

人工智能在 ICU 辅助诊疗应用初探^{*}

徐挺玉 王文明 郭建军 索海燕

孙永楠 姜 曼

(南京医科大学第一附属医院 (江苏省人民医院)
南京 210029)(东软集团股份有限公司重症医学产品部
沈阳 110000)

王忠民

(南京医科大学第一附属医院 (江苏省人民医院) 南京 210029)

〔摘要〕 介绍重症患者临床数据研究与应用发展现状,从关键技术、系统设计、功能实现等方面详细阐述人工智能诊断系统在 ICU 辅助诊疗应用,指出人工智能应用于 ICU 辅助诊疗可提高医护工作效率和准确率,为医生提供辅助临床决策工具。

〔关键词〕 人工智能;慢性阻塞性肺疾病急性加重;辅助诊疗

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2020.11.013

A Preliminary Study on the Application of Artificial Intelligence in ICU Assisted Diagnosis and Treatment XU Tingyu, WANG Wenming, GUO Jianjun, SUO Haiyan, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University (Jiangsu Province Hospital), Nanjing 210029, China; SUN Yongqiang, JIANG Man, Department of Intensive Critical Care Medicine Products of Neusoft Co., Ltd, Shenyang 110000, China; WANG Zhongmin, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University (Jiangsu Province Hospital), Nanjing 210029, China

〔Abstract〕 The paper introduces the application and development status of clinical data research of severe patients. It elaborates the key technologies, system design and function realization of the Artificial Intelligence (AI) diagnosis system applying in ICU assisted diagnosis and treatment, points out that the application of AI in ICU assisted diagnosis and treatment can improve the efficiency and accuracy of medical staffs and provide doctors with assisted clinical decision-making tools.

〔Keywords〕 Artificial Intelligence (AI); Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (AECOPD); assisted diagnosis and treatment

〔收稿日期〕 2020-03-14

〔作者简介〕 徐挺玉,硕士,工程师,发表论文 11 篇;通讯作者:王忠民,博士,研究员级工程师。

〔基金项目〕 江苏经信委工业和信息产业转型升级引导资金“智慧病区平台建设及示范工程”(项目编号:苏财工贸(2018)0419号)。

1 引言

人工智能(Artificial Intelligence, AI)在医学领域应用包括辅助治疗决策、虚拟助理、病情预测、智能护理等。AI 可承担重复度高、规则明确、条件复杂的医护工作,有助改善医护效率、提高准

确率,可作为辅助临床决策工具进行快速诊断、优化治疗方案等^[1-3]。重症信息系统(Intensive Care Information System, ICIS)的基本功能是将重症加强护理病房(Intensive Care Unit, ICU)患者生命体征信息整合为一个系统,与医院信息系统及其他子系统,如检验信息系统、医学影像存储与传输系统等实现无缝链接,以便医师随时掌握患者病情变化,对重症患者进行严格监控,及时提醒医护人员,提高治疗措施依从性。重症系统对 ICU 患者数据,如生命体征、血气分析、血常规、呼吸机等临床集成并整合为临床知识库,利用人工智能算法提取大数据进行分析决策,将是未来临床决策研究趋势。

2 发展现状

2.1 相关研究概述

重症患者临床数据量和信息量巨大。据统计 ICU 医疗监测记录中同一患者瞬时可能涉及多达 236 项数据变量,已有研究利用大数据进行指南及治疗方案制定。2018 年有学者针对 Spesis 3.0 是否会延迟诊断进行研究;有学者针对 2008 - 2016 年 69 000 个临床病例进行回顾性研究,指出使用人工智能比医生诊断提前 4 ~ 12 小时。

2.2 慢性阻塞性肺疾病急性加重领域应用

慢性阻塞性肺疾病急性加重(Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, AECOPD)是重症科室常见急危重症。目前 AECOPD 规范化诊治流程及智能化临床决策体系建立处于研究阶段,其中训练治疗模型难点在于用于 AI 算法训练的数据量不足,缺乏资深医师参与样本标注,导致 AI 算法的准确率和实用性无法满足临床应用需求。因此重症大数据应用是该项研究的关键。

