

基于数智驱动的中药房调剂取药流程优化研究^Δ

王琦*, 曾攀科, 宋昊昕, 冯永刚, 孙丽丽, 冯靖婷, 牛蔚青, 董海燕, 王丰[#](西安交通大学第一附属医院药学部, 西安 710061)

中图分类号 R952 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2026)05-0660-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2026.05.19



摘要 **目的** 基于数智驱动对我院中药房调剂取药流程进行改造,以提升药师工作效率与患者取药体验。**方法** 运用价值流程图和旅程映射图,系统识别传统流程中药师调剂的非增值环节及患者取药的关键痛点;基于C#和Android电视平台开发中药房智能调剂取药系统,并采用机器学习模型预测患者取药等待时间,从系统性能、预测准确性及药师、患者满意度3个维度开展综合评价。**结果** 该系统成功精简“待取写板”和“翻找药品”的非增值环节,实现调剂状态听觉(叫号)与视觉(电视端)的多模动态提示;所构建的取药等待时间预测模型拟合度与泛化性能良好(平均绝对误差为4.28 min,决定系数为0.882);药师与患者综合满意度分别由传统模式的(70.99±1.74)分和(73.58±1.98)分显著提升至新建系统的(90.02±1.30)和(88.61±2.08)分($P<0.01$)。**结论** 基于数智驱动改造的中药房智能调剂取药系统,有效提高了药师调剂工作效率,实现了流程透明化与等待时间可预测化,显著改善了患者取药体验。

关键词 中药房;智能调剂取药系统;数智驱动;工作效率;取药等待时间预测;满意度

Optimization of drug dispensing and pickup process in traditional Chinese medicine pharmacy based on data-intelligence-driven

WANG Qi, ZENG Panke, SONG Haoxin, FENG Yonggang, SUN Lili, FENG Jingting, NIU Weiqing, DONG Haiyan, WANG Feng (Dept. of Pharmacy, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

ABSTRACT **OBJECTIVE** To explore the transformation of the dispensing and drug pickup process in traditional Chinese medicine pharmacy (TCM Pharmacy) in our hospital based on data-intelligence-driven, aiming to improve pharmacists' work efficiency and patients' drug pickup experience. **METHODS** Value stream mapping and journey mapping were used to systematically identify non-value-added links in pharmacists' dispensing process and key pain points in patients' drug pickup under the traditional process. An intelligent dispensing and drug pickup system for the TCM Pharmacy was developed based on the C# and Android television platforms, and a machine-learning model was adopted to predict patients' drug pickup waiting time. A comprehensive evaluation was performed from three perspectives: system performance, prediction accuracy, and satisfaction of pharmacists and patients. **RESULTS** The system successfully streamlined non-value-added links such as "waiting for writing on the board" and "searching for drugs", and realized multimodal dynamic prompts of dispensing status through auditory (number calling) and visual (television terminal) channels. The constructed model for predicting drug pickup waiting time exhibited good fitting degree and generalization ability (mean absolute error=4.28 min, $R^2=0.882$). The comprehensive satisfaction scores of pharmacists and patients in the traditional mode were significantly increased from (70.99±1.74) and (73.58±1.98) to (90.02±1.30) and (88.61±2.08) in the new system, respectively ($P<0.01$). **CONCLUSIONS** The transformation of the intelligent drug dispensing and pickup system for TCM pharmacy based on data-intelligence-driven effectively improves the efficiency of pharmacists' dispensing work, realizes process transparency and waiting time predictability, and significantly enhances patients' drug pickup experience.

KEYWORDS traditional Chinese medicine pharmacy; intelligent dispensing and drug pickup system; data-intelligence-driven; work efficiency; waiting time prediction of drug pickup; satisfaction

^Δ 基金项目 国家卫生健康委医院管理研究所医院药学高质量发展研究项目(No.NIHAYSZX2537);西安交通大学第一附属医院基金项目(No.2024-RK-1)

