

基于人工智能的实验室智能化管理与运行模式探索

杨哲

(西安航空职业技术学院,陕西省西安市,710089)

摘要 实验室作为科学研究与技术创新的核心场景,其管理效率与智能化水平直接影响科研进程与资源利用效能。传统实验室管理模式普遍存在资源调度僵化、安全监管滞后、数据整合困难等问题,难以满足现代科研对高效、安全与数据驱动的需求。本文以人工智能技术为核心,融合物联网、大数据及机器学习方法,构建了一套覆盖设备管理、安全监控、数据整合与决策支持的实验室智能化管理框架。为实验室数字化转型提供了理论依据与实践路径,助力科研机构构建“智能感知-动态优化-自主决策”的新型管理模式。

关键词 人工智能;实验室;智能化管理;运行

中图分类号:TP18 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)04-0053-02

在全球科技竞争加剧的背景下,实验室的创新能力已成为衡量国家科研实力的关键指标。然而,传统实验室管理长期依赖人工经验,面临资源分配、安全隐患管理、数据整合等多重困难。人工智能技术的突破为破解上述难题提供了全新路径,计算机视觉可实现行为风险自动识别,物联网支持设备状态的毫秒级监控,而知识图谱与强化学习技术可优化资源调度策略。目前,人工智能下实验室智能化管理,通过构建AI驱动的实验室管理闭环系统,实现管理革新、科研效率提升、安全体系重构三个维度突破,从而提升实验室管理与运行水平。

1 当前实验室管理与运行中存在的问题

1.1 资源调度与利用效率低下

在实验室设备使用过程中,设备闲置与冲突使用并存现象十分明显。由于缺乏合理的使用规划与协调机制,导致一些热门实验设备如电镜、质谱仪预约冲突率高达65%。设备使用信息不透明导致科研人员需频繁协调时间,间接拉长实验周期。一些冷门实验设备,经常处于空闲状态,导致实验设备使用存在资源不均的情况。在使用效率上,由于管理粗放,导致一些实验耗材存在浪费现象。例如,实验室常见耗材如试剂、培养皿,依赖人工登

记,易出现重复采购或过期浪费。2023年《实验室管理学报》统计指出,国内实验室因库存管理不当导致的耗材损耗率平均为18%,部分化学实验室甚至超过30%。

1.2 安全监控与风险防控能力不足

在实验室管理过程中出现安全事故,60%以上源于操作不规范(如未佩戴防护装备、错误混合化学品)。传统监控依赖人工巡检,难以及时发现风险。例如,2021年某高校实验室爆炸事故的直接原因是学生在无人监督情况下违规使用高压反应釜。传统实验室安全风险防控主要依赖人员巡查,但是存在场景覆盖率低、响应延迟等问题。多数实验室安全监控设备,采用固定式传感器监测温湿度、气体浓度等参数,但传感器布设密度不足,且无法识别突发泄漏点位。例如,某生物安全三级(BSL-3)实验室因未实时监测负压波动,导致病原微生物泄漏风险增加。当发生安全风险时,人员疏散、设备关停与消防系统启动依赖人工决策,延误黄金处置时间。

1.3 数据管理与知识共享机制缺失

在实验室运行过程中,实验数据碎片化与孤岛现象影响实验室科研效率。目前,多数实验室科研数据分散在个人电脑、纸质记录本及独立软件中,缺乏统一存储平台。此外,传统实验数据处理依赖人工统计与简单图表分析,难以从海量数据中提取潜在规律。例如,某材料实验室积累的10万组XRD数据中,仅5%被用于机器学习建模,其余数据价值

