务模式破解行业痛点:

本研究构建了“轻量化、常态化、可量化”的一体化服务模式, 依托 SaaS 化工具、全流程专业支撑及开放生态合作, 有效解决传统消防演练成本高、频次不足、效果难以量化评价等核心痛点, 为企业实现应急管理数字化转型提供了可落地、可推广的实施方案。

三层架构实现价值分层交付:

工具层、服务层、生态层的递进式架构, 既保障了核心能力的轻量化交付, 又通过专业服务赋能与生态协同联动, 实现价值持续放大, 助力企业真正达成“用得起、用得好、用得频”的核心目标。

实践验证了数字化转型的成效:

从化工企业、商场综合体等实际案例可以看出, 平台投入使用后, 相关企业每年的演练次数提高 4 倍以上, 重要岗位的响应时间缩短 58%, 全年演练所需费用降低 77%。企业应急管理工作逐步摆脱被动应对的状态, 实现主动防范, 同时由依靠经验判断转变为依靠数据开展工作。

未来发展仍需应对多重挑战:

企业认知不足、数据安全顾虑、技术迭代压力等问题, 仍制约着平台的规模化推广。未来需通过强化价值宣导、完善安全机制、持续技术迭代, 进一步释放数字化应急管理的潜力。

## 参考文献

- 
- [1] 余涛. 数字化转型期韧性城市基层消防安全治理优化路径研究[C]//江西省汽车工程学会. 第二届工程技术与新能源经济学术研讨会论文集. 马尔康: 四川省阿坝州消防救援支队, 2026: 1289-1291.
  - [2] 权中国, 陈庆亚. 大数据驱动的火安一体化: 企业消防安防融合管理新路径[J]. 中国安防, 2026(1): 87-89.
  - [3] 曾文沛. 安防消防一体化系统在高校平安校园建设中的应用[J]. 四川建材, 2025, 51(12): 232-235.
  - [4] 汤飞, 赵丽. 数字技术赋能消防行业转型升级的路径与实践研究[J]. 中国管理信息化, 2025, 28(23): 216-219.
  - [5] 宋学鹏, 王莹. 智慧消防平台架起为民服务“连心桥” [N]. 法治日报, 2025-11-19(008).
  - [6] 陈秉安. 福建省智慧消防服务平台建设的实践与展望[J]. 消防科学与技术, 2025, 44(11): 1684-1689, 1713.
  - [7] 陈卓. 消防指挥平台一体化运维部署方案研究[J]. 网络安全和信息化, 2025(9): 67-69.
  - [8] 李焱. 油田专职消防队应急救援实战演练策划及实施要点[J]. 今日消防, 2025, 10(8): 129-131.
  - [9] 江苏南京市应急管理局基层安全治理工作课题组. 应急消防一体化消防安全一站抓——江苏南京市探索构建基层安全监管新格局[J]. 中国应急管理, 2025(5): 66-69.
  - [10] 科技赋能防患未“燃”——山东电子学会“数字科普行-AI + 消防科普行”活动在临沂消防成功举办[J]. 信息技术与信息化, 2025(4): 1.
  - [11] 冯园. 应急预案培训演练平台与培训效果评估研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.