

多技术融合的智能化工剂与决策管理创新研究综述

卓越, 张晓雯, 孟庆芸, 孙凌燕, 杨红斌

济宁医学院附属医院药剂科, 山东济宁

DOI: 10.62836/ssr.v3n5.1505

摘要: 在医疗需求持续增长以及信息技术飞速进步的情形下, 药品调剂这一医疗服务里的主要环节, 正朝着智能化方向转变。此转型被看作是提升医疗质量和保障患者安全的核心要点。该文章对2023到2026年期间全球关于药品智能调剂与决策管理的研究情况进行综合概述。文章重点分析多种技术的结合, 像深度学习、图像识别、物联网以及大数据分析, 在药品精准识别、自动分配、全流程追溯和智能决策支撑等方面的应用状况。除此之外还探讨现有技术应用过程中面临的例如算法稳定性、信息安全以及系统适配度等主要难题, 并对这一领域未来的发展走向做出展望。调研表明融合多种技术的智能分药体系可明显提高分药效能, 提高幅度达30%-50%, 还能把失误几率降至万分之一以内。另外通过数据驱动的决策程序能够对药品资源配置进行优化, 为医院的精细化管理运营提供主要支撑。本研究的目标是为后续研究及临床实践给出一套成体系的指引方案。

关键词: 智能化调剂; 多技术融合; 决策管理; 药品安全; 医疗信息化

A Review of Innovative Research on Intelligent Dispensing and Decision Management Based on Multi-Technology Integration

Yue Zhuo, Xiaowen Zhang, Qingyun Meng, Lingyan Sun, Hongbin Yang

Department of Pharmacy, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining, Shandong

Abstract: With the growth of demand for healthcare services and the rapid development of information technology, the automation of drug dispensing has become a key area of emphasis in improving healthcare quality and ensuring patient safety. This change in the medical service chain highlights the significance of incorporating intelligent solutions to meet these needs effectively. This paper conducts a thorough review of the progress in intelligent drug dispensing and decision management studies at home and abroad from 2023 to 2026. It highlights the present utilization of integrated technologies like deep-learning, image recognition, Internet of Things, and big data analysis, especially in precise drug identification, automated drug dispensing, full-process traceability, and intelligent decision-making support. The piece delves into the main challenges encountered by contemporary technological uses, such as algorithm dependability, safeguarding of data, and system integration problems, together with predictions for future

*基金项目: 济宁市重点研发计划(软科学)项目(2025JNZC074)。

作者简介: 卓越(1985-), 男, 副主任药师, E-mail: jyfyzhuoyue@163.com。

developments and trends. Research shows that an intelligent dispensing system integrating a variety of technologies can significantly boost efficiency by 30% to 50%, and reduce the error rate to less than 0.01 per thousand. Data-guided decision-making is able to attain the optimal distribution of pharmaceutical resources and provide crucial backing for the accurate management of healthcare institutions. This paper aims to set up a well-organized reference structure for subsequent research and clinical application in this field.

Keywords: intelligent dispensing; multi-technology integration; decision management; drug safety; medical informatization

1 引言

药品调配在药品供应环节与临床应用之间起着主要作用，其准确性和高效性会直接影响患者安全以及医疗服务的品质。以往的人工配药模式因受工作人员疲惫、注意力分散等状况的限制，一般存在约0.1%-0.5%的平均误差比例。在就医高峰时段，出错概率或许会提高至原先的三倍以上[1]。在我国医疗服务需求持续增长，使得2023年全国各医疗机构的诊疗总人次达到87.2亿，较去年增长7.5%。传统的药品调配模式已难以满足这样的服务需求[2]。随着新技术的发展以及政策的促进，智能调度体系正快速替代人工。多种技术整合的智能调度和决策管理系统已然成为研究的重点。融合多模态感知与闭环反馈建立的智能调配体系，集成多种技术手段，保障药品全流程可追溯，推动药学服务由通过经验向依靠数据转变。本论文对近三年中国国内外有关研究展开归纳，说明其在三个方面的进展以及所面临的挑战，为未来的研究与实际运用提供参考。智能调度结合技术与思维，以保障患者安全为核心。这一理念催生动态风险阈值模型，在特定情形下会自动开启三级复核程序。

2 智能化调剂技术的研究进展

2.1 智能算法在药品识别中的应用

药物的精准识别是智能化调配的重要基础。近些年深度神经网络算法在该领域的运用获得了明显的成效。通过卷积神经网络（CNN）的图像识别手

段，能够高效地对不同种类、规格和包装的药品开展分类识别，其精准度平均能达到99.8%以上。林婷等人提出一种改良版YOLOv8算法，为应对相似药品包装的识别难题，引入注意力机制与多尺度特征融合模块，把识别精度从92.3%提高到98.7%。该方法确实降低外观相似药品的调配失误。