2.3 国内发展情况

我国 ICU 大数据起步较晚,局限于对早期数据的收集,国外 ICU 大数据库,如重症监护医学信息数据库(Medical Information Mart for Intensive Care, MIMIC)、Philips 数据库,能够提供有益借鉴。在使

用人工智能前重症科室治疗 AECOPD 疾病一般通过医生经验做决策,重症科室医生工作量大、疲劳度较高,医疗设备内置报警上下限设置缺乏敏感性、特异性等都可以成为影响因素,而大数据根据病人情况发现致病规律更早预测潜在危险,可个性化定制治疗方案。机器学习技术结合医院临床数据采集系统与疾病诊断规则,通过深度学习算法训练大量临床数据,可自动生成可靠性较高的治疗方案和更适合当前患者的监护策略,在应用过程中通过医生反馈操作,不断进行监督式学习,最终可无限贴近专业医生判断,实现机器预治疗。

3 关键技术

3.1 系统特点

基于人工智能的辅助诊疗系统应用具有以下几方面特点^[4-6]:一是需要大量医学知识库作为支撑,该知识库主要由将领域知识和经验抽象化的数字知识构成。二是人工智能以算法和算力为核心技术支撑,对于不能用算法解释的自然规律无法操作,因此人工智能无法完全代替人类决策。三是人工智能结合自动化系统可完成重复繁琐的人工操作,有效提高人工操作准确率和工作效率。采用预测算法的人工智能可协助提前做好策略,有效控制突发事件。应用技术原理包括:自然语言处理技术、机器学习和深度学习、建立重症知识库、大数据分析、分布式实时流处理等。

3.2 自然语言处理技术

根据预先定义或使用知识分析挖掘技术对资源进行处理,形成可供分析、推理的知识(概念或主题等),基于上述知识对用户提供的各领域文本进行标注、分类等语义处理,最终提供推荐、搜索、分类、过滤等知识服务。

3.3 深度学习

一种基于数据进行表征学习的人工智能算法,可分为监督式学习和非监督式学习两种,是当前主流机器学习技术。该技术主要特点,一是训练过程可监

督，在数据训练过程中用正确结果进行监督，保证最终结果的可靠性。二是基于大规模数据，深度学习算法可靠性随着训练数据规模的增加而增加。

3.4 重症知识库及大数据分析

参照 MIMIC 数据模型建立重症大数据体系，实现重症知识库、病情诊断规则库等，自动生成重症知识图谱。采用人工智能方法实现智能治疗干预需要建立知识库，在事实知识基础上抽象规则库，通过规则引擎生成规则并下发给实时监控系统，改变监控系统监测规则。可实现多维度数据挖掘分析，深度洞察用户数据精细化统计分析，秒级处理、实时更新、支持私有化部署的数据分析工具。商务智能数据分析平台对结构化数据进行整理形成可视化数据集市，为用户提供高效、直观的数据呈现。

3.5 分布式实时流处理

分布式实时流处理框架是实时处理高并发、拥有时间属性大数据流事件的开源框架，当前主流框架有 Apache 旗下的 Storm 框架、SparkStreaming 等。研发重点在如何降低部署成本，规则灵活下发等^[7-8]。

4 设计与应用

4.1 基于 AECOPD 的 AI 决策系统设计

4.1.1 概述 基于 ICU 常见疾病慢性阻塞性肺疾病（Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD）研究人工智能诊断系统在疾病辅助诊断、治疗方案提供及智能提醒中的应用。COPD 是一种以持续气流受限为特征的可预防和治疗常见疾病，气流受限进行性发展与气道和肺脏对有毒颗粒或气体的慢性炎性反应增强有关，其致残率和病死率较高。慢性阻塞性肺疾病急性加重（AECOPD）是 COPD 疾病进展过程中的重要特征，反复 AECOPD 使患者肺功能呈进行性下降，增加病死率。通过指标量化实时监测患者病情变化，如呼吸频率、血气分析、呼吸功能、胸片、血培养指标等，对 AECOPD 发病诊断有重要意义。

