

· 空中急救 ·

基于 GIS 的天地一体化航空救援保障系统设计与实现

温子琦¹ 黄平² 吴佳丽¹ 莫晓叶¹ 李小刚¹ 周利平¹¹中南大学湘雅医院急诊科, 湖南长沙 410008; ²湖南省不动产登记中心, 湖南长沙 410029

通信作者: 周利平, Email: 2661094304@qq.com

基金项目: 湖南省创新型省份建设专项项目资助 (2020JJ8074)

DOI:10.3760/cma.j.cn114656-20240905-00622

直升机医疗救援服务体系 (Helicopter Emergency Medical Services, HEMS) 是陆地救援体系的有力补充, 在危重患者转运、器官移植、突发公共灾害施救等应急救援中发挥着重要作用^[1-2]。2016 年以来, 我国相继出台《通用航空发展“十三五”规划》《“十四五”国家应急体系规划》等文件, 航空救援直升机的数量从 2018 年的 70 余架增加至 2024 年的 100 余架, 提升 HEMS 效能和加强航空救援保障系统建设势在必行^[3]。法国学者研究发现, GIS 在提升对象管理水平、提高救援效率等方面具备明显技术优势^[4]。探索依托信息化技术手段与智能化设备, 通过 GIS 深度融合航空调度指挥、航空转运保障、医疗救治服务、地面紧急救援等需求, 满足 HEMS 救援任务的高时效性和高协同性^[5-6], 成为当前以直升机为载具的空中救援保障体系中重要研究内容。

1 系统建设

为进一步提升湖南省航空医疗救援服务能力, 构建区域航空医疗救援体系, 2016 年, 中南大学湘雅医院与金汇通航公司签署合作协议, 携手共建湖南航空医疗救援平台, 开启了以长沙为中心辐射全省的航空医疗救援服务。项目以 GIS 为基础, 以移动互联网/机上 Wi-Fi 为支撑, 以智能手机为终端, 以全球定位系统 (GPS) 为定位方式, 整合直升机救援各环节工作任务和需求, 优化救援过程中数据的动态获取、传输、共享及各类资源配置等任务, 依托 GIS 增强救援人员在救援过程中的信息透明度及事件感知能力^[7-8], 探索基于智能手机端的 GIS 天地一体化航空医疗紧急救援解决方案, 旨在打造一套高效便捷、安全可靠的“数字化航空救援系统”。

1.1 系统建设必要性

基于航空医疗转运快速响应、立体协同的特点, 本研究提出构建空地一体化智能救援系统的必要性, 为确保院前急救、资源统筹、转运保障和协同指挥的实现^[9], 进而实时掌握任务分工、救援进展、患者、病情变化等信息,

发挥 GIS 在信息获取、空间定位、数据运算、逻辑分析、任务管理等方面的技术优势^[10]。以可视化方式显示各级指挥中心、起降地点、医疗机构等救援力量状态, 为空地联合救援协同提供支持, 全面提升紧急航空救援保障服务及医疗救治服务等方面的效能和水平。

1.2 框架设计

HEMS 的核心任务是在医疗监护条件下进行危重患者的空中运输活动。通过构建一款多终端协同、多部门联动, 具有 GIS 特性的便捷、智能、联动航空救援 App, 实现天地无缝衔接和患者高效转运^[11]。该 App 主要包含航空救援申请、病种评估、诊疗匹配、航空管制、转运保障、飞行器起降等诸多环节, 是一个衔接紧密、互为支撑、高度协同的多终端信息同步交互动态救援保障体系^[12]。系统功能主要划分为用户/患者模块、转诊医院模块、航空转运模块、收治医院模块等四大功能模块。每个功能模块又包含若干子功能项, 以满足对应模块的运转流程和任务需要。(如图 1)

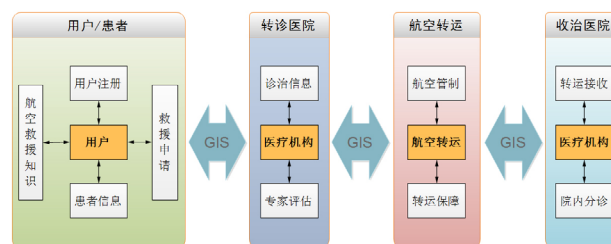


图 1 “数字航空救援系统”整体框架图

1.3 开发环境搭建

基于系统的运行环境包括移动端及服务器端的特点, 选择 Java 语言作为系统的开发环境。Java 是一种独立于平台的编程语言, 具有很好的兼容性、交互性和跨平台运行能力, 且能实现 Java 与 Android 的本地组件无缝交互。GIS 平台则选择国内比较成熟的 SuperMap iMobile for Android, 具备地图浏览、数据采集、应急标绘、数据分析、路径导航等基础模块^[13], 能很好地满足系统功能需要。