为符合药物识别领域的特定需求，科研人员针对算法的轻量化以及抗干扰能力展开深度优化。邓冬梅等人[4]建立一种轻量级的药物鉴别模型，其参数量仅为传统卷积神经网络（CNN）模型的五分之一。此模型于嵌入式设备上的鉴别速度能达到每秒30帧，可满足自动化设备的实时要求。另外该系统在复杂状况下，像不同光照、倾斜以及磨损情形时，仍然能够保持超过97%的鉴别准确率。此外RFID技术和图像识别联合运用大幅提高药品识别的可靠性。研究者裘琳等[5]研发的双模态识别体系可对药品的全生命周期开展追踪，其识别精准度高达99.95%，确实解决高危药品识别的难题。

在真实的药房作业里，药品识别不但要处理包装损坏与光线改变的情况，还得应对药品堆积和部分遮挡等繁杂的干扰。这些要素制约单纯依靠视觉算法的实际运用。所以不少国内研究小组专注于研发多算法协同识别方案，把传统机器视觉的特征提取方法和深度学习模型相融合，从而弥补单一算法的局限之处。举例而言部分研究将SIFT特征匹配算法与深度神经网络相结合，通过传统算法识别药品外包装的主要标识区域，随后利用深度学习模型确定药品类别，进一步大幅降低在复杂场景中出现误

判的可能性。除此之外为了应对医院药房里中药品种类的不断改变，增量学习方法逐渐被运用到药品识别模型的训练阶段。常规的深度学习模型在增添药品类别时，需重新收集各类别的数据开展训练，这既耗费时间，还可能导致已有的识别能力降低。增量学习与之不同，它能够在保留原有模型参数和识别能力的基础上，仅对新增加的药品样本进行迭代训练。这种方式符合医院常态更新药品以及更换药品包装的需求，大幅降低模型维护所需的技术和时间成本[6]。

高警示类药品、麻醉精神类药品还有冷链药品为药房管理的主要关注目标。这种药品一旦出现问题，或许直接引发重大医疗安全事故。当下双模态以及多模态识别体系已成为识别这类特殊药品的主要方式。除了将图像识别与RFID技术相结合外，部分顶尖医院的药房也在探索通过整合二维码和NFC近场通信技术来建立多层次的验证体系。每一种特殊药品都配有独一无二的身份编码，设备会逐个开展视觉外观检验、电子标签扫描以及编码比对这三层验证工作。只有当这三项信息和系统完全相符时，才会准许调配。这从技术方面强化对特殊药品的识别安全措施。此外部分研究还开展算法的场景化改良，用以应对不同剂型在外观特征方面的差异。各类剂型于识别流程里展现出不一样的挑战，经优化以符合这些特性的特定识别模型，在其应用场景中的总体表现超越通用算法，同时实现智能识别技术更优地服务于临床的实际需求。

2.2 自动化调配设备的研发与应用

自动化装置是实现智能化药物调配的重要工具。近些年国内生产的自动化药物分配设备和药品分类机器人在性能方面已达到国际先进水准。根据孙丹等人的[7]研究，医院药房采用智能调剂系统

之后，单一份量的调配时长从原本平均每份12秒缩减至3.5秒，调剂差错率也由原先的0.12%降至0.008%，并且药剂师的工作负担减少超40%。新一代的模块化自动药品调剂系统可根据不同医疗机构的规模与业务需求灵活变动，适用于门诊药房、住院药房以及静脉药物配置中心（PIVAS）等多样环境。

在设备功能整合领域，研究人员重点攻克把药品核查和标签打印技术相融合的难关。在传统调剂程序里，核对操作与贴标签是彼此独立的步骤，这两个环节约占整个调剂进程35%的时长，而且时常容易导致人为差错。刘玲等人[8]研发出的综合核对与贴签体系融合机械臂和视觉识别工艺，在药品调配完毕后，可自动开展信息核对、打印以及粘贴标签操作，整个流程仅需8秒，精准度达到100%。该体系很大程度上简化调剂环节，明显降低药师的重复性劳动。

