



人工智能在重症监护云平台建设中的运用实践

——徐川

【摘要】 运用大数据、云服务和人工智能等技术,整合监护仪、呼吸机等设备与 HIS、EMR 等信息系统的多源数据,构建以重症医学专业为核心的重症监护云平台。平台通过整合业务流程,支持异常报警、报告生成、预测评估、远程会诊等功能,提升了报警准确率。自 2023 年 4 月上线以来,平台已接入 10 余所医疗机构,服务患者超 1.4 万人次,累计监护数据 156 万小时,AI 预警协助抢救 1 244 余人,抢救成功率 71%(1 244/1 742)以上。实践表明,该平台可提升重症监护室工作效率、医疗质量及医联体协同效能,为重症医学数字化转型提供了参考。

【关键词】 重症监护;人工智能;远程协同;辅助决策;医联体

中图分类号:R197.324

文献标识码:B

Practical Application of Artificial Intelligence in the Construction of Critical Care Cloud Platform/XU Chuan. //Chinese Health Quality Management, 2025, 32(12): 13-17

Abstract By leveraging technologies such as big data, cloud services, and artificial intelligence, a multi-source data integration system was developed to consolidate data from medical devices like monitors and ventilators and information systems such as Hospital Information System and Electronic Medical Record, constructing a critical care cloud platform centered on intensive care medicine. The platform streamlines clinical workflows, supporting functions such as abnormal alarm notification, report generation, predictive assessment, and remote consultation, while enhancing alarm accuracy. Since its launch in April 2023, the platform has been integrated into over 10 medical institutions, serving over 14 000 patients and accumulating 1.56 million hours of monitoring data. AI-driven early warnings have facilitated the rescue of more than 1 244 patients, achieving a rescue success rate exceeding 71%(1 244/1 742). Practical implementation demonstrates that the platform can improve operational efficiency in intensive care units, enhance medical quality, and foster collaborative effectiveness within medical consortium, providing a reference for the digital transformation of critical care medicine.

Key words Critical Care; Artificial Intelligence; Remote Collaboration; Decision Support; Medical Consortium

First-author's address Sichuan Academy of Medical Sciences, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu, Sichuan, 610072, China

重症监护室(ICU)是救治危重患者的关键场所,其患者病情复杂多变,需要医护人员实时掌握患者状况并做出相应医疗决策。早期的重症信息系统侧重于收集和展示患者体征数据,在数据整合利用、决策支持等方面存在不足^[1];医疗设备数据格式多样难以统一,导致信息碎片化^[2];无效报警频繁,干扰医护

人员判断病情^[3];临床决策缺乏个性化推荐等。这些问题在基层医疗机构更为突出,限制了其重症救治水平的提升。以四川省人民医院 ICU 为核心构建的重症监护云平台通过重构重症业务流程,整合重症数据资源,运用人工智能相关技术为医护人员提供快速、准确的信息支持和决策辅助,提高了重症监护

室工作效率与医疗质量。

1 重症监护云平台系统规划

1.1 需求分析

1.1.1 加强数据整合,提高工作效率

重症监护云平台的首要任务是实现对多种监护设备数据的采集及标准化处理,以减少重复录入。同

时,融合其他医疗信息系统业务数据,形成全面医疗记录,并以统一界面展示,以便医护人员快速访问。

1.1.2 整合业务流程,助力远程协同

重症监护云平台应通过整合现有重症业务流程,助力医护人员打破时空限制,实现跨区域的高效协作^[4-5]。具体而言,平台须具备高清音视频通信、实时数据共享、电子病历同步查看以及远程协助任务管理等核心功能,应支持基层医院发起多学科联合查房及床旁远程会诊,实现专家资源跨地域共享,全方位保障团队成员间的高效协同。在功能设计层面,需重点关注界面直观性与用户操作便利性,以确保医护人员能够快速上手。

