

基于指挥要素的森林灭火指挥“一张图”系统设计

张文康¹, 刘 静^{2*}

¹中国人民警察大学研究生院, 河北 廊坊

²中国人民警察大学涉外安保学院, 河北 廊坊

收稿日期: 2022年4月24日; 录用日期: 2022年6月28日; 发布日期: 2022年7月5日

摘 要

为了增强消防救援队伍扑救处置森林火灾的能力、提高森林消防信息化建设水平, 本文以森林灭火救援组织指挥中的指挥要素为切入点, 从指挥者、指挥对象、指挥信息和指挥手段的角度, 分析了当前我国林火扑救指挥现场存在的问题, 进一步有针对性地提出了森林灭火指挥现场“一张图”系统解决方案。该系统可解决当前林火扑救指挥一线存在的问题, 有效提升林火扑救指挥调度现场的信息整合能力和态势感知能力, 弥补现有林火扑救指挥调度系统理论性的不足, 为林火扑救指挥提供辅助决策支持。

关键词

森林火灾, 灭火指挥, 指挥要素, 辅助决策, “一张图”系统

Design of “One Map” System for Forest Fire Fighting Command Based on Command Elements

Wenkang Zhang¹, Jing Liu^{2*}

¹Graduate School of China People’s Police University, Langfang Hebei

²Overseas Protection Department, China People’s Police University, Langfang Hebei

Received: Apr. 24th, 2022; accepted: Jun. 28th, 2022; published: Jul. 5th, 2022

Abstract

To enhance the fire brigade’s ability to fight forest fires and improve the information construction

*通讯作者。

level of forest fire protection, this paper takes the command elements in forest fire fighting command as the breakthrough point. We analyze the current problems existing in China's forest fire command scene from the perspective of the commander, command object, command information and command means. Furthermore, we put forward a "One Map" system solution for the forest fire fighting command scene. This system can solve the problems existing in the current forest fire fighting command, and effectively improve the information integration ability and situational awareness of the forest fire fighting command scene. The system makes up for the existing forest fire command system's theoretical deficiency and provides auxiliary decision support for forest fire fighting command.

Keywords

Forest Fire, Fire fighting Command, Command Elements, Auxiliary Decision-Making, "One Map" System

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

我国是世界上森林火灾多发的国家之一。数据显示, 2000~2018 年间, 我国年均发生森林火灾数量超 6800 起, 近 20 年间直接受害森林面积达 8.2 万 hm^2 [1]。由于森林火灾发生地多以山区、农村地区以及偏远地区为主, 且其扑救处置困难、扑火成本高昂, 因灾造成的人员伤亡和林业资源损失巨大, 因此即便在科技发达的当代, 林火扑救问题仍然是各国政府面临的棘手难题[2]。针对这一问题, 当前学界更侧重于从森林火灾的灾前预防和灾中应急两方面展开研究, 包括林火风险评估和预测[3] [4] [5]、遥感监测预警[6] [7]、物联网监测预警[8]、林火识别检测算法[9]、林火防控对策[10]以及林火应急资源调度[11]等方面, 对于林火现场灭火指挥的研究较少[12] [13] [14]。

森林灭火指挥的成败关乎一线救援人员的生命安全。通常情况下, 受到地形气象等因素的影响, 森林火灾发展变化多端、现场情况纷繁复杂, 一旦指挥者判断失误或风向突变, 轻则贻误战机, 重则危及扑火人员的生命安全。针对这一问题, 加强森林灭火指挥智能化建设、构建林火扑救指挥辅助决策系统是十分必要的。森林灭火指挥智能化建设能够有效提高森林灭火作战指挥水平, 有助于全面掌握林火现场情况, 对于保护扑火人员的生命安全和扑灭林火具有重要意义。现有研究已取得了若干成果, 唐斌[15]提出了基于 GIS 的“一张图”模式灭火救援指挥平台设想, 但该设想应用场景为城市消防灭火, 未针对森林灭火场景作进一步优化。王默[16]紧接着针对森林灭火场景提出了“一张图”灭火指挥系统建设, 但该系统在指挥层面的理论性尚有所欠缺。谢绍锋[17]以广州市为例构建了基于调度算法和林火理论的森林防火灭火一体化集成系统。张永贺[18]、叶江霞[19]分别利用 ArcGIS 二次开发建立了林火指挥决策系统, 两个系统均纳入了林火蔓延趋势预测模块。张艳红[20]从神经科学的角度阐述了森林防火指挥系统的构想。支伟峰[21]构建了长时序的林火数据管理系统, 但该系统侧重于林火数据的查询和管理。总体而言, 当前学者从现场态势感知的角度对森林防火和灭火指挥调度系统提出了许多有益的构想, 但均侧重于系统建设方面, 忽略了从指挥要素角度对森林灭火指挥智能化系统的考量, 现有系统未能充分反映森林灭火作战指挥的理论与实际, 基于指挥要素的森林灭火指挥系统仍有待进一步研究。因此, 本文以灭火救援组织指挥中的指挥四要素为切入点, 提出构建森林灭火指挥现场“一张图”辅助决策系统, 使其更贴合灭火指挥理论和实战, 为林火扑救指挥提供辅助决策支撑。