* 第一作者 药师,硕士。研究方向:医院药学和药学信息化。电话:029-85324174。E-mail:1152169315@qq.com

通信作者 主管药师。研究方向:医院药学和药学信息化。电话:029-85324174。E-mail:wangfeng7927@126.com

在中医药现代化进程中,中药房作为医疗服务体系的关键终端,其发展长期面临着调剂流程碎片化与取药体验滞后性的双重结构性矛盾^[1]。传统法药师调剂依赖

人工分拣、纸质处方流转及口头叫号等原始作业方式,导致药师大量时间被非增值环节(如反复应答患者调剂状态查询、管理无序堆叠的待核发药品等)占据,不仅造成人力资源配置失衡,而且直接延长患者取药等待时间^[2-3]。此外,由于缺乏实时透明的调剂状态反馈机制,患者在等待过程中容易产生焦虑情绪,故取药体验满意度下降^[4]。

目前,随着医疗信息化的深度推进,西药房已通过自动化核对发药系统与智能化排队管理机制实现了服务效能的显著跃升^[5-6]。然而,部分中药房的流程优化仍停留在硬件升级和局部流程改良阶段,缺乏基于数据与算法的系统性改造研究,未能从根本上破解信息孤岛与动态需求预测缺失等核心痛点,严重制约了中医药服务的智能化转型进程^[7-8]。针对上述传统中药房药师重复劳动与患者等待成本过高等突出问题,本研究创新性地提出了数智驱动改造框架,通过“重构药师调剂流程-反馈处方调剂状态-预测患者等待时间”的三维联动机制,开发了一套适用于真实场景的中药房智能调剂取药系统(简称“系统法”),以期为中医药服务的智能化转型提供理论与实践参考^[9-10]。

1 方法

1.1 传统法药师调剂非增值环节分析

为明确传统法药师调剂流程的非增值环节,本研究通过“价值流程图”系统分析传统中药房调剂取药全流程,汇总统计中药房药师调剂流程的工作时间(processing time, P/T,即完成任务所需的实际时间)、延误时间(delay time, D/T,指流程延误时间)、总流程时间(lead time, L/T)。

1.2 传统法患者取药流程痛点分析

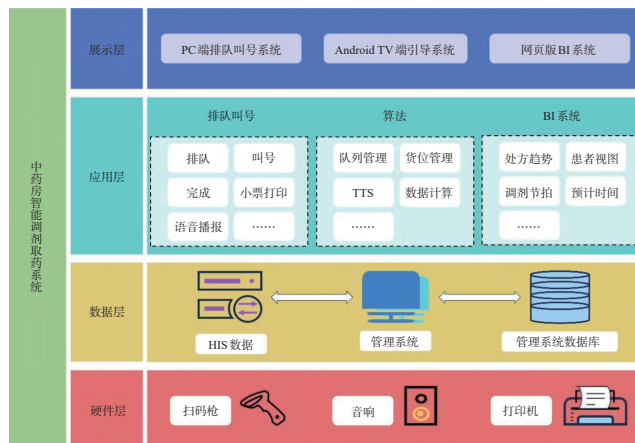
为了解传统法患者在取药流程中面临的流程痛点,本研究利用患者排队取药“旅程映射图”系统分析患者在中药房取药全流程节点的体验触点、情绪变化及关键痛点。

1.3 中药房智能调剂取药系统的设计思路

基于药师调剂非增值环节与患者取药流程痛点的分析结果,本研究参考“硬件层-数据层-应用层-展示层”的分层设计构建中药房智能调剂取药系统整体架构(图1)。该系统依托PC端与TV端的数据协同,具备患者数据采集、自动语音播报、智能货位调度分配、取药等待时间预测及实时数据同步显示等功能,实现了从物理设备支撑与数据流转处理,到核心业务功能承载,再到终端用户交互的完整闭环,可以支撑中药房调剂取药业务的高效运转。

1.4 基于机器学习的患者取药等待时间预测

通过 HIS 查询我院门诊中药房 2025 年 6 月 1 日—8



PC: 电脑(personal computer); TV: 电视(television); TTS: 从文本到语言; HIS: 医院信息系统(hospital information system); BI: 商业智能(business intelligence)。