1.1.3 辅助决策支持,提升医疗质量

平台应配备实时预警功能,当患者病情出现异常波动时,能够第一时间通知相关医护人员,为及时干预争取时间。为此,平台需融合人工智能相关技术,对海量医疗数据展开深度训练并验证结果准确性^[6-8]。同时,构建决策支持模型,评估患者病情并提供个性化诊疗建议,为临床决策提供支撑。

1.2 平台架构

重症监护云平台基于B/S系统架构,部署在通信运营商的私有云上,由下至上依次分为数据源、连接层、服务层与应用层,详细架构见图1。

1.2.1 数据源

数据源是重症监护云平台的基础,涵盖了HIS、LIS、EMR、PACS等业务系统,以及监护仪、呼吸机、输液泵等重症设备。这些系统和设备为后续的数据采集、处理和分析提供了实时且多样的医疗数据,包括患者的基本信息、检验检查结果、病历记录、生命体征监测数据等。

1.2.2 连接层

连接层负责数据的传输和通信,是数据源与服务层之间的桥梁。利用局域网、Wi-Fi、IOT网关、MQTT、4G/5G等多种网通信络技术,连接层实现了数据的高效传输。防火墙、网闸、加密敏感、入侵检测、访问控制等安全设备和措施确保了数据传输的安全性和稳定性。连接层不仅支持多种通信协议,还能够适应不同网络环境,以确保数据在传输过程中不丢失、不延迟。

1.2.3 服务层

服务层是平台的核心,为上层应用提供数据服务、业务服务和计算服务。数据服务包括数据采集、数据集成、数据共享等功能,进行数据的高效交换、采集、集成和管理。业务服务提供包括身份验证、容器服务、缓存服务等通用基础业务服务,可以确保平台稳定运行与用户安全访问。计算服务则涵盖了大数据和人工智能领域,一方面,通过Spark、MapReduce等分布式框架进行大数据计算,为应用层提供数据计算服务;另一方面,使用基于传统机器学习框架的

Scikit-learn等以及基于深度学习框架的PyTorch、TensorFlow等框架,为不同类型的应用提供相应人工智能算法和模型服务,实现了从数据深度处理分析到运用算法模型进行推理预测的服务体系。

1.2.4 应用层

应用层为用户提供直观可用的系统功能,包括业务应用、数据中心应用和人工智能应用。业务应用通过调用服务层提供的业务服务,实现了生命体征集中监测、病情评估记录、重症病历记录等基础功能,可以为医护人员提供全面的患者信息。数据中心应用通过调用服务层的数据服务,对数据进行汇集治理,形成数据平台,构建了重症医学的业务、科研、专病、事件等数据中心,为其他应用提供数据支持。人工智能应用则通过调用服务层的人工智能模型服务,实现多参数融合报警、设备数据异常辅助处理、典型病症辅助评估预测、个性化诊疗方案推荐、诊疗过程内涵质控等功能,为临床重症诊疗提供智能辅助决策。应用层设计时注重用户体验与功能实用性,界面直观且操作便利。

