

无人机载雷达在抢险救援行动中的应用研究

宋星秀

(武警警官学院训练基地, 广东 广州 510440)

摘 要 无人机载雷达具有全天时、全天候、高分辨率、远距离、穿透性好等特点,使得当其他传感器模式失效时,仍然能够在抢险救援行动中发挥作用。本文分析了抢险救援行动的特点和存在困境,指出了无人机载雷达在抢险救援行动中的优势,提出了无人机载雷达在抢险救援行动中的几种应用场景,最后指出了无人机载雷达应用于抢险救援行动中应把握的问题,为提高抢险救援技术水平提供理论依据。

关键词 无人机 雷达 抢险救援行动

中图分类号: P258

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)09-0022-03

近年来,地球水文、气象和地质等自然灾害频发多发,对国家和人民生命财产安全造成极大的威胁。各种复杂高危的救援现场,对国家应急救援力量的抢险救援技术水平提出更高的要求。加强新质技术在抢险救援行动中的应用研究,有利于提高救援行动中无人化智能化水平,为解决抢险救援行动存在困境提供新思路。随着无人机载雷达技术的迅速发展,无人机载雷达技术在林业测量、海洋监测、舰船监测、立体测绘等方面得到了广泛应用,但是其在抢险救援行动中的应用研究尚为空白。无人机载雷达具有全天时、全天候、高分辨率、远距离、穿透性好等特点,使得当其他传感器模式失效时,仍然能够在抢险救援行动中发挥作用。

1 抢险救援行动的特点

一是救援环境复杂高危。灾害发生后,救援现场环境往往复杂多样、恶劣高危,且常常会伴随次生灾害,安全风险无处不在,人员情绪波动大,自然环境严峻和瞬息万变,受灾人员和救援人员的生活和安全都难以得到有效保障。

二是救援指挥决策紧急。事故灾害发生后,任务区的救援力量需要第一时间获取灾情信息,同时准确研判灾情发展情况,制定科学的救援方案,并根据灾情险情变化和救援进度实时调整部署,确保指挥决策及时、准确,救援力量安全、科学施救。

三是救援范围辐射面广。自然灾害、安全事故种类多,分布范围广,救援范围辐射面广。各类抢险救援行动中,地震灾害破坏力最大,破坏范围最广,救援难度最大;滑坡、泥石流灾害在山区多发、突发,救援行动最频繁、覆盖山区面最广;台风灾害路径多

种多样、洪水灾害,持续时间长,范围广,救援时间长。

四是救援装备依赖性强。抢险救援行动注重时效性、科学性和专业性,对救援装备的依赖性较强。需要根据不同的灾害事故救援需求,投入多种类型的救援装备,可以说救援装备的无人化智能化水平很大程度上影响抢险救援行动的能力水平。

2 抢险救援行动存在困境

一是极端环境恶劣天候中救援能力不足。在重大自然灾害、安全事故中,易造成山河崩塌、大面积建筑倒塌、道路桥梁隧道损毁、易燃物质火灾蔓延、有毒有害物质泄漏,国家应急救援力量遂行救援任务的强度大且环境复杂高危。当前,由于对灾害区域内的地形、气候特点规律研究不够,对各类灾害特点、类型的了解及研判不够,对恶劣极端环境下救援经验不足,导致国家应急救援力量在急险大灾、有毒有害的复杂高危环境下的抢险救援能力明显不足。

二是灾害评估预判和动态监测技术不够。抢险救援行动中很多复杂偏僻地域缺乏原始地形数据,而灾害救援中现场地形测绘数据收集和处理速度慢,不能及时准确地对灾害进行评估预判,在救援行动作业现场对滑坡、崩塌落石、泥石流等次生地质灾害缺少及时准确持续监测预警能力,难以有效保障救援人员和受灾人员的安全。

三是抢险救援行动中装备器材机动性差。抢险救援行动保障对象多元,既有多建筑群的城市中心,又有城乡结合的郊区,还有崎岖偏远的山区,既要完成电力、通信、交通枢纽等重点目标的抢修保通,还要保障人民群众的生命和财产安全,且灾害类型多样,对救援装备器材机动性要求高。当前在救援行动中参

与救援的通用性装备器材较多,比如各类型的工程机械等,多功能、机动性强的装配器材配备不够,但是受灾地域常伴随次生灾害,且往往处于深山峡谷,需要更多的高机动性、多功能、高效能的抢险救援装备提高救援行动水平。