2 功能实现

通过智能手机运行环境配置及传感器接口整合,将图文信息、音视频信息、空间定位、路径分析、任务分解与管理等各环节整合起来^[14-15],每个环节根据需要完善自身的相关信息,动态更新数据库内容,形成互通共享的数据基础,实现智能化协同指挥功能。同时辅助用户完成航空救援知识普及、救援申请、数据推送、条件评估、方案审批、指挥调度、收治对接、人员组建、过程监控、队伍组建、排班值班、保险购买等功能。(如图 2)

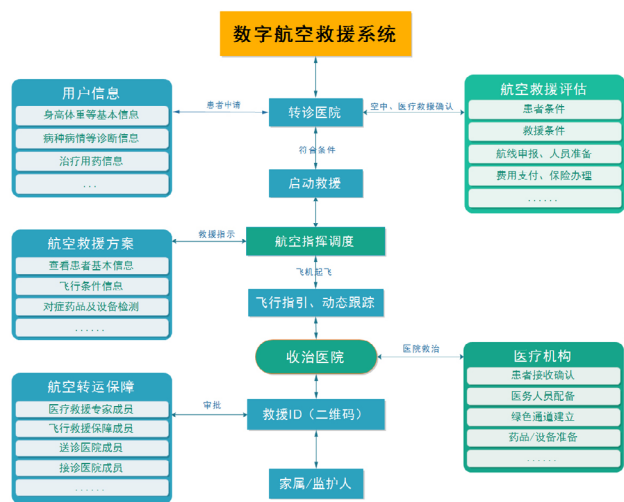


图 2 “数字航空救援系统”流程图

2.1 用户 / 患者端设计

通过注册形成以普通公众为基础的用户群体,可利用航空救援科普模块,了解适用病种、申请流程、救援步骤、保险及费用参考等航空救援基本知识。需启动航空救援时在手机端按下“航空救援申请”键,系统将引导患者完善航空转运申请表,并逐级推送至主治医生、科主任及医院医务科审核。当院方审核通过并选定收治医院和航空公司后,用户可与收治医院及航空转运公司服务人员建立联系,进一步就治疗、合同、保险、缴费等其他事项进行对接交流。

2.2 转诊医院端设计

转诊医院主治医师接收到患者推送的航空转运申请后,将对患者申请进行初审,并组织科主任讨论患者病情是否满足转运要求。如达到航空转运基本条件,将患者信息推送到医院转运决策部门组织专家开展评估。一旦专家组审核通过,并形成转运方案,GIS将通过分析医疗机构空间坐标,依据就近和能力匹配的原则,分析出多家匹配患者救治的医院,专家组讨论评估后,根据所列医院病种优势、接诊能力等进行评估打分,再从中优选出收治医院,形成一对一对接通道,向接收收治医院推送患者诊治信息,经收

治医院评估且具备收治条件后,转诊医院再将转运请求推送给航空救援公司,各方进一步就转运过程中的交接手续及医疗保障方案进行讨论和明确。

2.3 航空转运端设计

航空救援值班人员接收到转运申请后,将其转发给航空救援指挥调度中心,由航空医疗救护专家团队评估患者病情与航空转运的匹配度,机组人员对飞行时段气象、起降场地、路线规划、飞行时长、燃油加注等因素开展讨论和制定转运方案。然后根据患者病情不同,HEMS配置血压计、监护仪、呼吸机、除颤仪、供氧系统等机载设备。同时,将各环节任务需求差异化推送给患者、转诊和收治医院,建立保障救援队,完成咨询、评估、受理、报批、调配、保险、转运等审核签订及费用支付等工作,全部满足要求后调度中心下达航空转运任务通知单。

2.4 收治医院端设计

通过患者、转诊医院、航空公司等多层级申请、评估与审核,收治医院接到转运申请后,值班医生通过对患者病情、前期治疗和评估意见进行初步评估。如本院具备收治条件,则提交本院转运决策部门组织专家进一步评估,经审核一致同意后,将收治决定反馈至转诊医院和航空救援队。收治医院着手医疗团队确定、绿色通道开辟、起降场地清场与安全维护等协调工作。同时,院方也能从系统中实时掌握此次任务的诊断、治疗、监测、转运、防护及位置等进展情况,及时获得床位、药品、仪器、设备、器具及其他辅助物品的准备情况。

3 系统效能评估与优化

系统完成开发后在中南大学湘雅医院开展了湖南省内试点应用,先后与张家界市、怀化市等 12 个市州建立了航空救援医疗机构接诊转运机制,明确了若干区域航空救护联络医疗机构及直升机临时起降点等。2021-2023 年已经完成 27 例患者救援转运任务,患者均安全转运及有效救治,采用配对实验设计,选取同期 27 例传统转运模式 28 例,通过 Wilcoxon 秩和检验验证效率差异,通过统计案例对比分析可见(如表 1),显著缩减了响应时间,缩小了路径耗时误差率,提高了患者到院存活率,有效提升了航空转运效率和医疗服务水平(如图 3)。