图1 中药房智能调剂取药系统设计思路架构图

月30日患者取药处方信息(剔除代煎与中药配方颗粒的处方信息);从所开发的中药房智能调剂取药系统查询2025年6月1日—8月30日患者取药报到叫号完成信息;从科室获取门诊中药房2025年6月1日—8月30日排班表信息。上述信息经脱敏处理后仅保留流程相关字段,无患者身份信息及隐私泄露风险。从以上信息中获取样本数据及相关特征因变量信息,按照下列机器学习方法(表1)预测患者取药等待时间。

表1 基于机器学习构建取药等待时间预测模型方法

模型内容	具体信息
预测目标	取药等待时间(min)
样本数量	4324例
特征变量	29个
模型方法	堆叠集成(stacking); 梯度提升回归(gradient boosting regression, GBR)模型; 轻量级梯度提升机(light gradient boosting machine, LightGBM)模型; 随机森林(random forest, RF)模型; 带交叉验证的岭回归(ridge regression with cross-validation, RidgeCV)模型
训练方式	80/20划分; 5折交叉验证
评价指标	平均绝对误差(mean absolute error, MAE); 均方根误差(root mean square error, RMSE); 平均绝对百分比误差(mean absolute percentage error, MAPE); 决定系数(R^2)
统计学检验	夏皮罗-威尔克(Shapiro-Wilk)检验; 布鲁斯-帕甘(Breusch-Pagan)异方差检验; 杜宾-沃森(Durbin-Watson)自相关检验; 科尔莫戈罗夫-斯米尔诺夫(Kolmogorov-Smirnov, KS)检验

1.5 传统法与系统法流程对比

传统法流程包括:药师接收患者处方并核对后,人工预估最长等待时间并口头告知;患者等待过程中可去窗口询问调剂状态;药师将完成调配的药品集中堆放,并在待取信息板上书写患者姓名;患者取药时,药师比对其身份与书写信息,确认后翻找药品,最终完成核对发药。系统法流程包括:药师接收处方并核对后,由系统自动生成报到小票并智能预估等待时间;患者等待过程中可通过TV端实时查看调剂状态;药师将完成调配的药品按系统货位号定点放置;患者取药时,药师依据小票货位号精准取药,最终完成核对发药。两者详细流程对比如图2所示。

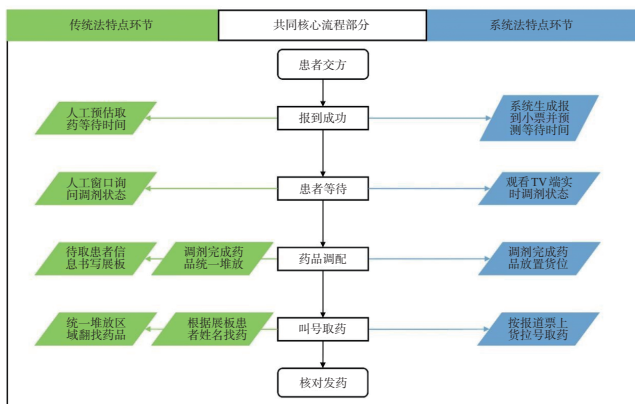


图2 传统法与系统法中药房调剂取药流程对比图

1.6 满意度调查

1.6.1 药师满意度

以自制问卷,对参与中药房工作且同时体验过传统法和系统法调剂流程的药师进行满意度调查。问卷内容涉及流程效率(流程简化与时间节省)、工作准度(时效预测与药品定位)、方法质量(操作便捷与环节完备)及药师体验(强度降低与沟通高效)共4个层面、8个问题。由20名药师进行无记名打分,满意度得分范围为0~100分,评估药师对两种方法的满意度。为确保量表的测量质量,本研究对自制的药师满意度问卷进行了信效度检验,结果显示,各层面维度调查的信度指数(Cronbach's α)均大于0.7,内容效度指数(content validity index, CVI)均大于0.8,质量可靠。

1.6.2 患者满意度

以自制问卷,对同时体验过传统法和系统法取药流程的患者进行满意度调查。问卷内容包括流程效率(流程顺畅与等候缩短)、沟通交流(信息获取与服务咨询)、方法质量(实用性能与接受程度)及患者体验(取药环境与取药体验)共4个层面、8个问题。由50名患者进行无记名打分,满意度得分范围为0~100分,评估患者对两种方法的满意度。为确保量表的测量质量,本研究对自制的患者满意度问卷进行了信效度检验,结果显示,各层面维度调查的Cronbach's α 均大于0.7, CVI均大于0.8,质量可靠。