2. 指挥要素的概念

在森林火灾灭火救援指挥理论中, 指挥者为达到控制消灭林火、营救被困人员的目的, 需要进行现场信息侦察、运筹决策、计划组织、协调控制等活动。其中, 指挥者、行动队伍(即指挥对象)、指挥活动是森林火灾救援指挥的三项基本内容。而在指挥活动中, 指挥者需要收集各种前线反馈的情报信息用于修正和下定决心; 同时, 指挥者需要运用各种工具来传递命令和指示, 从而实现指挥作战和控制协调战斗小组行动的目的。这些指挥信息的“上传下达”活动, 都离不开指挥手段(工具)。缺乏必要的指挥信息和手段, 指挥者就难以下定灭火作战的决心, 森林火灾救援指挥也就难以进行。

因此, 本文将森林火灾救援的指挥要素归纳为指挥者、指挥对象、指挥信息和指挥手段四项内容(图 1), 进一步将围绕指挥要素构建森林火灾指挥“一张图”辅助决策系统。这一划分也符合部分学者对指挥要素的观点, 例如, 任海泉主编的《军队指挥学》将指挥要素划分为指挥者、被指挥者、指挥手段、指挥信息[22]; 商靠定主编的《灭火救援指挥》一书则以“指挥对象”代替“被指挥者”[23], 其称谓不同但划分实质相同。

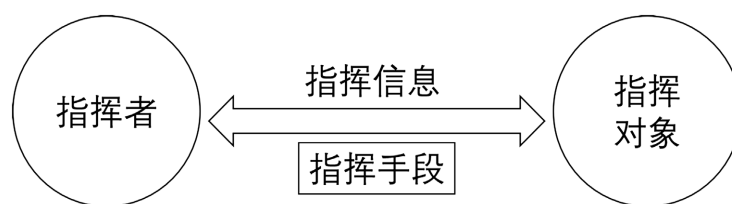


Figure 1. Four elements of forest fire fighting command
图 1. 森林火灾救援指挥四要素

3. 基于指挥要素的林火扑救指挥现场问题分析

以下从指挥四要素层面分析当前森林火灾指挥现场存在的问题, 也即系统需求分析。这些问题致使林火扑救现场指挥调度难度大大增加, 如果现存问题无法得到有效解决, 极易造成林火扑救人员的伤亡。

3.1. 林火扑救指挥者经验不足

指挥员和指挥机关统称为指挥者, 指挥者是森林火灾救援指挥活动的主体, 其组成和表现决定着森林火灾救援战斗的成败。

在森林火灾指挥现场中, 由于部分指挥员缺乏林火扑救指挥经验, 相关专业知识和理论薄弱, 加之林火发展蔓延的复杂性、多变性等特点的影响, 使得部分指挥员难以合理高效地决策, 这也说明仅凭肉眼和经验判断林火现场情况仍不足以应对复杂多变的森林火灾。在 2019 年四川木里“3·30”森林火灾扑火行动中, 27 名森林消防员和 4 名地方干部群众牺牲; 在 2020 年四川凉山州西昌市“3·30”森林火灾中, 18 名扑火人员和 1 名当地向导牺牲, 这两个案例均与当地复杂的地理环境以及多变的气象条件离不开关系, 对于林火扑救指挥者而言是一个巨大的挑战。