4.1.2 业务流程及技术路线 通过建立病因导向的多学科协作急性呼吸衰竭规范化治疗路径，研发基于人工智能的呼吸支持治疗体系辅助 AECOPD 诊疗。AI 实现诊断干预 AECOPD 核心技术在于算法。机器通过深度学习模拟医生诊疗过程，而深度学习是一种基于数据进行表征学习的人工智能算法。将 AI 算法结合医院临床数据采集系统与 AECOPD 诊断规则，通过深度学习训练大量临床数据，可自动生成可靠性较高的治疗方案和更适合患者的监护策略，在应用过程中通过医生反馈操作不断进行监督式学习，最终可无限贴近专业医生判断。达到机器干预治疗的效果，见图 1、图 2。

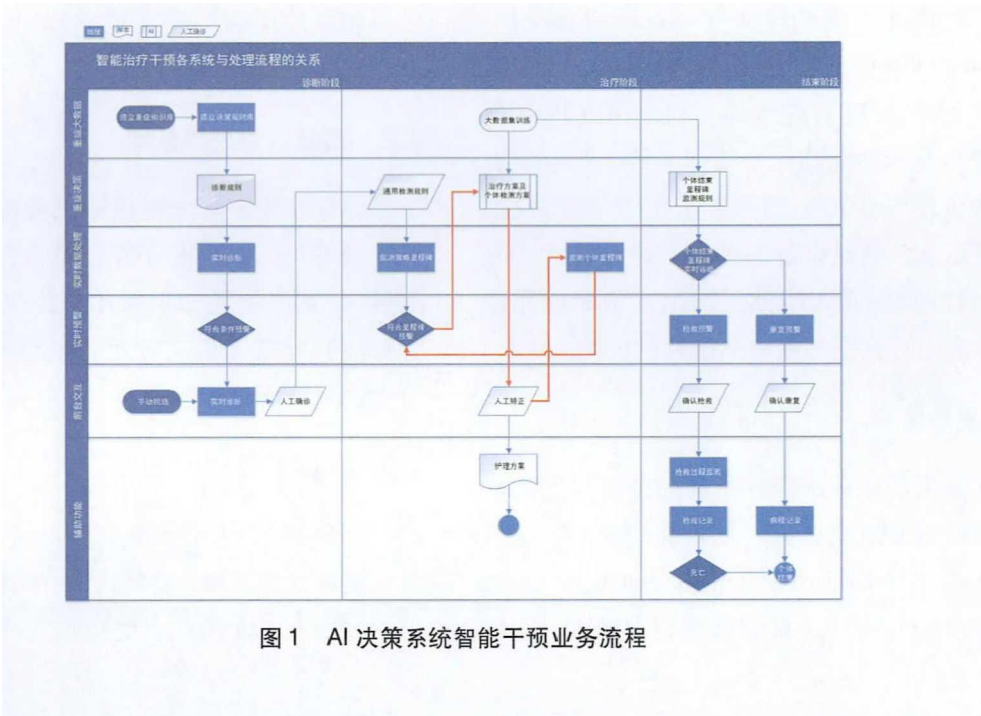


图 1 AI 决策系统智能干预业务流程

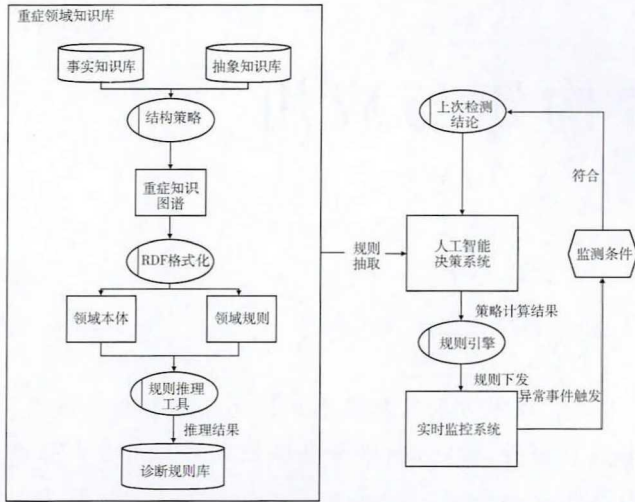


图2 AI决策系统智能干预技术路线

4.2 系统实现

4.2.1 特点 基于 AECOPD 的 AI 决策系统具有以下特点：根据 AECOPD 业务规则建立有监督式的深度学习模型；通过大量临床数据训练深度学习模型，根据当前患者的监护参数自动生成治疗方案、监护策略；利用大量训练深度学习模型，通过分析预测可实现患者病情危急的提前预警。

4.2.2 人工智能实时监测方案 实时监测重症科室患者源数据（包括监护仪、呼吸机、实验室、胸片或 CT 实时数据及护理记录及病程记录等，参数包括呼吸频率、动脉血压）。每个监测参数设置标准范围，警报系统一旦获取预警异常立即提醒医生或护士及时查看病人相关疑似诊断监测信息。一旦确诊为 AECOPD，AI 决策系统提供智能干预方案由医生确认，医生若修改 AI 方案则要提供修改依据以供机器学习，方案制定后自动生成护理方案。患者确诊为 AECOPD 后实时监测相关参数根据方案进行调整，监测符合条件后系统再次生成新干预方案和监测方案给医生确认直到患者康复。系统设定需要抢救的参数危急报警阈值，一旦发生危急值立即报警抢救。AECOPD 治疗包括雾化治疗、机械通气、抗生素使用等，监测警报算法优先依据指南规则（《慢性阻塞性肺疾病急性加重诊治中国专家共识（2013 版）》），结合临床病历大数据分析形成最优治疗路径。