为符合基层医疗机构的需求，近段时间低成本的小型自动化调剂装备成为研发的主要。这些供基层使用的装备运用半自动化的设计，成本下降超过60%，可以确实满足基层医疗机构的运营需要，且推动智能调剂技术在基层的推广。根据国内医疗机构分级运营的特点，自动化设备的配置已建立起一个条理清晰、场景化的产品方案，符合不同级别药房的多元化需求。大型三甲医院的门诊药房一般会面临众多处方处理以及密集的人流量，所以采用先进的自动化解决办法。此办法包含大型立式自动药品分发机和轨道传输系统的搭配，可实现无人操作的药品分发流程，还能通过智能引导系统协助取药，进一步缓解窗口压力并提高患者感受。住院药房更注重单剂量药物的分配和集中运送，标准配备有自动单剂量药物分配装置和注射药物分类器械，这些器械能够根据要求对药品进行分类汇总，并通过传输系统保证药品从药房按时送到病房。

表1. 近年主要药品识别算法性能对比

算法类型	研究团队	识别准确率	平均识别速度	适用场景
改进YOLOv8	林婷等[3]	98.7%	25ms/张	门诊药房自动化发药机
轻量级CNN	邓冬梅等[4]	97.2%	15ms/张	移动药品终端
图像+RFID双模态	裘琳等[5]	99.95%	50ms/件	住院药房药品追溯
Transformer-based	Zhang等[9]	99.2%	40ms/张	特殊药品管理

静脉输液中心对于感染控制的要求十分严格，传统的手工配药存在效率不高、交叉感染以及剂量出错的潜在风险。近些年来全自动静脉药物调配机器人成为研发与应用的重点。这类设备配备高精度的工具和定位系统，能够自动完成整个药物调配流程，在洁净的封闭环境中运行，效率相较于人工操作提高一倍多。另外机器人符合医院感染控制标准，有效降低污染的可能性。当下多款国产配药机器人已在医院里得到应用，针对特殊药物的调配装置也持续在改进。

基层受预算、空间等多种条件约束，难以直接采用大型医院的全自动化方案，所以选用半自动化调剂设备成为最优抉择。这种设备设计精妙，仅保留核心功能，体积小且安装便捷。操作步骤得到简化，普通人员经过简易培训就能进行操作，部分设备还配备基础预警功能，这样在控制成本的同时保障调剂过程的安全性。另外移动智能调剂终端于基层的推广也在渐渐增多，其适用于规模较小的医疗场景，推动智能化调剂技术往基层拓展。

当前研究的主要包括设备维护与适配改良。早期引进的设备一般存在采购周期冗长、维护成本高昂以及与本地状况不匹配等难题。与之相较国产设备在研发时已结合国内的真实需求开展本地化处理，供应链也更加完备，售后服务响应的速率更迅速。当今的先进装置大多配置自我监控模块，能够实时采集数据来预估潜在故障，进一步把被动维修转变为主动的预防性保养。这一功能不但能够延长装置的使用时长，还可降低因装置停机给药房运作带来的影响。

2.3 多技术融合的系统架构创新

当下智能调剂体系正逐渐转变为融合多种技术的集成式解决办法，而非仅局限于具备单一功能的装置。通过物联网技术的运用，实现对药品从入库、存储、分配直至发放的全流程开展实时监测。在药品架、分配装置和运输容器里安装传感器，能够实时获取药品的位置、状态和有效期等数据。这让药品库存的精确率提高至99.99%，过期药品的损耗也降低80%以上[8]。

运用区块链技术在药物数据管理领域，保障信息的安全性与可信性，有效化解相关的信任困境。Zhang等[9]提出一种通过联盟链的药品调剂数据管理手段。该手段不仅保证数据的不可更改和可追溯性，还运用属性基加密技术保障患者隐私。这一策略符合《医疗卫生机构网络安全管理办法》的规定，为实现多机构间的药品数据共享提供一种技术解决途径。

随着5G技术的普遍运用，系统的响应速度获得明显提高，并且还强化远程管理的作用。Wang等[10]研发的5G智慧药房体系，可实现对调剂装置的远程监控、故障预报和远程维护。该体系的响应时延低于10毫秒，能让药师远程即时审核调剂流程，特别适宜促进偏远区域医疗机构的智能化发展。

