数据与知识联合驱动的智慧药学服务体系构建及系统实践

吴菲[1]，沈爱宗[1*]，蔡琼[2]，鹿晓亮[3][1.中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)药剂科，合肥 230001；2.合肥工业大学信息化建设与发展中心，合肥 230001；3.安徽科大讯飞医疗信息技术有限公司，合肥 230001]

摘要：目的 探索建立新的药学服务模式，助力药师工作转型。**方法** 建立智慧药学服务体系总体框架，设计基于自主学习的知识服务系统，构建基于患者特征的智能决策系统架构，研制和部署临床药学服务平台路径，并结合医院实践进行验证。**结果** 首次建立了数据与知识联合驱动的智慧药学服务系统，将药学服务衍生至医院之外，能够满足患者全程化、个性化药学服务的需求。处方合理率稳步提升，处方调配时间、患者等候时间显著缩短，调剂差错发生率大幅降低，患者依从性、满意度有所提高。**结论** 智慧药学服务体系的构建使药师的工作效率和管理效能得到显著提升，推动了医院药学管理模式革新，成功助力药师专业转型，切实提高了用药合理性、有效性和经济性，具有很强的实用价值和开拓引领的作用。

关键词：数据；知识；智慧药学；药学服务

中图分类号：R95　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1007-7693(2022)21-2751-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2022.21.007

引用本文：吴菲，沈爱宗，蔡琼，等. 数据与知识联合驱动的智慧药学服务体系构建及系统实践[J]. 中国现代应用药学，2022, 39(21): 2751-2756.

Construction and System Practice of Intelligent Pharmaceutical Care System Driven by Data and Knowledge

WU Fei[1], SHEN Aizong[1*], CAI Qiong[2], LU Xiaoliang[3][*1.Department of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of USTC(Anhui Provincial Hospital), Hefei 230001, China; 2.Information Construction & Development Center, Hefei University of Technology, Hefei 230001, China; 3.Anhui IFLYTEK Healthcare Information Technology Inc, Hefei 230001, China*]

ABSTRACT: OBJECTIVE To explore the establishment of a new pharmaceutical care model to help pharmacists work transformation. **METHODS** The overall framework of smart pharmaceutical care system was established, designed the knowledge service system based on autonomous learning, the intelligent decision-making system architecture based on patient characteristics was constructed, and the clinical pharmaceutical care platform path was developed and deployed, and verified in combination with the hospital practice. **RESULTS** It was the first time to establish an intelligent pharmaceutical care system driven by data and knowledge, which extended pharmaceutical services outside the hospital and could meet the needs of patients' full-process and personalized pharmaceutical care. The reasonable rate of prescription increased steadily; the prescription dispensing time and patient waiting time were significantly shortened; the incidence of dispensing errors was significantly reduced; patient compliance and satisfaction were improved. **CONCLUSION** The construction of intelligent pharmaceutical system can significantly improve the work efficiency and management efficiency of pharmacists, promote the innovation of hospital pharmaceutical management mode, successfully assiste the professional transformation of pharmacists, and improve the rationality, effectiveness and economy of drug use, which has strong practical value and pioneering and leading role.

KEYWORDS: data; knowledge; intelligent pharmaceutical; pharmaceutical care

药学服务由药品供应、临床药学和药事管理组成，在保障患者用药安全性、有效性及经济性方面发挥重要作用[1-2]。然而，中国医院药学服务能力在区域、城乡之间差异显著，存在标准体系建设不全、专业知识结构缺陷、服务水平参差不齐等诸多问题[3-5]。与此同时，随着中国老龄化人口速度加快，传统药学服务模式已不能满足患者需求。在此背景下，医院药学服务模式转型势在必行[6]。

近几年，中国相继制定并实施了《关于加强药事管理转变药学服务模式的通知》《关于加快药学服务高质量发展的意见》等一系列重要政策，强调药学部门要高度重视药事管理，积极推进“互联网+药学服务”健康发展，构建上下贯通的药学服务体系。互联网融入药学服务催生了远程药学服务、智慧药房、物联网等重要概念，但均未体现出人、物、数据、知识等资源系统整合与协同的新趋势、新格局[7]。因此，迫切需要提出新的发展模式，开拓药学服务与信息技术融合发展的全新局面。

学术界于新型冠状病毒肺炎疫情期间提出

作者简介：吴菲，女，硕士，主管药师　E-mail: 275680376@qq.com　　*通信作者：沈爱宗，男，硕士，主任药师　E-mail: 1649441800@qq.com

“智慧药学”的新理念，为疫情下药学服务提供了新的思路和手段，同时也为新时期医院药学服务拓宽了发展空间[8]。智慧药学服务通过智慧审方、智能发药、智慧监护等系列路径，能够实现关口前移、质量控制、过程追溯和智慧决策等全方位全周期的药学服务。然而，由于医学知识来源广、信息量庞大、更新速度快；处方审核过程中计算机与人工职责边界模糊，标准不统一；信息技术、智能技术与装备制造技术深度融合与集成困难等原因，推动智慧药学服务发展，长期面临知识服务难、智能决策难、系统协同难等核心科技难题[9-10]。

为此，本研究结合智慧药学服务的核心定义，建立智慧药学服务体系总体框架，设计基于自主学习的知识服务系统，构建基于患者特征的智能决策系统架构，研制和部署临床药学服务平台路径，旨在降低用药错误，促进合理用药，提高工作效率，保障药品供应，改善患者就医体验。