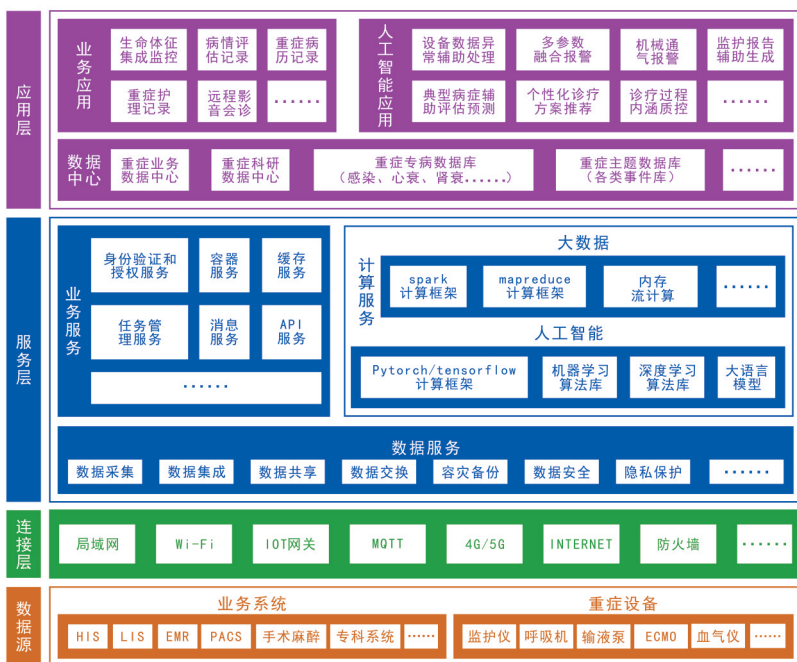


图1 重症监护云平台架构

1.3 平台网络安全架构

平台网络架构主要分为内网、外网及内外交互三个区域。其中,内网区域专注于数据采集、脱敏处理以及加密传输;外网区域提供跨机构数据存储、清洗、标准化、处理、计算、备份等服务;内外网交互区域使用网络安全设备,以及行为审查、日志审计等防控措施,以确保信息安全交互。

2 平台基础功能构建

重症监护云平台整合了重症业务流程,实现了对患者生命体征、诊疗记录、检查检验结果等多维度、多模式就诊数据的高效收集与处理。在此基础上,平台将人工智能算法与模型深度融入多个医疗业务场景,构建起一套人工智能服务体系,并实现了一系列人工智能应用(图2)。

2.1 整合业务流程

平台以“数据一次采集、全程共

享、智能闭环”为目标,对患者重症就诊业务进行梳理,整合构建了“一个数据中枢+三条业务主线”的业务流程架构。一个数据中枢指各类系统及设备数据统一汇聚至云平台的重症数据中心。三条业务主线分别是:(1)患者入出科主线,从院前、急诊、住院等信息进入ICU到患者出科、出院,过程数据自动获取与共享,避免了重复录入;(2)诊疗主线,实现实时监测、指标预警、医护复核、效果评估,形成诊疗闭环;(3)协同主线,通过远程会诊联合查房的业务协同,促进上级医疗机构与基层ICU间同质化诊疗,助力优质医疗资源下沉。

2.2 多参数融合患者异常报警

平台借助多种人工智能技术,构建了多参数融合报警体系。在数据处理阶段,运用算法对血压、血氧、体温、心率等生命体征数据进行清洗和归一化处理,通过主成分分析降维、递归特征消除等算法来实

现特征的提取与选择。运用长短期记忆网络等基于循环神经网络的算法来处理时间序列依赖,学习生理参数变化关系。此外,通过支持向量机、随机森林等算法,构建多变量分析模型,实现对多项生命体征数据的实时关联分析。在监护过程中,一旦发现患者生命体征数据出现异常波动,系统将及时自动报警。

2.3 监护设备异常数据辅助处理

重症监护时多种设备产生的数据量大,报警数量远超医护人员工作负荷,却只有部分需要进行床旁干预,易造成医护人员报警疲劳^[3]。平台运用决策树、支持向量机、深度学习等机器学习算法,结合多导心电、设备阈值设置和报警策略等相关数据进行持续分析,建立异常生命体征数据识别模型,实现对原始数据中可能存在噪声、错误或缺失值的自动处理,减少了异常体征数据误报数量,提升报警准确率,减轻了医务人员的报警疲劳,为后续诊