1.7 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行数据处理、分析。传统法和系统法的药师与患者满意度调查数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对样本 t 检验进行比较。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 传统法药师调剂非增值环节

由传统法药师调剂价值流程图(图3)可知,门诊中药房药师调剂的P/T为5.1~17.2 min, D/T为3.2~19.5 min, L/T为8.3~36.7 min,其中D/T约占L/T的50%。非增值环节主要包括“待取写板”和“翻找药品”,其L/T分

别为1~4 min和1~3 min,约占全流程L/T的20%。以上结果表明,调剂流程D/T约占全流程L/T的一半,且非增值环节延长了全流程耗时。

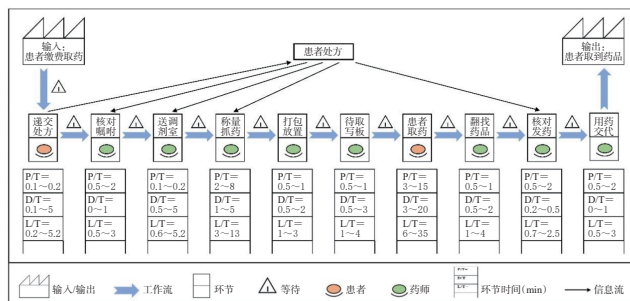


图3 传统法药师调剂价值流程图

2.2 传统法患者取药流程痛点

由传统法患者取药的旅程映射图(图4)可知,患者在各个环节均存在关键痛点:在处方递交阶段,拥堵频发,易引发秩序混乱与患者矛盾;在等待调剂阶段,等待时间模糊,患者难以灵活规划时间;在进度查询阶段,患者难以获取调剂进程,故频繁至窗口咨询,从而加重患者、药师双方负担;在取药核对阶段,患者担忧重名错取,且不满药师找药耗时长;在取药完成阶段,因全流程耗时超预期,患者对流程产生了不信任感。

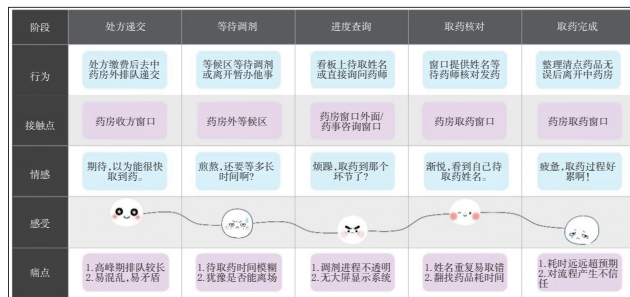


图4 传统法患者取药旅程映射图

2.3 中药房智能调剂取药系统性能

中药房智能调剂取药系统以数智信息资源调度为前提,基于C#和Android TV平台开发(已获取软件著作权,登记号2025SR1127698),核心性能(图5)包括——(1)融合取药报到程序:药师扫描患者病历号后,系统可自动生成双份报到小票,一份交患者、另一份随处方装订;(2)报到信息承接功能:报到小票具有唯一性,内容涵盖取药窗口、病历号、姓名、报到号、药品货位号及报到时间;(3)调剂状态实时更新:药师完成调剂点击叫号后,TV端同步显示取药患者姓名;(4)货位动态资源整合:系统法基于动态调度算法智能分配,关联报到小票中货位号,实现调剂药品的精准存取,发药后货位释放更新,自增机制确保货位充足,实现资源循环与调剂的高效衔接;(5)视觉/听觉多模态反馈:系统可同步语音播报与TV端显示,以便患者实时获取调剂状态信息。