3.2. 林火扑救指挥对象繁杂混乱

指挥对象是森林火灾救援指挥活动的客体, 包括接受指挥者直接或间接指挥的下级指挥员及所属行动力量。缺乏指挥对象, 指挥活动也就失去了意义。

在森林火灾指挥现场中, 林火扑救的参战力量包括林区内部消防队、城市消防救援队伍, 民兵组织、驻地部队等, 参战力量众多、队伍性质复杂, 加之森林火灾现场的通信保障往往未能如愿畅通, 往往在林火扑救现场形成混乱的局面。在各方行动队伍参与森林火灾战斗前, 如果缺乏统一的队伍报到登程

序, 各方力量只能“各自为战”, 扑救处置和搜索救援效率将会大大降低; 在参战过程中, 如果缺乏对各方参战力量的统一清晰的指挥调度, 指挥者的灭火作战意图和策略就无法有效落实; 在灭火战斗持续过程中, 如果缺乏对各方参战力量的实时定位追踪, 容易造成救援人员的伤亡。因此, 为了全面掌握森林灭火现场中指挥对象的信息, 具备统一报到登记、统一指挥调度、参战力量实时定位追踪等功能在内的“一张图”系统是十分重要的。

3.3. 林火扑救指挥信息总量巨大

指挥信息是指保障森林灭火救援指挥活动正常运作的各种信息。它主要包括三个方面的内容, 一是供指挥者进行森林灭火战斗决策所需的各种情报信息, 如林火起火点的确定、林火燃烧态势、森林地形地貌环境、林区道路、林区水源、我方参战力量的规模和水平等, 这是指挥者下定森林灭火战斗决心的基本依据。二是体现指挥者决心意图的各种灭火战斗指令, 例如, 灭火战斗命令、指示、计划等。三是反映森林灭火战斗行动状况的各种一线反馈信息, 包括林火突变情况等, 这是指挥者协调控制参战部队进行灭火战斗行动的依据。

然而, 林火现场信息量庞大且复杂, 与扑救指挥的时限性之间形成巨大矛盾。在森林火灾中, 指挥者需要处理的信息量巨大、耗费时间多, 实地环境信息、参战力量信息、前线反馈信息三者之间难以形成有效的整合, 指挥者容易进入“顾此失彼”的指挥状态, 亟需一种全面性的、可视化的林火扑救指挥“一张图”信息整合系统。

3.4. 林火扑救指挥手段未能畅通

狭义的指挥手段是指指挥者在森林灭火指挥活动中运用的各种指挥器材和工具, 在此本文将其概括为林火现场的通信保障工作。

当前林火扑救现场的指挥手段面临着受阻情况。一方面, 森林火灾有其独特的地理位置、地形地貌、植被覆盖条件, 这为林火现场的通信保障工作造成一定的障碍。林火灾害发生时, 电信基站设施往往遭受破坏, 又或者因当地地方偏远而缺乏基础的电信设施, 造成无公网可用的局面, 无法进行 3G/4G 图像传输。而消防卫星通信需要架设设备, 且受地形、气象条件影响大, 整个过程耗时耗力。另一方面, 一线指战员对于林火现场通信的知识技能了解不够, 相关通信保障的设备利用率低, 林火现场通信往往只能依赖于少数的信通干部, 造成通信效率低下的局面, 大大延长了指挥者决策的时间。

4. 基于指挥要素的森林灭火指挥“一张图”系统解决方案

笔者提出的“一张图”系统构架设计如图 2 所示, 从指挥要素的角度看, 该系统由指挥者、指挥对象、指挥信息和指挥手段四部分模块组成。系统底层基础为当前森林防火应急指挥系统建设的规范和标准, 称之为标准规范层; 系统开发平台系基于 ArcGIS Engine 的二次开发。为了解决当前林火扑救指挥现场存在的若干问题, 该系统架构设计包含以下模块:

1) 指挥者模块, 对应系统应用层, 主要包含现场态势感知、扑救指挥调度、林火扑救案例查询、扑救方案推荐、火情预测等功能。针对 3.1 节中指挥者存在经验不足、科学理论薄弱的问题, “一张图”系统创新性地提出了林火扑救案例库及机器学习模式, 能够为指挥员决策提供辅助决策支撑。通过输入当前林火的基础信息后, 系统运用人工智能算法, 从历史案例库中自动匹配情况相近的林火扑救战斗案例进行呈现, 同时自动生成当前林火的指挥调度参考方案, 包括最佳扑火路线、扑救队伍、扑火工具的选择, 林火突破点的发掘以及林火扑救圈区域的划定等, 从而为指挥员的指挥决策提供参考。此外, “一张图”系统中的林火蔓延预测功能可以根据现有林火的位置以及周边的风力风向、地形地貌、植被信息, 按照现有林火蔓延算法, 预测出一定时间内的林火蔓延趋势, 便于指挥员预判林火形势, 增强指挥决策的预见性。

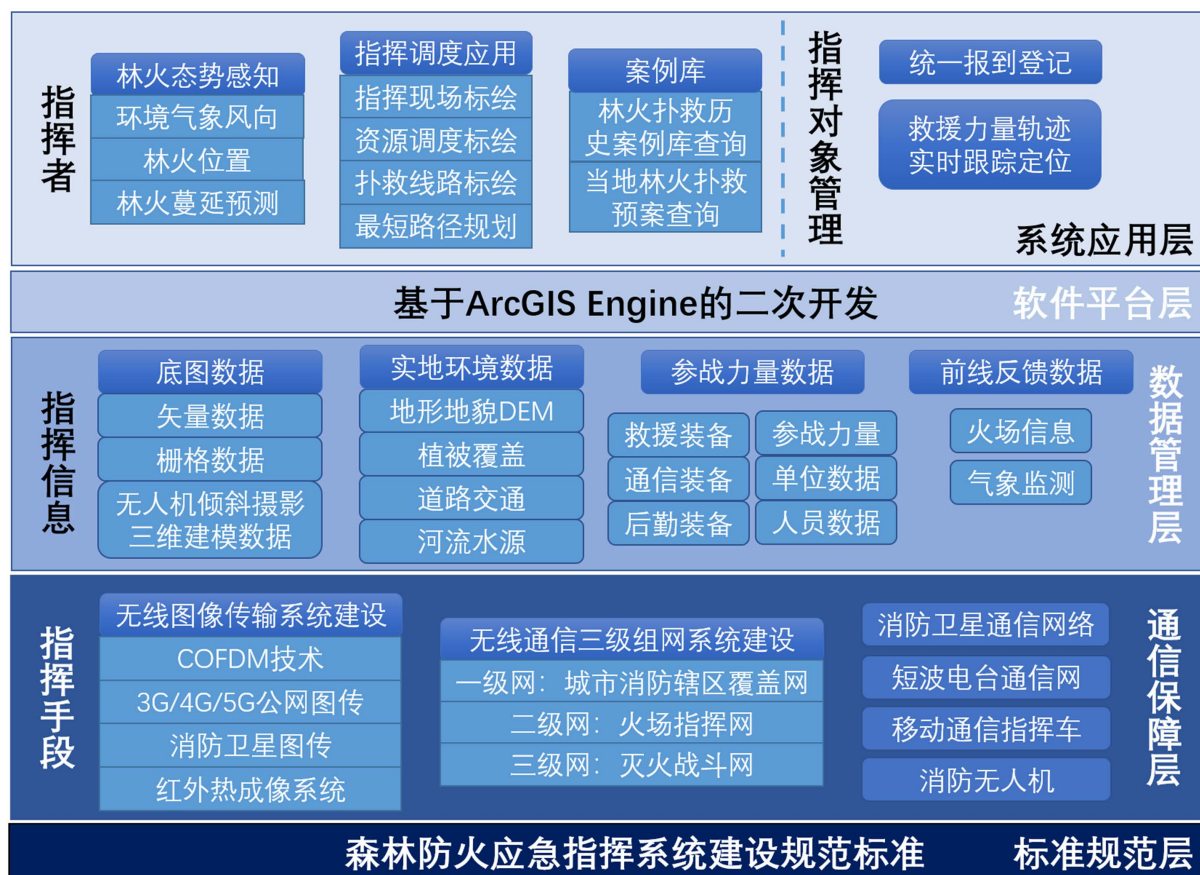


Figure 2. Architecture design of "One Map" system for forest fire fighting command
图 2. 森林灭火指挥“一张图”系统架构设计