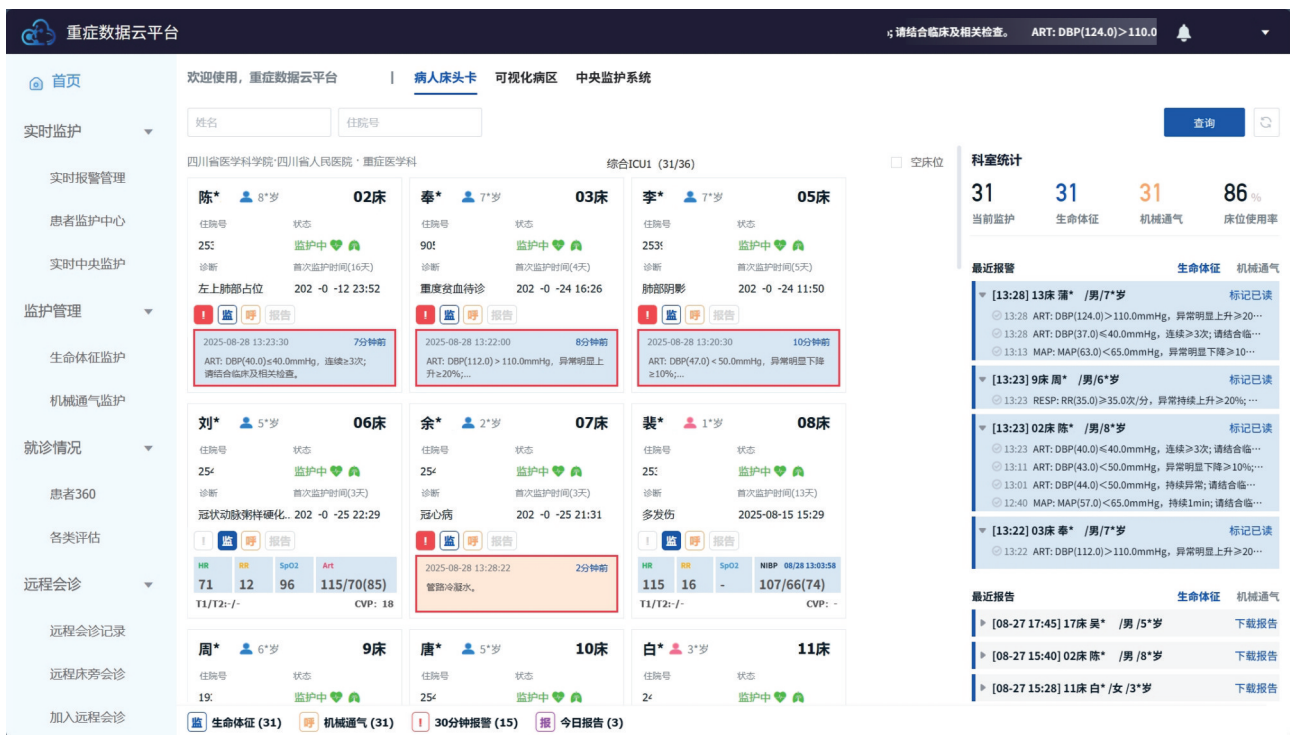


图2 重症监护云平台系统界面

疗提供了更准确的体征监控数据。

2.4 远程机械通气报警

远程机械通气管理聚焦于压力、流速、容积这三个关键的时变波形^[9-10]。利用卷积神经网络等深度学习技术的自动特征提取能力,可以从复杂的波形数据中挖掘出特征信息。将这些特征信息输入全连接网络等机器学习分类器中,构建了基于单阶段目标检测识别算法的人工智能模型,实现了精准定位呼吸机发生人机不同步的具体位置及所属类型。该算法模型运行范围包含院内及院际间,在实际应用场景中,可以通过实时分析波形数据及时发现异常情况,并触发报警机制,通知医护人员对机械通气参数进行调整,从而确保患者机械通气过程的安全性。

2.5 监护分析报告辅助生成

使用平台的数据集成技术,将原本碎片化的医疗数据进行有效整合。在此基础上,系统自动计算出如心率、血压等生命体征的平均值、标准差、最大值以及最小值等各类患者监护关键统计指标。同时,运用机器学习算法,深入剖析数据的分布特征和变化趋势,实时生成监护数据的图文分析报告。报告包含患者基本信息、病情概述、生命体征变化趋势、异常情况记录,以及治疗效果评估等内容,为医护人员临床决策提供支持。