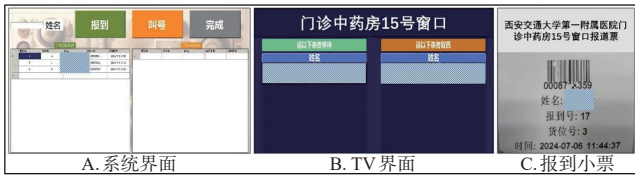


图5 中药房智能调剂取药系统性能示例

2.4 患者取药等待时间预测模型评价

本研究基于 stacking 集成学习框架,采用 GBR、LightGBM、RF 模型为基学习器,RidgeCV 模型为元学习器,对患者取药等待时间进行预测,结果如图6所示。由图6可知,取药等待时间真实值与预测值在参考线附近的分布趋势较为一致,说明模型的整体拟合效果良好;残差分布虽呈一定偏度,但整体近似钟形,说明构建的模型对预测结果稳定性影响较小。

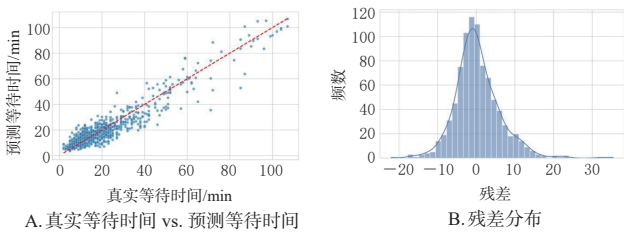


图6 预测等待时间与真实等待时间对比

由特征与目标的互信息分析结果(图7)可见,每剂质量、处方总质量、上一位患者等待时间、前3位平均调剂效率及前3位平均等待时间等是影响取药等待时长的关键特征,符合中药调剂流程的业务逻辑。

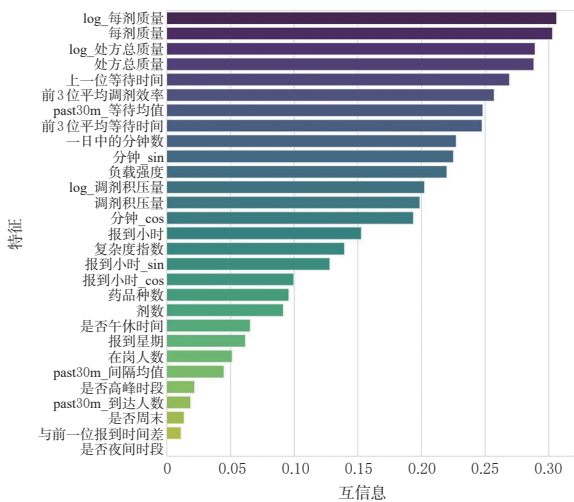


图7 特征与目标的互信息分析图

模型评价相关指标结果(表2)显示,本预测模型的主要性能指标 MAE 为 4.28 min, R^2 为 0.882;通过 Bootstrap 法计算得到 95%CI 分别为 [4.01, 4.56] 和 [0.852, 0.904],表明模型的拟合能力与泛化性能良好;残差诊断结果显示,模型不存在显著自相关,预测误差结构可接受,从而支持其在真实中药房场景下的应用可行性。

表2 模型评价相关指标结果

模型评价相关指标内容	数值
MAE/min	4.28, 95%CI[4.01, 4.56]
RMSE/min	5.91
MAPE/min	0.272 2
R^2	0.882, 95%CI[0.852, 0.904]
Shapiro-Wilk 正态性检验	$W=0.9575, P<0.001$
Breusch-Pagan 异方差检验	$LMP<0.001, P<0.001$
Durbin-Watson 自相关统计量	2.020
KS 两样本检验(真实值 vs. 预测值)	$KS=0.086, P=0.003 547$

CI: 置信区间(confidence interval)。

2.5 满意度调查结果

2.5.1 药师满意度

药师满意度调查结果(表3)显示,药师对传统法和系统法的综合满意度分别为(70.99 ± 1.74)、(90.02 ± 1.30)分($P<0.01$),表明药师更认可系统法。该结果还显示,系统法可简化流程环节、缩短调剂时间,能准确预测患者取药等待时间并协助药师快速找到目标药品,方法操作简便且考虑全面,可减轻药师工作强度。

表3 药师满意度调查结果($\bar{x} \pm s, n=20$,分)