多种技术的融合并非仅仅是将各类信息技术单纯地组合起来，而是要按照药房的业务流程进行重新编排、功能整合，如此才能够建立一个包括感知、传输、计算与应用的智能药房体系。物联网搭建起系统的感知基础方面，除开展常规的监控工作外，当下其应用领域已延伸至药物存储环境的精细化管理。针对对温度要求严苛的药品，物联网温湿度传感器可在瞬间收集数据。当温度出现异样时，系统会马上向相关人员发送警报和提示，并且会自动记录异常状况，形成合规日志，以符合质量管理存档要求。对于有特殊管理规定的药品，物联网电子锁能够和货架传感器协同，记录所有开锁与取药的信息，实现人员和技术的双重联合防护。其次数据传输方面通过5G、千兆局域网以及无线专网实现信息交互。不同的网络承担对应的任务，医院内部的本地操作经由院内局域网来传输，以此保障数据的稳定性，同时避免使用公共网络资源。并且远程业务会运用5G网络的优势来开展。和4G相较，5G可提供更流畅的高清信号传送与远程操控功能。基层药店能够通过5G与高级药师建立连接，实现远程审核和用药辅导，进一步促进城乡药学服务的均衡化进步。另外区块链技术于医药行业的应用领域正在持续拓展，并非仅局限于单纯的数据保存。因为其独特的特性，联盟链已成为医疗单位数据共享的首选方式。在医疗联合体系里，各个不同的医院充

当节点, 和药品有关的数据能够在获得授权的范围实现安全分享; 通过区块链技术不能轻易篡改这一特性, 药品的流通过程能够被追踪且进行责任追究, 避免数据出现造假情况。融合加密技术去处理敏感类信息, 设定不同的访问权限, 既能够发掘数据的价值, 又能够保障数据的安全性与隐私性。最终数字孪生技术和智能药房相融合, 成为多重技术集成的新兴趋势。它可根据药房的实际情形建立虚拟模型, 实时显示实体药房的各类数据。管理层能够通过虚拟模型查看药房的整体运营情况, 模拟不同场景下的工作状况, 从而预先优化人力调配、布局规划和流程管控。通过深度整合数字孪生技术与多种科技手段, 智慧药房由被动式操作转变为主动进行预测与优化, 大幅提高运营效率和管理水准。

3 智能决策管理系统的研究进展

3.1 多维度数据采集与分析体系

智能决策管理体系的主要功能是对药品有关数据开展深度分析。当下此系统能够实时获取药品集采数据、抗菌药物的使用情形等20多项主要的绩效指标。方娟[11]及其研究团队的成果显示, 通过对相关指标开展动态监测与分析, 能够迅速察觉药物使用时的异常状况, 进一步让抗菌药物的不合理运用比例降低25%, 单次用药的花费较之前则下降8.3%。

此外数据可视化技术提高决策信息的可读性。通过多种可视化方式, 繁杂的分析结果能够更为直观地显示给决策者, 进一步把平均的决策响应时长从72小时缩减至4小时, 明显提高管理的效能。淡永亮[12]指出, 通过数据可视化的决策辅助系统, 管理者能够快速找出药品管理里的薄弱环节, 进一步制定对应的改进办法。

预测分析模型通过时间序列分析、机器学习等技术实现前瞻性管理。该系统可对药品的需求走向、库存变动以及用药模式进行预测, 预测精准度超92%。这不但能确实降低药品缺货与过剩的风险, 还可使库存周转天数降低20%至30%[13]。

随着药物管理精细化需求的提高, 智能决策系统的数据收集变得更为全面, 目前已覆盖采购、仓

储等六个主要领域。数据的出处已由单一的药房系统拓展至包含医院的HIS和EMR在内的多个不同体系。通过多源数据的融合打破数据壁垒, 建立完备的药品数据链条。通过此系统设置智能数据清理单元, 可自动开展数据整理工作, 极大降低人工介入的成本, 保障基础数据的精确性。

数据可视化体系按照不同管理岗位的需求, 给出分层且个性化的显示模式。医院高层管理者能够查看全院药品运营的总体数据, 药剂科的管理人员可以留意具有中观特性的管理指标, 而一线药师则可获取详尽的作业数据。这样的设计保证各级工作人员能够快速获取所需的信息, 进一步高效地运用数据开展决策。

药物需求预估模型持续进行更新与完善。过去的单一模型仅依靠过往数据开展简易预测, 很难处理因外部因素引发的用药需求变动。当下主流的预估模型整合多种算法, 把各种外界变量纳入考虑范围, 还能根据具体情况自动调节预估结果。并且这些模型准许进行人工介入来修正推算, 实现算法和人工经验的有效融合。

通过预测数据建立的智能库存联动体系, 是药品库存管理里的一项重要改革。此体系会全面考量需求预测以及采购周期等要素, 自动给出采购提议。它针对不同的药品品类拟定个性化的库存方案, 并且设置多层次的库存预警办法, 把信息传递给相关的管理人员加以处理, 让库存管理由事后盘点调节转变为事前预估与控制。