四是非接触生命体征检测和搜救技术弱。当前广泛应用的一种非接触式人体生命体征检测技术是远程成像光容积图,它是利用光学来检测面部、手和脚,通过检测暴露的皮肤中血液循环引起的微小颜色变化,以估计生命体征。但是远程成像光容积图在能见图条件和肤色的动态变化下不稳定。其他相关技术还有红外热像仪,它是通过检测人体鼻孔的温度变化来提取呼吸信号。虽然上述技术在非接触生命体征检测和搜救方面起到一定的作用,但是它们都无法穿透灾区的障碍物,且易受干扰,在抢险救援过程中发挥的作用有限,非接触式生命体征检测和搜救技术还比较薄弱,与多维、精准、高效救援的要求不相适应,还需进一步提高非接触式救援技术水平。

3 无人机载雷达在抢险救援行动中的优势

一是能够全天候、全天时、全方位工作。无人机载雷达是将无人机与微小型雷达相结合的传感技术,能够全天候、全天时、全方位工作。雷达通过发射机周期性地发射一系列已知的高频脉冲,与目标相互作用,目标反射的结果被雷达接收,并作为发射信号的叠加、衰减、时移和频移副本,通过计算接收信号的这些未知参数,确定目标的位置、形状及形态,从而实现对目标的识别和跟踪。雷达作为一种主动传感器,能够全天候、全天时提供详细的地面测绘资料及图像^[1],通过采用相控阵天线,提高天线性能,改善探测能力,雷达可以360度全方位地进行目标探测与搜索^[2],使得其在夜间及恶劣环境下仍然能够在抢险救援行动中发挥作用。

二是具有距离远、分辨率高、穿透性好的性能。无人机载雷达具有防区外探测能力,可以不直接飞越某一地区而对该地区进行测绘^[3],探测距离远,此外,雷达特殊的成像原理,使得雷达具有分米级的高分辨率,且分辨率不会随着距离的增加而降低^[4],例如无人机 Lynx 雷达在作用距离30km时,分辨率为10cm^[5]。雷达在适当的频率下,微波信号具有较宽的带宽,使得雷达不仅具有穿透障碍物的能力,并且在恶劣天气和低能见度等不利条件下也能表现良好,当其他传感器模式失效时,仍能够在碎片上探测被遮挡的人体对象。例如,穿墙成像雷达和叶簇穿透成像雷达均能穿

过障碍物对目标进行成像,且已在战场侦察、反恐维稳以及资源勘查与监测等领域有着广泛应用^[6]。

4 无人机载雷达在抢险救援行动中的应用

4.1 灾害信息获取及评估预测

将无人机载雷达应用到抢险救援行动中,可以在灾害中及时获取重要的信息资料,为救援人员提供评估预测的依据。通过文献^[7]可以知道,对地貌地形复杂、植被茂密、坡度陡峭的区域进行测绘时,传统测绘模式难度较大,精度较低,无人机载激光雷达可以完成此区域的数据采集工作。根据文献^[8],无人机载雷达可应用到洪涝灾害调查工作中,其获取的数据速度快、精度高,能够为山洪灾害的信息获取、预警预报提供支撑。灾害发生后,无人机载雷达将采集到的数据,经过处理后生成点云图,能让救援人员及时了解受灾区域的现场情况,为指挥者提供决策依据。

4.2 灾害救援行动监测

受灾区域复杂的地理环境和恶劣的气候条件,使得在能见度低的情况下利用传统的监测手段进行监测十分困难,无法及时掌握灾害发展动态,保障救援人员的生命安全。将无人机载雷达应用到灾害救援行动中就可以很好地解决这一问题。根据文献^[9],无人机载雷达在黄河冰情凌汛的监测中发挥了重要作用。通过无人机搭载合成孔径雷达在黄河包头端获取数据后,运用移动数据处理车处理数据,可获得昼夜不间断地对任务区域进行监测,提高了应急救援进行破冰除险的准确性和安全性。根据文献^[10],无人机载雷达可以通过数据采集、数据预处理、数据后处理得到点云数据,点云数据能够显示露天矿边坡位移距离,实现边坡监测和预警。这一技术可用于在抢险救援现场对工作量快速评估、动态统计和滑坡、崩塌落石、泥石流的动态监测和预警,提升复杂高危环境下应急救援行动的精准指挥和安全避险能力,保障人员的人身安全。

4.3 非接触生命探测及人员搜索

灾害发生后,第一时间开展压埋的受灾人员搜救定位,是灾后救援的首要问题。目前,非接触生命探测技术主要有红外生命探测器、音频生命探测仪以及雷达生命探测技术。红外生命探测器能够在夜间通过温度变化来提取人体生命信号,但是没有穿透能力。音频生命探测仪能够穿透废墟,但是埋压人员必须发出声音,且对现场环境的安静度要求很高,探测过程易受干扰^[11]。雷达探测信号不仅能穿透覆盖或遮挡受害者的碎片和建筑材料,且稳定性好,不易受环境干