满意度层面	题项	传统法		系统法	
		满意度	综合满意度	满意度	综合满意度
流程效率	流程简化	73.65 ± 4.17		91.00 ± 4.76 ^a	
	时间节省	65.50 ± 3.94		85.90 ± 4.22 ^a	
工作难度	时效预测	60.50 ± 3.27		90.55 ± 2.37 ^a	
	药品定位	66.85 ± 4.36	70.99 ± 1.74	96.25 ± 2.75 ^a	90.02 ± 1.30 ^a
方法质量	操作便捷	83.65 ± 3.01		85.80 ± 3.87 ^a	
	环节完备	77.75 ± 3.34		91.25 ± 3.19 ^a	
药师体验	强度降低	74.00 ± 4.47		86.65 ± 2.35 ^a	
	沟通高效	66.00 ± 4.40		92.75 ± 2.55 ^a	

a: 与传统法比较, $P<0.01$ 。

2.5.2 患者满意度

由患者满意度调查结果(表4)可知,患者对传统法和系统法的综合满意度分别为(73.58 ± 1.98)、(88.61 ± 2.08)分($P<0.01$),表明患者更接受系统法。该结果也表明,系统法可通过提高药师工作效率来缩短患者取药等待时间,并消除患者在“调剂状态及等待时间”获取上的“信息黑洞”。

表4 患者满意度调查结果($\bar{x} \pm s, n=50$,分)

满意度层面	题项	传统法		系统法	
		满意度	综合满意度	满意度	综合满意度
流程效率	流程顺畅	73.60 ± 3.92		86.48 ± 3.50 ^a	
	等候缩短	80.10 ± 4.57		92.60 ± 3.23 ^a	
沟通交流	信息获取	56.30 ± 4.93		92.20 ± 3.93 ^a	
	服务咨询	77.20 ± 5.55	73.58 ± 1.98	86.30 ± 4.38 ^a	88.61 ± 2.08 ^a
方法质量	实用性能	79.16 ± 5.15		91.00 ± 3.78 ^a	
	接受程度	74.24 ± 4.46		86.10 ± 3.95 ^a	
患者体验	取药环境	71.00 ± 3.91		84.64 ± 4.58 ^a	
	取药体验	77.00 ± 4.74		89.54 ± 4.21 ^a	

a: 与传统法比较, $P<0.01$ 。

3 讨论

本研究表明,基于数智驱动开发的中药房智能调剂取药系统,在实际应用中流程优化效果显著。通过价值

流程图分析传统法调剂流程的非增值环节可知^[11]，“待取写板”和“翻找药品”的L/T约占总流程L/T的20%，导致药师操作存在明显的效率短板。与传统法相比，系统法依托“自动化报到程序-调剂状态实时更新-药品货位动态管理”闭环设计，有效精简了“待取写板”与“翻找药品”的非增值环节，显著降低了药师的操作复杂度和重复劳动强度。此外，通过算法设计减少硬件（如智能呼叫器等）投入，可进一步降低运行成本和设备维护成本，并将药品定位时间压缩至秒级，从而可显著提升药师的工作效率。旅程映射图揭示了患者取药核心痛点^[12]，包括等待时间与调剂状态的“信息黑洞”、重名取错药的风险顾虑及不满药师找药耗时等问题。同时，系统通过整合29项动态特征（图7）构建的机器学习预测模型表现出良好性能（MAE=4.28 min, $R^2=0.882$ ）^[13]，实现了取药等待时间的精准预估；并借助视觉与听觉相结合的多模态信息传达形式^[14]，提升了患者获取调剂状态的便利性；基于患者病历号自动生成的唯一报到小票，规避了因重名而取错药的风险；货位的动态调度机制，节省了药品放置与拿取时间；且药剂师调剂效率的有效提升也大大缩短了患者取药等待时间。最后，对药师和患者开展的满意度调查结果显示，药师和患者对系统法的综合满意度均显著高于传统方法。

然而，本研究仍存在一定局限：一是数据仅取自单家三级甲等医院，与社区及中小型医院在处方结构、流量特征、硬件配置等方面存在差异，故本系统在上述场景中的适配度有待进一步验证；二是数据采集时间集中于2025年6—8月（夏季），未能验证本系统在秋冬季流行病高发期、处方量激增环境下的稳定性；三是模型实时性尚需优化，在处方量短时激增的场景下，预测模型可能存在更新延迟，从而对患者取药体验产生影响；四是药师工作中的非规律性操作可能会对机器学习模型预测精度产生干扰。本课题组后续将开展多中心研究、跨季节实验论证，并通过优化算法架构提升预测模型实时性，同时对调剂环节进行全流程信息化管控，以进一步提升模型预测的准确性与鲁棒性。