3.2 临床用药决策支持功能的拓展

智能决策管理系统的功能已由基础的药品管理延伸到临床用药决策辅助领域。当系统接入医院信息系统(HIS)和电子病历系统(EMR)之后, 能够在处方审核环节立刻给出有关用药禁忌、药物相互作用以及剂量调整的意见, 进一步使审核效率提高70%。并且不合理处方的拦截比例超过98%。

特殊群体用药的决策支持正逐步成为研究的主要方向。前沿的智能科技如今可为患者给出个性化的药物治疗提议, 考量因素包括年龄、性别、体重、肝脏和肾脏功能, 还有基因多样性。这些资讯

有助于提高药物在不同人群中的安全性和有效作用。Li等[14]所设计的辅助决策模型是专门针对老年患者的药物运用,拥有自动检测潜在不合适药物(PIM)的功能,预警精准率达到93.5%,有利于明显降低老年人用药的风险。

在医疗保险政策合规管理工作里,智能决策体系能够实时核查医疗保险目录、支付标准以及药物使用限制等规则,对方开展自动审查,让医疗保险违规比率下降60%以上,明显减轻医疗机构的医保管理压力[15]。

药品处方审核作为诊疗决策支持的主要应用,已在国内不同层级医疗单位普遍推广,且逐渐发展成全流程的闭环式审核体系。以往的处方审核一般在药品调配完毕后开展,纠错的及时性欠佳。智能决策系统通过实现医师开具处方、系统即刻初审,还有药师细致复审的预先审核模式,提高时效性。该系统整合众多具有权威性的药物知识资料,包括药典、临床用药指南等各类信息,可实时监测药物重复应用、超剂量用药等多种用药方面的问题。针对普通不符合规范的处方,系统会自行弹出窗口提示医生予以修改;要是遇到高风险的处方,系统会直接拦截并传送到药师处,由药师与医生取得联系进行核实,从根源上保障药物使用的安全性。

除老年人群体外,面向孕妇、产妇、婴幼儿这类特殊群体的个性化药物使用模块仍在不断优化进程中。以婴幼儿用药情况为例,此系统可根据儿童的年龄、体重等数据算出合理的药物用量,防止用药过量或不足;针对肝肾功能出现损伤的患者,系统会结合检验结果,自动识别相关药物并给出替代方案。部分顶尖医院已着手运用药物基因检测信息,从而得以提供精确的药物挑选。通过了解患者的基因特性,医生能够拟定最适宜的治疗方案,促进个性化与精准医学在临床药物运用中的实施。

主动开展药物不良反应监测是强化临床决策支持的重要功能之一。以往药物不良反应的呈报主要依靠人工记载,这造成多个漏报与迟报的现象。通过各类医疗资讯,智能决策体系能够运用算法来识别反常状况,自动筛选潜在的药物不良反应,并形成初步报告以提示相关人员开展核查补充。另外该

体系还建立一个不良反应数据库,用于统计和分析常见的药物不良反应,整理风险材料,并定时将用药风险报告反馈给临床,以实现药物不良反应的全面管控。

随着医保监管强度的提高,医保合规管理系统持续开展优化与更新。医保政策变动频繁,规则较为繁杂,单纯依靠人工审核易引发违规情况。智能决策系统可实时更新医保法规内容,逐一核对方和费用明细,自动开展违规检测,具备数据统计分析能力,定期整合使用数据与违规数据,辅助管理者察觉薄弱环节,制定改进方案,在保证合规的基础上合理管控医疗费用,降低医疗机构医保运营的压力。

3.3 管理模式创新与变革

智能调配与决策管理系统的运用促使医院药品管理模式发生改变,以往的经验式管理逐步朝着数据引领的精细化管理转变。药剂师的工作核心从单一的药品分发转变为更多的处方审查以及其他临床药学服务,进一步充分彰显药学服务的价值。根据刘玲等人的研究,推行智能化系统之后,药师用于为患者提供服务的时间占比从23%提高到58%,并且患者对用药咨询的满意度提高27%。

药品监管的协同能力实现明显提高。通过系统的无缝对接,药品采购、库存管控、临床运用和财务管理等环节实现信息共享与业务协同,打破传统部门的边界,管理效能提高40%以上。Wang等人[16]研制出一种综合的院内药品管理方式,通过智能决策平台开展统一规划,实现药品在各院区与药房间的灵活调配,进一步让药品资源的使用效率提高20%。