扰,这使得基于无人机载雷达的非接触式生命探测非常有优势。同时,无人机载雷达也具备强的叶簇穿透和高分辨率成像能力^[12],能在叶簇覆盖的区域内进行人员搜索。因此,综合运用穿透能力强、稳定性好、灵敏度高的无人机载雷达生命探测手段,能够开展灾区大范围 and 重要目标埋压或被遮挡人员生命搜寻定位,为救援人员提供技术支持。

5 无人机载雷达应用于抢险救援行动中应把握的问题

5.1 需解决无人机载雷达飞行时间及路径规划问题

要对受灾区域进行大范围搜索及对场地进行经常监测,需要无人机具有更长的飞行时间。在许多商用无人机中,无人机有限的电池功率将飞行时间限制在1小时以内,并且,有限的电池功率意味着无人机在空中停留的时间也比较短。然而,无人机载雷达在搜索受灾人员过程中,通常需要穷举搜索路径来定位滞留对象,因此,合适的路径规划能在最短时间覆盖整个区域进行搜索,以最大限度地利用有限的电池电力。

5.2 无人机载雷达信号处理难度大

无人机载雷达信号处理主要包括无人机雷达数据采集、储存、处理和信息解读。无人机传感中的数据采集和存储是在飞行现场实时进行的,而数据处理通常是在另一台计算机上离线进行的,以节省飞行和悬停时间以及电池电量,甚至有些无人机可能不具有大的计算资源。但是,离线处理会降低更新速率,且不具有自适应能力。此外,当目标区域内存在多个人体运动时,还需要进行运动补偿,采用联合概率数据关联滤波器、多元变分模态分解等技术对不同对象发出的回波进行区分。在抢险救援行动应用中,需要进一步提高无人机载雷达信号实时处理能力及自适应能力。

5.3 专业技术操作人员力量薄弱

无人机载雷达需要不同任务分工的专业操作员进行操作。若操作不当,不仅会损坏器材,还会影响救援进度,进而影响救援人员及受灾人员的生命安全保障。但是目前专业人才稀缺,特别是参与抢险救援一线的技术人员占比较小,即使有少量专业人员,也存在经验技能缺少的问题,尤其需要组建一些既懂无人机驾驶,又懂雷达信号处理及雷达图像识读的专业技术人员队伍,需加强这方面专业力量的建设。

5.4 无人机荷载能力应进一步提高

无人机平台所承载的荷载重量是有限的,其能承

载的重量称为有效荷载,无人机的有效荷载越大,就越能灵活地为系统添加摄像头、传感器、救援物资以及其他特定需求等额外技术。具有多传感器融合模式的无人机平台,能够携带可见光、红外、摄像机和雷达等传感器,集成通信、导航、定位、遥测、遥控等组件,进行遥感操作,获取灾区图像。另外,无人机有效荷载足够的情况下,还可以配备投掷器空投应急救援物资,包括纯净水、方便食品、药品、衣服和通信装备等。

6 结语

近年来,无人机载雷达技术发展迅速,在不同领域的应用中发挥着重要作用,加强无人机载雷达技术在抢险救援行动中的应用研究是提高抢险救援行动无人化智能化水平的途径之一。本文通过分析抢险救援行动的特点和存在困境,结合无人机载雷达在抢险救援行动中的优势,着力研究无人机载雷达在抢险救援行动中的应用,并指出了无人机载雷达应用于抢险救援行动中应把握的几点问题,对提高抢险救援技术水平具有十分重要的理论意义。

参考文献:

- [1] 曲长文,周强,王颖.无人机载合成孔径雷达遥测技术[J].舰船电子工程,2009(01):23-27.
- [2] 刘明鑫.无人机载预警雷达空时自适应处理研究[D].成都:电子科技大学,2021.
- [3] 王强,黄建冲.无人机机载合成孔径雷达[C].第二届无人机发展论坛论文集,2006:245-247.
- [4] 同[1].
- [5] 刘亮,吉波.无人机载雷达现状及发展趋势[J].现代导航,2014,06(03):227-230.
- [6] 黄晓涛,陈乐平,范崇祯,等.低频叶簇穿透雷达成像技术[J].电波科学学报,2020,35(04):469-485.
- [7] 雷贯辉.无人机载激光雷达在地形图测绘中的应用研究[J].遥感测绘,2022(01):90-94.
- [8] 王芳,李会然,杨雪,等.无人机激光雷达在洪涝灾害中的应用研究[J].医疗卫生装备,2021,42(05):73-76.
- [9] 王军锋,徐成华.无人机机载合成孔径雷达冰情凌汛监测应用研究[J].测绘与空间地理信息,2014,37(08):46-49.
- [10] 贺凯.无人机载雷达在露天矿边坡位移监测中的应用[J].煤矿安全,2018,49(03):118-124.
- [11] 张杨,吕昊,梁福来,等.非接触战场伤情探测技术现状与应用展望[J].医疗卫生装备,2019,40(07):99-103.
- [12] 同[6].