综上所述，基于数智驱动的中药房调剂系统系统性解决了中药房“效率-体验”的二元矛盾，为中医药服务的数字化转型提供了切实可行的路径^[15]。未来可进一步与HIS、智能调剂设备等深度集成，构建“端到端”的智慧药学平台，实现从处方接收到药品发放的全流程智能化管理。在应用推广方面，该系统尤其适用于患者流量大、处方结构复杂的三级甲等医院中药房，有助于缓解高峰时段的取药拥堵问题。此外，基于已构建的取药等待时间预测模型，可进一步开发药师弹性排班算法，实现人力资源的优化配置。

参考文献

- [1] 汪涛, 朋汤义, 汪旭, 等. 智慧中药房建设与验收规范[J]. 中国药房, 2024, 35(17): 2077-2081.
- [2] 曾凤萍, 王梦昕, 俞辰倩, 等. 基于虚拟仿真技术构建模拟中药房及其应用评价[J]. 中国药房, 2024, 35(3): 271-276.
- [3] 吉建, 张虹, 吕艳艳. 品管圈联合6S管理法在“缩短门诊草药房患者取药等候时间”的运用探索[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(12): 3017-3020.
- [4] 丁焯, 余梦笛, 史颖悟, 等. 重庆地区妇幼专科医院门诊药房患者满意度影响因素分析[J]. 中国药房, 2025, 36(1): 106-112.
- [5] NG K H H, TIEW W J, WOO Y T A, et al. Optimising pharmacy processes in medication delivery service through digitalisation and automation[J]. BMJ Open Qual, 2025, 14(1): e003150.
- [6] YUAN M G, ZHAO N, WU K, et al. Order picking efficiency: a scattered storage and clustered allocation strategy in automated drug dispensing systems[J]. Expert Syst Appl, 2025, 288: 128264.
- [7] 张建伟, 林震, 刘力, 等. 信息化中药代煎代配送服务的现状与思考[J]. 实用药物与临床, 2022, 25(4): 376-380.
- [8] 寿媯妮, 张丹. 全流程信息化中药房管理与药学服务实践[J]. 中医药管理杂志, 2025, 33(15): 64-66.
- [9] 徐惠芳, 彭敏, 黄倩, 等. 基于问卷调查的“互联网+中药房”规范化建设标准体系构建思路探讨[J]. 中国药房, 2021, 32(12): 1520-1526.
- [10] 王丰, 牛蔚青, 曾攀科, 等. 数智驱动的中药饮片货位分配与拣选路径优化[J]. 医药导报, 2025, 44(12): 2051-2057.
- [11] KHALIL V, FOO S. A lean approach for improving medicines management in Australia's first cardiac hospital inventory system[J]. Int J Health Plann Manage, 2024, 39(5): 1642-1651.
- [12] 王丰, 董海燕. 信息药师技术赋能门诊自动发药系统流程重构与优化[J]. 医药导报, 2024, 43(7): 1151-1155.
- [13] SIMPSON M D, QASIM H S, SIMPSON M D, et al. Clinical and operational applications of artificial intelligence and machine learning in pharmacy: a narrative review of real-world applications[J]. Pharmacy, 2025, 13(2): 41.
- [14] 王琦, 曾攀科, 冯靖婷, 等. 基于数智追溯技术重构门诊药房药品库间转移验收流程[J/OL]. 医药导报, 1-11[2025-09-25]. <https://link.cnki.net/urlid/42.1293.R.20250919.1448.004>.
- [15] 周绿梅, 吴文勇, 丁丽丽. 中医药现代化转型视域下的医院智慧中药房建设及展望[J]. 医院管理论坛, 2025, 42(7): 65-67.

(收稿日期:2025-09-28 修回日期:2026-01-12)

(编辑:刘明伟)