部分地区正着手搭建智能化的药品调剂与决策管理平台,以此推动区域医疗合作。该平台的目标是实现区域内药品资源的统一调配、跨机构的处方审查以及药品使用的区域监管,这对于分级诊疗制度的落实非常主要[17]。

智能化系统的运用是药学部门职能转变的核心变革。在传统的人工调配模式里,药师于药房主要进行重复性的体力劳动,导致其难以充分施展专业

技能来开展临床药学服务。当智能设备承接调剂任务之后，药师可把注意力专注于技术服务相关的专业工作当中。众多医疗单位通过智能体系组建专门的临床药剂师群体，这些群体深入至临床科室且参与到诊疗环节。药学服务深度融入诊疗流程内，药剂师的职业定位从药品调剂者逐渐转变为临床用药的参与者与保护者。

另外通过运用智能决策系统，医院内部各部门间的业务协作机制实现全面改革。药品监管关联多个部门，以往模式里各部门单独运作，沟通形式落后，程序繁杂且易出现信息偏差。综合智慧管理平台通过连接不同部门的业务接口，实现全链路数据的共享。这让各部门的业务更为紧密地关联，建立一个闭环管理体系，确实消除了信息孤岛。在多院区的大型综合性医院里，此系统可实现跨院区的资源调度，进一步动态化地优化整个医院的资源布局。

在区域医疗合作领域，通过区域智能药学平台建立的分级药学服务体系，为推动分级诊疗政策的重要措施。作为地区药学核心，大型三甲医院给基层医疗单位提供技术引领，基层医疗单位主要承担日常药学服务工作。当碰到复杂难题时，它们能够向上级医院请求协助。区域平台对辖区内各类药学数据进行同步监测与分析，有利于卫生管理部门出台政策，统一规范药物使用，降低各机构药学服务的差异，推动区域医疗服务的协调发展。在部分地区，通过平台开展处方流转服务试点，患者能够自行挑选药物领取途径，这既拓展药学服务的应用场景领域，又提高就医以及取药的便捷程度。

4 面临的挑战与对策

4.1 技术层面的挑战

虽然智能调控技术有了进展，但在运用于复杂的临床场景时，仍然碰到多个挑战。首先在某些特定情形下，算法的稳定性还存在不足。当碰到外观非常相像、有磨损或者部分被遮挡的药品时，当下的识别算法精准度会下降。其次系统兼容性存在一定问题。因为各个厂商的设备与系统之间缺乏统一的接口规范，使得数据难以实现互通，容易产生信

息孤岛。第三设备的维护成本较高，精密的自动化组件需要定期开展校准与保养，运维成本占前期投入的15%到20%。为应对这些难题，研究人员给出对应的解决办法：在算法领域，加大训练数据集的规模，同时引入小样本学习、联邦学习等手段，来提高算法在复杂情形下的适应能力；在标准领域，行业管理部门应加速制定相关的技术标准与接口准则，以推动各系统的相互连通；在运维环节，通过物联网技术实现设备的远程监测与预测性保养，进一步减少运营费用，提高设备的完好程度。

除了所提及的问题，加强算法的泛化能力同样是此领域面临的一项技术难题。当下多数药品识别以及用药审核的算法均是在单一医院的数据基础上开展训练的。因为不同区域和医疗单位的药品包装和用药习性存在差异，这些算法在应用于其他医院时，其效能常常会出现降低的情况。联邦学习给出一种解决办法，准许多个机构在不整合原始数据的情形下开展联合模型训练。各个机构仅需上传其模型参数，如此一来既增加训练样本的数目，提高模型的泛化性能，又规避原始数据泄露的风险，符合医疗领域对数据管理的严苛标准。小样本学习与弱监督学习可应对冷门药物及罕见病用药样本有限这一难题，其在只需少量样本的情形中就能开展模型训练，进一步弥补稀有药品数据方面的欠缺。

随着行业的进步，缺少接口规范引发的兼容性难题更加严峻。在我国和智能药房有关的设备及系统制造企业数量众多。不过各厂商采用各自的协议、格式与标准，导致不同的系统和设备之间难以实现无缝衔接。部分医院只能通过手动手段开展二次数据录入，从而让它们协同工作。这不但降低智能设备的效率长处，还增加错误出现的概率。为全面解决这一难题，行业协会与健康管理部门要共同协作，联合各方面制定全国标准化准则，统一技术要求，并且引导生产商根据标准开展研发升级，逐步实现不同设备系统的连通与共享。

在自动化设备的保养里，除了直接费用，中小规模医疗机构还遭遇专业保养人才匮乏的状况。大型医院配备有专业的运维队伍，基层医疗机构则因技术人员匮乏，遇到一些小故障需依靠外部厂商来