作者简介:杨哲(1998~),女,陕西兴平人,本科,助理实验师,研究方向:计算机科学与技术。

未被挖掘。在实验室设备操作上,目前沿袭“师徒制”口口相传模式,人员流动易造成知识断层。实验室设备操作知识缺乏有效共享,导致实验室设备出现故障概率上升。

1.4 人力成本高与协同效率低下

在实验室管理与运行中,科研人员需要花费30%~50%时间处理设备预约、耗材登记等事务性工作。某课题组调研显示,博士后平均每周需耗费8h填写管理表格,严重压缩核心科研时间。在实验室设备管理过程中,由于不同科研团队需要共用实验设备,在进行跨团队协作时,流程繁琐,协调设备使用、数据共享需层层审批。对于一些新入职的实验室管理人员,现有的人员培训与考核体系滞后,缺乏标准化考核机制,导致新员工在操作时存在较高的错误操作概率。

2 基于人工智能下实验室智能化管理与运行模式

2.1 智能化管理系统的技术架构

实验室智能化管理系统的核心在于实现“人-机-环-数”全要素互联,其技术架构可分为四层:

感知层:要实现多模态数据采集,通过物联网传感器(温湿度、振动、气体浓度)、摄像头(行为识别)、RFID标签(耗材追踪)、智能电表(能耗监测)等设备,实时采集实验室运行数据。在采集数据后,要构建实验室数字孪生体,实现物理空间与虚拟模型的动态映射。

传输层:实现边缘计算节点,在本地部署边缘服务器,对视频流、传感器数据进行预处理,降低云端传输延迟。要加快应用5G/6G网络,支持毫秒级数据传输,确保安全预警等场景的实时性。

平台层:打造AI算法引擎,集成机器设备故障预测、计算机视觉、自然语言处理等模型。借助大数据技术,对实验数据进行分析清洗,实现数据的关联与可视化处理。

应用层:开发功能模块,包括智能预约、安全监控、耗材管理、科研辅助四大核心模块。要实现人机交互界面开发与应用,开发Web/移动端应用,支持语音指令与AR导航。

2.2 设备全生命周期管理

要借助人工智能技术,对实验室设备进行全生命周期管理。在设备使用上,进行智能调度与预约优化。采用强化学习算法,以设备利用率最大化为

目标,动态调整预约时段。例如,上海某高校实验室引入RL模型后,质谱仪冲突率从65%降至18%。在实验室设备维护上,采用预测性维护,基于LSTM网络分析设备振动、温度等时序数据,提前7~30d预警故障,结合数字孪生技术,在虚拟模型中模拟设备退化过程,指导预防性维护策略制定。

2.3 安全风险主动防控

对于实验室设备管理中的安全风险防控,重点对人员行为监控,采用算法识别未佩戴护目镜、违规吸烟等行为,结合姿态估计模型判断操作规范性。在周围环境风险预警方面,融合多源传感器数据(如VOC浓度、负压值、烟雾指数),通过随机森林算法构建风险评估模型。例如,某化学实验室的气体泄漏检测响应时间从15min缩短至8s。在紧急情况下,由AI系统自动触发应急预案,如关闭电源、启动排风或通知消防部门。

2.4 数据驱动的科研协同

借助人工智能技术,对实验数据智能分析。利用AutoML工具(如Google AutoML Tables)自动生成数据特征,加速实验结果解读。例如,深圳某基因实验室通过AI筛选关键突变位点,将测序数据分析周期从2周压缩至6h。在实验数据分析与利用上,构建知识图谱,基于BERT模型提取文献与实验记录中的实体关系,形成领域知识图谱。要充分发挥科研协同效应,优化跨团队协作,搭建区块链平台,实现实验数据可信共享与权限管理。

3 结语

基于人工智能的实验室智能化管理,通过数据闭环与算法驱动,实现了资源优化、风险可控与科研提效的三重突破。随着大模型、量子计算等技术的融合,实验室将逐步进化为“自感知、自决策、自进化”的科研智能体,为人类探索未知领域提供全新基础设施。

参考文献

- [1] 刘洁怡,周佳社,王新怀,等.人工智能开放式实验室建设与管理探索[J].实验室研究与探索,2022,41(3):252-255.
- [2] 朱小社,吴新华.基于人工智能的实训室智能化节能管理研究[J].长沙通信职业技术学院学报,2022(002):021.
- [3] 高少琛.基于人工智能的高职实验室智能化管理研究[J].计算机产品与流通,2023(5):366-368.