2.6 典型病症风险早期预测评估

平台通过融合多模态特征数据,结合医学知识库,构建了风险预警模型,可以实现典型病症风险早期预测评估。首先,平台对大量病例的体征、用药、检验结果、检查图像、病程记录、体态视频等多模态数据进行标准化预处理。其次,运用

机器学习和深度学习算法,通过卷积神经网络对图像数据进行特征提取,精准识别影像中关键病变信息。最后,使用循环神经网络及其衍生的长短期记忆网络,对具有时间序列特征的数据进行学习和训练,捕捉病情发展的动态变化规律,做出预测,并向医护人员发送患者相关病症的预警提示。

2.7 个性化治疗方案推荐

平台利用人工智能技术,分三个阶段对患者病情进行分析,实现了个性化治疗方案的推荐。第一阶段数据整合,融合患者电子病历、基因数据、生命体征及多模态检查结果,构建动态更新的全维度患者数字画像。第二阶段智能分析,采用机器学习挖掘历史病例中病情特征与治疗方案的关联规律,结合循环神经网络解析病程时序变化,利用变分自编码器提取潜在病理特征,建立疾病演进预测模型。第三阶段方案生成,基于患者数字画像与模型预测结果,通过知识图谱关联医学指南、专家共识、药物相互作用数据库及临床路径,智能匹配最优治疗策略,推荐适宜药物治疗方案,包括药物种类、剂量和服用时机。同时,方案可根据治疗过程动态调整,例如当预测模型提示病情变化或出现药物相互作用警报时,平台将自动重新计算药物剂量、机械通气参数或液体管理策略等,从而实现治疗方案的动态优化。

2.8 远程协同重症会诊

平台通过远程协同会诊功能,形成申请、质控、看诊、记录的会诊闭环流程,将中心医院医疗资源延伸至基层,基层患者无需转院即可享受同质化诊疗。远程会诊开始前,由邀请方发起会诊申请,同时系统自动进行会诊前质控,完成资料

完整性校验,自动提醒缺失项补录,待质控通过后,申请提交至受邀方进行预约;会诊过程中,受邀方专家通过音视频进行查体,并根据平台同步的患者就诊信息、重症监护历史及实时监护指标进行会诊;会诊结束后,系统将自动生成记录单,以供受邀方医生在线编辑及审核,并支持报告内容回写邀请方系统。

3 建设成效

3.1 系统规模化覆盖,智能诊疗能力提升

自2023年4月重症监护云平台试运行以来,已实现包括该院本部及医联体成员单位共14家医疗机构的接入。设备方面,累计接入监护仪152台、呼吸机93台,形成覆盖危重症核心场景的物联网。截至2024年12月,累计服务患者14200人次,生成监护数据156万小时(多参数监护91万小时,机械通气65万小时),自动出具24小时监护分析报告34000份,构建了连续动态的高质量重症体征数据集。

医联体内通过平台多参数融合患者异常报警功能,共实现患者高危预警提醒1742人,其中通过提醒协助抢救成功1244余人,抢救成功比例超过71%。通过平台典型病症风险早期预测评估模块,实现了对急性呼吸窘迫综合征、脓毒症、急性肾损伤、多器官功能障碍等典型重症病症的风险预警提示。

3.2 医护工作效率提高,医联体协同效能提升

平台对设备报警信息的优化减少了无效报警信息,缓解了医护人员的报警疲劳情况。监护分析报告辅助生成功能将医护人员从繁琐的报告书写工作中解脱出来,转变为

对报告的审核,提高了工作效率。同时,平台远程会诊功能打破了时间和地域限制,使得基层医院在患者出现危重情况时,能够及时向中心医院专家发起跨院辅助会诊。医联体基层医院通过接入重症监护云平台,能够使用与中心医院一样的辅助诊疗模块,可以实时共享并充分应用中心医院积累的丰富临床经验与数据资源,实现同质化诊疗。