维修，这往往造成设备长时间不能投入使用。通过物联网技术实现的远程运维，能够设立一个地区的设备维护服务中心，由当地的先进机构或者制造商建立平台，对该区域内的设备开展全天候的监测。此系统具备远程解决软件故障以及进行参数设置的功能，而硬件方面的问题则由周边人员迅速处理。除此之外还会定时为一线员工提供基础维护的培训，以此提高他们自主解决基础问题的能力，进一步全方位减轻维护的压力。

4.2 数据安全与隐私保护挑战

运用智能系统会对大量健康数据进行处理，所以确保数据安全和隐私是需要优先解决的核心问题。当下我们主要遭遇的数据风险包括传输泄密、系统违规侵入以及数据运用过度等情况。我国已出台多部法律法规，严谨规范医疗数据的安全管控。解决数据安全难题需在三个方面实施综合措施。在技术方面，要运用加密、脱敏等多样技术，保障数据的保密性、完整性与可用性；管理方面要建立完备的分级权限管理机制，界定不同人员的数据使用权限，同时开展操作留痕审计，定时开展安全检测与检查；在制度方面，要严格根据相关法律法规，搭建院内管控体系，清楚数据全流程规范，从而防范违规外泄与滥用。除此之外智能化决策管理还面临数据质量参差不齐的挑战。在医院多个系统收集信息时，或许会出现数据缺失、格式不统一、存在冗余以及更新不及时等状况，这些状况若未得到及时纠正，会对预测的精准度和决策的合理性产生影响。能够通过建立标准化的数据治理方案，统一信息录入规范，利用智能算法实现常态校准，并且设立质量评估体系，从根源上保障数据的可靠性。

4.3 行业落地与人才体系挑战

除技术与数据安全相关问题外，智能化调剂及决策管理技术于大规模应用时，还面临行业适配性以及人才储备欠缺的挑战。首先国内医疗机构在发展水平上有明显差异，不同类型医疗机构的药房在多个方面显示出明显的不均衡。通用智能系统难以符合个性化需求，并且开展定制化改造的成本偏

高，这让智能技术的推广面临难题。另外部分医疗单位注重设备的购置，却轻视运营的优化。在引入智能化设备之后，并未对院内工作流程加以优化，进一步造成设备的利用率较低，智能化的潜能未能充分发挥。除此之外复合型药学人才匮乏情况明显，智能化与智慧药房融合多个不同领域的知识。常规的药学人员一般仅拥有药学方面的专业能力，在信息技术等领域相对不足，难以符合新的职业标准。信息技术领域的专业人员对临床药学知识了解有限，不易结合业务需求去优化系统。这种缺少跨领域专业能力的状况，妨碍智能化药学管理系统的进步与提高。为应对这些难题，行业要在推广方面采用分级执行、灵活变动的模式，为不同层级的医疗设备研发出适配的智能体系，从而减轻基层更新的困难程度。医疗机构应建立常规的维护和优化机制，通过融合运营反馈持续改进工作流程。在人才培养领域，高校与医疗机构能够协作建立综合型人才培养体系，设置相关课程，且开展在职药剂师技能训练。如此能够造就具备多重技能的人才，夯实行业发展的基础。

5 未来发展趋势展望

随着多种技术的融合以及医疗体系精细化变革的深入，智能药品调配与决策管理系统会持续得以优化，朝着全场景智慧化和全流程精确化的方向发展。此变化将改革传统的药学管理方式，促进智慧药学服务实现高质量提高。

在技术整合领域，大型人工智能模型会成为重要的发展走向，替代传统的单一算法，实现药物识别等功能的整体提高。在药学领域被大量运用的大型模型可整合各类药学相关的信息，突破传统算法所受的局限，拥有处理复杂处方分析这类高级功能。除此之外此模型会和数字孪生等技术深度融合，建立动态模拟的智能药房体系，实现药房运作的自主调控与智能更新。

在设备与系统的更新迭代里，模块化构造、精细化和广泛适用性会逐步成为主流趋向。未来的智能化分配装置能够减少开支，加强兼容性，可应用于各种医疗机构，实现全面推广的目的。规范化的

技术接口与数据标准会逐步得以施行,用以化解设备和系统之间的兼容性困境,实现不同环节的数据共享以及业务协作,消除信息孤岛状况。

在决策管理进程里,更加普遍地运用数据驱动式的精准闭环管控办法。通过整合后的医疗大数据,智能决策系统会从以往的监测与事后分析转变为主动预判、提前介入和动态调控,可精准预估药品等多方面的需求。个性化精准药物治疗体系会持续得以完善,通过整合患者多方面个人信息来量身打造治疗方案,从而提高药物使用的安全性与成效。