4.2.3 系统构成 （1）辅助诊断。根据检查结

果实时弹出异常，提示辅助检查建议，展示所有相关辅助检查信息，包括生命体征、胸片、血气分析、呼吸功能、血常规、心肌酶及电解质、培养结果。支持导入病程记录。（2）辅助鉴别诊断。根据患者辅助检查结果及生命体征等监控参数做出异常提示，依据系统知识库显示所有可能诊断，自动计算符合百分率，辅助医生做出诊断及鉴别诊断。（3）辅助治疗。系统根据辅助检查结果支持基于治疗方案的机械通气及参数、药品名称及剂量设置，支持导入医嘱等功能。（4）治疗目标监测。通过设置治疗目标及监测参数，实时监测患者病情变化，出现异常提示修改治疗方案，如达到治疗目标提示完成治疗。

5 结语

本研究利用 MIMIC 数据库训练 AI 获得诊断预测模型，通过医院数据库进行治疗方案模型训练，利用大数据进行进一步统计分析。医护人员在大数据和人工智能算法帮助下，结合临床经验能够更好地解决医学难题、提升服务效率。同时大数据分析可发现敏感度和特异度更好的综合监测指标，从而提高对严重并发症的预判能力，及早采取相应治疗措施，改善重症患者预后。人工智能技术引入医学系统存在问题值得思考，构建规范统一的医学信息系统、设计实现针对特定疾病的智能导诊辅助就医系统都需要专业医学知识和丰富临床经验支持，因此经验丰富的医生与医学专家的参与和指导至关重要。现阶段虽然众多临床医生期待人工智能带来新的诊疗方式，但由于临床诊疗任务繁重，难以投入大量时间与精力参与相关研究。医疗技术变革仍需跨领域协作组织和激励政策，可成立创新中心，实施有效的“产学研”一体化策略，推动人工智能领域快速健康发展。

参考文献

- 1 聂曦明,王龙,刘丽萍,等. 人工智能技术在神经重症监护中的应用 [J]. 临床荟萃, 2018, 33 (4): 277-281.