2) 指挥对象管理模块, 对应系统应用层。针对 3.2 节中指挥对象繁杂混乱的问题, “一张图”系统提出了救援力量统一报到登记、救援力量统一指挥调度、救援力量轨迹动向实时显示等功能, 能够有效解决林火一线场面混乱、“各自为战”的问题。在队伍进入灾害警戒现场之前, 所有的参战救援力量均需到总指挥部“一张图”系统中报道。经过报道的队伍将获得配发的具有定位功能的随身配件, 所有参战人员将通过 GPS 定位或北斗定位的方式呈现在“一张图”系统中。该方式便于指挥员掌握指挥对象的实时信息, 避免出现扑火队伍位置丢失等情况, 实现对指挥对象的实时动态管理。

3) 指挥信息模块, 对应多源数据管理层。针对 3.3 节中指挥信息总量巨大等问题, 在图 2 数据管理层中, “一张图”系统进一步对指挥信息作出划分, 融合了底图信息(二维、三维、栅格、矢量数据)、实地环境信息、参战力量信息、前线反馈信息等情报信息, 能够直观反映林火现场态势。借助 GIS 技术在空间数据管理、空间可视化方面的优势, 在“一张图”系统上加载林火现场的地形、道路、水源、气象、植被覆盖等各类基础图层, 在此基础上添加救援力量信息、救援装备信息, 最后通过林火现场图像传输技术添加实时反馈的前线信息, 最终呈现在“一张图”中, 为指挥者进行指挥决策提供决策支持, 对指挥信息进行系统有机的整合。

4) 指挥手段模块, 对应通信保障层, 主要侧重于林火扑救现场的无线通信系统建设, 服务于指挥信息的获取以及充当指挥者与指挥对象之间的沟通桥梁。针对 3.4 节中指挥手段未能畅通等问题, “一张图”系统将加强无线图像传输系统、无线通信三级组网系统等通信保障层的建设, 并通过综合集成图像传输技术、5G 通信技术、无人机红外热成像系统、无人机倾斜摄影三维建模系统等新技术的应用, 突破

传统林火扑救指挥现场中图像传输的局限, 打通指挥手段的障碍。首先, 综合集成图像传输技术将当前主流的 COFDM 技术、卫星图像传输、公网图像传输结合起来, 互为补充, 避免在林火现场依赖单一的图像传输技术, 保障图像传输的畅通。通过综合集成的无线图像传输技术, 将林火现场前线情报信息实时传输至“一张图”辅助决策系统, 保证了指挥信息的时效性。其次, 利用无人机搭载红外热成像系统, 其具备穿透云雾的特性, 并且不受光源影响, 能够实现全天时的林火图像监测。再次, 利用无人机配套倾斜摄影三维建模系统, 利用其三维实景建模功能, 实现对森林火场整体态势的建模, 突破以往二维图像传输的局限。最后, 依靠无线通信三级组网系统建设, 搭建起各级指挥者与指挥对象之间的层次分明的现场交流沟通网络, 以保障指挥过程的畅通。

5. 结语

本文以灭火救援指挥专业理论中的指挥要素为切入点, 研究了指挥要素在森林灭火指挥“一张图”系统中的应用, 弥补了现有林火扑救指挥调度系统的理论性不足, 使其更贴近于实战需求。相比于现有的林火扑救指挥系统研究, 本文从指挥要素的角度对林火扑救指挥现场存在的问题进行剖析, 从而构建由指挥者、指挥对象、指挥信息、指挥手段四模块组成的“一张图”系统。除常规的现场态势感知、林火蔓延预测和指挥调度功能外, 该系统提出了对指挥对象的动态管理, 为指挥者提供了林火扑救案例查询和扑火方案推荐功能, 对指挥信息作出进一步的划分, 并从无线图像传输、无线通信组网等通信保障建设内容构建了指挥手段模块。下一步研究将进一步完善系统设计, 优化实现“一张图”系统功能, 为常态化林火监测预警和非常态下的现场指挥救援提供辅助决策支撑。