在协作行业及服务拓展的领域中,会全方位健全区域一体化的智能药学服务网络。通过区域医疗联盟的平台,可对区域内各类药学资源实现高效整合与共享,推动城乡药学服务朝着一致方向发展。智能药品服务会突破医院界限,延伸至院外的各阶段场景,建立起一个包括患者从诊断直至康复全流程的智能用药服务体系。

在安全与合规领域,会建立一个包括数据保护、算法合规性以及设备可控性的规范化监管方案。随着相关法规的健全,像区块链这类安全技术会得以运用,这种技术可同时支撑数据开发与隐私保护。产业会建立智能算法与设备的审核及监管机制,拟定标准化程序,从而防控各类风险,保障产业的规范化和可持续进步。

6 结语

多项技术的深度融合为药品调配以及药学决策管理的智能化转变提供支撑,解决传统人工调配存在的不少行业难题,还提高医疗机构在药学领域的能力。此文本对2023年到2026年期间该领域的研究成果做概述,整合相关技术与系统的应用进展,研究数据智能决策的创新模式,分析行业当下所面临的众多挑战,还对未来的发展趋向开展展望。

我国智慧药房的发展进入主要阶段。今后要持续促进多种技术的融合,完善行业的标准和准则,弥补存在的短板,同时优化数据管理与安全体系。通过技术、管理和服务协同推进,能够发挥智能药

学系统的作用,带动医院药学的全面改革。这有利于保障用药安全,提高医疗服务的质量,推动医疗健康信息化的高质量发展。

参考文献

- [1] 王艳,李娟.传统人工药品调剂差错原因分析及防控对策[J].中国药房,2022,33(12):1512-1515.
- [2] 国家卫生健康委员会.2023年我国卫生健康事业发展统计公报[R].2024.
- [3] 林婷,黄俊,陈铭.基于改进YOLOv8算法的相似药品智能识别研究[J].计算机工程与应用,2024,60(8):234-240.
- [4] 邓冬梅,周宇,吴倩.面向嵌入式设备的轻量级药品图像识别模型[J].小型微型计算机系统,2023,44(5):1089-1094.
- [5] 裘琳,张敏,刘军.基于RFID与机器视觉的药品全流程追溯系统设计[J].医疗卫生装备,2023,44(9):78-82.
- [6] 陈雨,李洋.增量学习在智能药品识别系统中的应用研究[J].智能计算机与应用,2024,14(2):112-117.
- [7] 孙丹,王丽,赵雪.智能化调剂系统在住院药房的临床应用效果分析[J].临床合理用药杂志,2023,16(7):135-138.
- [8] 刘玲,陈明,杨静.药房核对贴签一体化智能系统的研发与应用[J].中国现代应用药学,2024,41(3):368-372.
- [9] Zhang Y, Li H, Wang J. Research on drug dispensing data traceability system based on consortium blockchain[J]. Journal of Medical Systems, 2023, 47(8): 1-9.
- [10] Wang L, Zhang Q, Liu Y. 5G-enabled intelligent pharmacy system for remote monitoring and dispensing management[J]. Computers & Electrical Engineering, 2024, 112: 109025.
- [11] 方娟,沈丽,周琴.大数据驱动的医院药品管理绩效分析体系构建[J].卫生经济研究,2023,40(6):76-79.
- [12] 淡永亮.数据可视化技术在医院药学管理中的应用[J].信息与电脑,2024,36(4):189-191.
- [13] 李娜,吴杰,郑晓.基于机器学习的医院药品需求预测模型研究[J].中国数字医学,2023,18(11):98-102.
- [14] Li M, Zhang H, Chen L. Research on inappropriate medication early warning model for elderly patients based on big data[J]. Geriatrics & Gerontology International, 2023, 23(5): 412-417.
- [15] 周璇,杨斌.智能审核系统在医保药品合规管理中的应用价值[J].医保研究与实践,2024,9(1):56-60.

- [16] Wang X, Liu J, Zhao Y. Research on integrated drug management model of multi-campus hospital based on intelligent decision system[J]. Healthcare Informatics Research, 2023, 29(3): 215-222.
- [17] 张磊,王浩,孙悦.区域智慧药学服务平台的构建与应用研究[J].中国医院管理,2024,44(2):67-71.

Copyright © 2026 by author(s) and Global Science Publishing Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access