4 讨论

人工智能技术在医疗行业的广泛应用,正在迅速改变包括重症监护领域在内的传统医疗模式。从建设成效来看,本研究构建的重症监护云平台应用人工智能技术,对重症监护过程中的数据生成、报告出具、高危预警提醒等方面均有所提升。同时,平台在建设和推广过程中,也面临了诸多挑战:(1)面对异构数据融合问题,通过数据服务层的建立以及对多源数据标准化的治理,实现了多医疗设备、多业务系统数据整合;(2)面对报警疲劳,通过医生标注辅助机器学习等方式,采用多版本迭代降低报警误报率;(3)面对信息安全的要求,平台应用分级脱敏加密机制,并通过等保测评等技术手段,打消了各医院对平台数据风险的担忧。

未来,该平台需要持续进行多

维度深化与拓展。在数据层面,需强化整合,进一步完善与医疗机构其他信息系统的对接,消除信息孤岛,完善重症数据中心的构建,筑牢数据根基。在模型算法层面,需持续优化现有人工智能模型与算法,引入大语言模型、RAG、智能体等先进人工智能技术,提升其在复杂临床场景的适用性和准确性。在应用方面,需深入扩展人工智能应用场景,增加更多重症典型病症预警模型及辅助诊断功能,从而根据患者病情特征提出更加精准的个性化诊疗建议。同时,系统需提高动态更新能力,可以依据最新的医疗指南以及前沿研究进展,持续优化决策支持模型,提升其准确性与时效性。在运营方面,需将平台推广至更多医联体内医疗机构进行使用,接入相关监护设备,持续扩大其影响范围。通过推动重症监护智能化,促进优质医疗资源向基层高效下沉,加速医联体同质化发展,提升医疗服务质量和效率,为患者提供更高效、优质、精准的医疗体验。

参考文献

- [1] 杨建兴,费科锋,潘 贤. 医院重症监护数字化转型的建设与实现[J]. 中国卫生信息管理杂志,2024,21(1):123-128.
- [2] 黄晓霞,李 瑶,陈昊天,等. 结合5G和人工智能技术构建新一代智慧化ICU单元的探索[J]. 中华急诊医学杂志,2021,30

(10):1269-1273.

[3] 何先梁,刘梦星,刘三超,等. ICU和NICU病人监护仪报警现状的调查研究[J]. 中国医疗器械杂志,2021,45(5):585-590.

[4] 冯亚婷,陈海勇. 远程会诊在重症医学领域的应用[J]. 现代医院,2024,24(8):1278-1280.

[5] 程青云,张 艳,田雨同,等. 远程ICU的国内外实施现状[J]. 解放军护理杂志,2022,39(3):79-81.

[6] 韦 鑫,李 兵. 基于信息互联互通的重症监护信息系统设计与应用[J]. 电子设计工程,2022,30(18):6-10,15.

[7] 胡月云,李 芬. 人工智能技术在重症监护领域的应用分析[J]. 卫生职业教育,2021,39(8):150-152.

[8] TOBIN JM, LUSCZEK E, BAKKER J. Artificial intelligence and machine learning in critical care research[J]. J Crit Care,2024,82:154791.

[9] 黄芊芊. 基于机器学习的ICU有创机械通气预测研究[D]. 广州:华南理工大学,2022.

[10] 卢乙禧,李晓珊,戴惠华. 机器学习于机械通气患者脱机预测应用的研究进展[J]. 岭南急诊医学杂志,2024,29(4):446-448.

通信作者:

徐川:四川省医学科学院·四川省人民医院医学信息中心高级工程师
E-mail: xuchuan@med.uestc.edu.com

收稿日期:2024-10-14

修回日期:2025-09-22

本文编辑:姚 涛、刘斯好

欢迎投稿 欢迎订阅

欢迎登录本刊网站 www.cnwszl.com