（下转第 81 页）

此方案设计。通过新增收费项,建立费用与医嘱间对照关系,设置开始、结束时间,达到政策要求。不断完善系统使其具有可靠性、可复制性、可延展性以降低系统改造成本,同时更高效地服务临床,提高患者满意度。

参考文献

- 1 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发国家组织药品集中采购和使用试点方案的通知 [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-01/17/content_5358604.htm.
- 2 朱佳英,任晋文,华特彬.“4+7”城市药品带量采购在公立医院的实施效果预测与探讨[J]. 浙江医学, 2019, 41 (10): 1103-1107.
- 3 国家医保局,人力资源社会保障部. 关于印发《国家基本医疗保险、工伤保险和生育保险药品目录》的通知 [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.nhsa.gov.cn/art/2019/8/20/art_37_1666.html.
- 4 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发深化医药卫生体制改革 2019 年重点工作任务的通知 (国办发[2019] 28 号) [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-06/04/content_5397350.html.
- 5 国家医保局,工业和信息化部,财政部,等. 关于国家组织药品集中采购和使用试点扩大区域范围的实施意见 [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.nhsa.gov.cn/art/2019/9/30/art_37_1817.html.
- 6 国家医保局,人力资源社会保障部. 关于将 2019 年谈判药品纳入《国家基本医疗保险、工伤保险和生育保险药品目录》乙类范围的通知 [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.nhsa.gov.cn/art/2019/11/28/art_37_2050.html.
- 7 国务院深化医药卫生体制改革领导小组. 关于以药品集中采购和使用为突破口进一步深化医药卫生体制改革若干政策措施的通知 [EB/OL]. [2020-02-18]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-12/03/content_5457859.htm.
- 8 王丽. 国家医保局就《2019 年国家医保药品目录调整工作方案》进行解读 [J]. 中华医学信息导报, 2019, 34 (8): 2.
- 9 陈昊,饶苑弘. 新时代的药品带量采购实践与思考 [J]. 中国药物经济学, 2019, 14 (7): 19-26.
- 2 Abuhanna A, Lucas P J. Prognostic Models in Medicine. AI and Statistical Approaches [J]. Methods of Information in Medicine, 2001, 40 (1): 1-5.
- 3 乔跃华,姚良悦. 基于 Web Service 的 ICU 重症监护系统的建设与应用 [J]. 护理研究: 中旬版, 2014 (4): 1386-1387.
- 4 Jimena Steinmann, Andreas Knaust, Andre Moussa, et al. Implementation of A Novel On-ward Computer-assisted Surveillance System for Device-associated Infections in An Intensive Care Unit [J]. Int J Hyg Environ Health, 2008, 211 (1): 192-199.
- 5 Horsky J, Schiff G D, Johnston D, et al. Interface Design Principles for Usable Decision Support: a targeted review of best practices for clinical prescribing interventions [J]. Journal of Biomedical Informatics, 2012, 45 (6): 1202-1216.
- 6 Antje Wulff, Sara Montag, Bianca Steiner, et al. CAD-DIE2—evaluation of a clinical decision-support system for early detection of systemic inflammatory response syndrome in paediatric intensive care; study protocol for a diagnostic study [EB/OL]. [2019-06-19]. <https://bmjopen.bmj.com/content/9/6/e028953>.
- 7 Mann E A, Jones J A, Wolf S E, et al. Computer Decision Support Software Safely Improves Glycemic Control in the Burn Intensive Care Unit: a randomized controlled clinical study [J]. Journal of Burn Care & Research, 2011, 32 (2): 246-255.
- 8 郝梅,谢嵘,王立,等. 医疗大数据搜索系统的建设与应用 [J]. 医疗卫生装备, 2019, 40 (2): 49-52.

(上接第 63 页)