参考文献

- [1] 蒋春颖. 2000~2018 年中国森林火灾时空特征分析[J]. 林业世界, 2022, 11(2): 80-89.
- [2] 魏书精, 罗斯生, 罗碧珍, 李小川, 王振师, 吴泽鹏, 周宇飞, 钟映霞, 李强. 气候变化背景下森林火灾发生规律研究[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 133-143.
- [3] 鞠伟轶, 吴洁, 周思宇, 邢志祥. 基于博弈论组合赋权的森林火灾风险评估[J]. 消防科学与技术, 2022, 41(2): 252-256.
- [4] 郑宏, 吴占杰, 王炜焯. 黑龙江省森林火灾风险评估与防控建议[J]. 林业科技, 2022, 47(1): 43-46.
- [5] 黄琼, 司颖, 王浩宇. 基于加权贝叶斯网络的森林火灾风险评估[J]. 消防科学与技术, 2021, 40(11): 1671-1676.
- [6] 黄武彪, 栾海军, 李大成. 基于时空融合技术的森林火灾遥感动态监测[J]. 自然灾害学报, 2022, 31(1): 265-276.
- [7] 俞昊天, 耿君, 艾达娜·哈克木, 黄世秀, 朱璨阳, 徐杰铭, 袁刚, 徐立晨. 2019-2020 年澳大利亚森林火灾遥感监测研究[J]. 测绘通报, 2021(S1): 165-169.
- [8] 周唯, 李晖, 刘阳京. 基于单片机的森林火灾预警装置研究与实现[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(1): 116-117+119.
- [9] 李珍辉, 鲁静文, 陈镜伊, 刘鹏, 龚德峰. 基于 InceptionV3 卷积神经网络森林火灾检测方法[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版), 2021, 31(4): 44-49.
- [10] 关品高, 彭杏资, 陈玉永, 张红飞, 江剑, 李世友. 云南省中缅边境森林火灾现状与防控能力提升研究[J]. 林业资源管理, 2021(5): 153-159.
- [11] 吴鹏, 王路兵, 储诚斌. 资源受限下考虑救援优先级的森林火灾应急资源调度[J]. 系统科学与数学, 2021, 41(12): 3461-3477.
- [12] 李鹏, 孔令华. 森林防火技术研究进展与建议[J]. 山东林业科技, 2020, 50(5): 85-90.
- [13] 崔士勇, 郭磊. 森林部队灭火作战组织指挥的特点和规律[J]. 森林防火, 2014(2): 4.
- [14] 曹茜, 郭其云, 薄淇友. 我国森林火灾现场指挥体系探索与建设研究[J]. 湖南安全与防灾, 2020(8): 41-46.
- [15] 唐斌. 探析“一张图”灭火救援指挥平台的构建与应用[J]. 科学技术创新, 2021(16): 95-96.
- [16] 王默, 唐静静. 森林灭火指挥“一张图”系统建设研究[J]. 电子世界, 2021(12): 90-91+94.

-
- [17] 谢绍锋, 欧阳君祥, 杨志高. 森林防火一体化集成联动指挥扑救系统研究[J]. 林业资源管理, 2017(2): 110-117.
- [18] 张永贺, 丁智, 王凯泽, 陈文惠. 基于 GIS 和视频监控的森林防火指挥决策系统研建[J]. 亚热带资源与环境学报, 2012, 7(3): 44-54.
- [19] 叶江霞, 舒立福, 邓忠坚, 赵璠, 王艳霞, 周汝良. 基于 GIS 的森林火灾扑救指挥辅助决策系统的建立及应用研究[J]. 西部林业科学, 2013, 42(3): 15-20.
- [20] 张艳红, 卢勇, 陈俊杰, 王大震, 王景利. 构建森林防火实战指挥一体化神经系统[J]. 天津农业科学, 2015, 21(11): 139-143.
- [21] 支伟峰. 基于组件式 GIS 的森林火灾管理系统开发研究[J]. 农业技术与装备, 2021(11): 103-104+107.
- [22] 任海泉. 军队指挥学[M]. 北京: 国防大学出版社, 2007: 12-13.
- [23] 商靠定. 灭火救援指挥[M]. 北京: 中国人民公安大学出版社, 2015: 8-9.