总之,通过深度融合时空 GIS,统筹航空救援各环节的人员、技术及设备,构建以患者救援为目标、航空转运为纽带、医疗救治为核心的高效航空救援保障模式,能实现救援过程的力量聚合、资源优选、信息共享和任务协同,有效推动区域航空救援服务向高水平发展。

表 1 转运效能对比表

指标	传统模式	GIS 系统模式	P 值
平均响应时间 (min)	45.2±6.3	18.7±4.2	<0.01
路径规划误差率 (%)	13.2±3.1	4.5±1.3	<0.01
患者存活率 (%)	72.7±4.3	100.0±0	<0.05



图 3 本院开展的航空救援服务

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 周利平、黄平:(直接参与酝酿和设计实验、分析/解释数据);吴佳丽(实施研究)、温子琦(采集数据、统计学分析、论文撰写);李小刚(行政与课题指导帮助);莫小叶(论文修改,对文章的知识性内容作批评性审阅)

参 考 文 献

- [1] 鲍彰焕, 马圣奎. 加快航空医疗应急救援体系建设提升应急医疗保障能力[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2024(7):879-882+886. DOI:10.3969/j.issn.1673-6966.2024.07.009.
- [2] 邵玄玄, 徐新. 国内航空救援直升机现状及发展策略研究[J]. 科技视界, 2022(8):30-33. DOI:10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2022.08.07.
- [3] 航空医学救援衔接应急技术包共识专家组. 航空医学救援衔接应急技术包专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(4):464-470. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.04.004.
- [4] 杨明辉. 法国德国芬兰三国 GIS 技术及其应用现状考察报告[J]. 测绘科技动态, 1995(2):2-8. DOI:CNKI:SUN:CHKD.0.1995-02-001.
- [5] 张治平, 苏晞, 张勇, 等. 航空医疗救护空地一体化模式实践与探讨[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023(9):49-54. DOI:10.3969/j.issn.1673-6966.2023.09.011.
- [6] 郭爱斌, 高雯, 刘斌, 等. 空地一体化医疗救援体系建设实践及运行模式研究[J]. 中国急救医学, 2021(5):76-81. DOI:10.3969/j.issn.1002-1949.2021.05.013.
- [7] 王帅, 丁新元, 丁守科. 浅谈海上航空应急救援通信指挥的重要性[J]. 中国水运, 2024(13):57-59. DOI:10.13646/j.cnki.42-1395/u.2024.07.021.
- [8] 李娟. 空中救援成功转运五例患者案例分析[J]. 中华灾害救援医学, 2014(2):32-34. DOI:10.13919/j.issn.2095-6274.2014.02.024.
- [9] 于朋涛, 卓宏明, 施鑫煜. 航空应急救援目标区域需求权重优化研究[J]. 民航学报, 2024(6):32-36+138. DOI:10.3969/j.issn.2096-4994.2024.06.008.
- [10] 杜传明. 百度地图 API 在小型地理信息系统中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2011, 34(2):152-153. DOI:10.3969/j.issn.1672-5867.2011.02.052.
- [11] 吴丹. 传染病员空运医疗后送机上适用关键急救技术指标体系的构建[J]. 中华急诊医学杂志, 2024, 33(11):1524-1528. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.11.009.
- [12] 彭博, 张进军. 航空医学救援医疗装备的专家共识[J]. 中华灾害救援医学, 2019(4):14-17. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.02.007.
- [13] 杨璐. 基于移动 GIS 的城市交通动态路径规划及系统实现[D]. 辽宁大连: 辽宁师范大学, 2025. DOI:CNKI:CDMD.2.1017.116455.
- [14] 赵娟. 任务驱动的直升机复杂地形应急救援路径规划研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2024. DOI:10.27671/d.cnki.gcjtc.2024.000841.
- [15] 石璐璐, 徐金明. 基于地形的直升机路径规划算法研究[J]. 直升机技术, 2021(2):38-42. DOI:10.3969/j.issn.1673-1220.2021.02.007.

(收稿日期: 2024-09-05)

(本文编辑: 何小军)

跨省陆空联合转运救治多发伤患者一例

吴振旺 朱冠能 吴文辉 汪洋 孙刚 舒李焱

安徽省黄山市人民医院急诊科, 黄山 245000

通信作者: 舒李焱, Email: 1633911698@qq.com

DOI:10.3760/cma.j.cn114656-20250808-00560

随着现代医疗技术的不断进步、医疗资源的分布差异及交通方式的多样化, 跨区域医疗救援已成为救治急危重症患者的重要手段, 尤其是路空联合转运可显著缩短严重创伤、卒中患者的救治时间, 并降低病死率^[1]。特别是在偏远或交通不便地区, 快速、安全地将患者转运至高水平

医疗机构进行救治成为医疗救援领域亟待解决的问题。本文报道了黄山市人民医院与浙医二院之间的陆空联合救援案例, 这一案例正是对这一问题的成功实践。本研究经医院伦理委员会审批(编号 2025-C-029), 并书面征得患者家属同意。