1　智慧药学服务体系总体框架

药学服务直接关系到公众健康、临床质量和社会效率。随着中国人口老龄化的日益加剧，新时期的药学发展应紧跟时代步伐，利用日新月异的信息化技术为医院药学“蝶变”提供新思路，通过数据、知识的融合发展，跨界创新，实现医院药学服务的高质量发展。因此，亟须提出新的概念指引原创性理论探索，进而支持新时代药学服务模式变革与创新发展。

智慧药学服务是在新时代医药改革与信息技术迅猛发展的背景下，围绕药品供给、临床药学服务和药事管理三大医院药学核心工作内容，充分利用大数据、云计算、人工智能、物联网和区块链等新兴技术，结合新理念、新方法和新思路，构建上下游贯通的药学管理体系，制定现代化药学管理的新标准，寻找到药学服务全产业链的信息化、智能化解决方案，努力实现保障患者用药安全性、有效性、经济性和促进药学服务高质量发展的最终目的[11]。

中国科学技术大学附属第一医院作为一家部属大型三甲医院，2020 年门诊量约 501 万人次，在全国各类医院中排名第 13 位。在药学服务领域方面，笔者所在医院通过设置人工智能审方、打造“智慧药链”、搭建信息交互平台，最终设计并研制了数据与知识联合驱动的智慧药学服务体系。总体框架见图 1。

2　智慧药学服务体系的构建

2.1　知识服务系统

传统药学服务没有系统化的知识理论支持，几乎完全依赖于专家对医学知识的归纳总结，存在成本高、效率低、信息更新不及时等问题[10]。笔者所在医院针对积累的医学书籍、文献、专家指南等海量文档数据，以及三甲医院沉淀的千万级病历、检查检验结果、医嘱等电子病历信息，

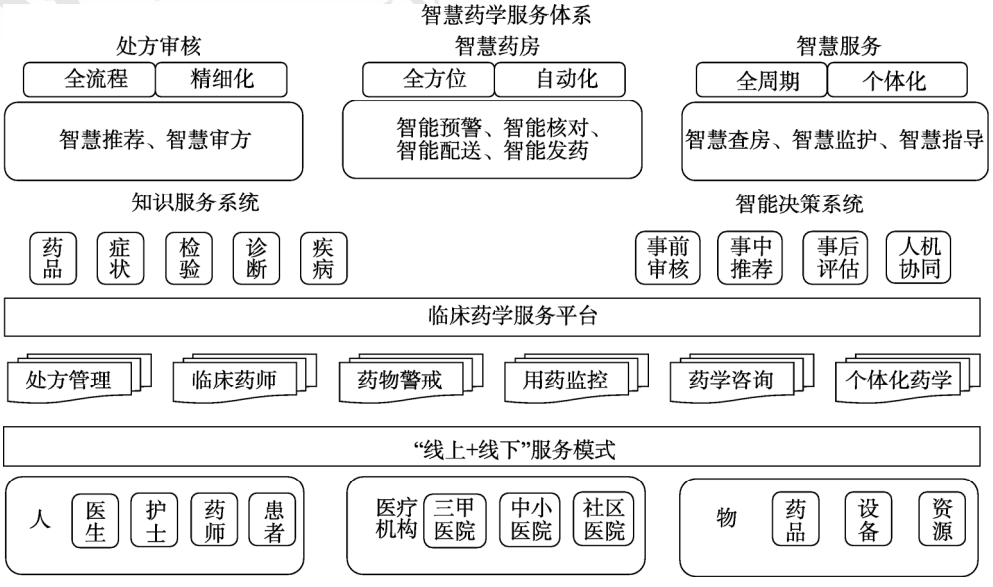

图 1　数据与知识联合驱动的智慧药学服务体系

Fig. 1　Intelligent pharmaceutical care system driven by data and knowledge

借助人工智能的机器学习方法，深度获取药物、疾病、个体等结构化信息，挖掘各实体之间的关系，构建适用于新一代信息技术的结构化医学知识体系，并对各医学信息进行质量评估。同时，采用 AI 辅助+专家复核的方式，从各级证据中快速梳理出药品知识，基于 bert+attention 的多层序列化标注模型以及远程监督关系抽取模型的药品知识库自动构建技术，构建结构化的、可以用于计算机知识推理的药品知识库，并利用自主学习技术不断更新完善知识体系，为下一步开展合理用药预测及个体化药物治疗方案推荐提供知识支撑。

面对医学病历结构化存在嵌套实体识别困难的问题，将医学数据分为结构化数据和非结构化数据，使用融合知识库的端到端医疗信息抽取算法，对病历中的实体以及关系进行抽取，从而有效避免误差传递的情况。同时，在本体知识库的框架下，利用深度学习技术从复杂非结构化医学文本中挖掘与审方相关的重要知识(包括诊断、症状、体征、检查结果等)，构建围绕患者画像的全病程特征数据库。

结合医学知识与计算机编码理论，譬如高血压可以用硝苯地平，把高血压与硝苯地平各表达成一个向量，通过模型训练的方式让计算机认识高血压和硝苯地平之间的关系是强相关。利用知识挖掘技术，构建药品、疾病、症状关系知识库，从疾病角度对处方合理性进行审核，提高泛化能力。在此基础上，构建了基于知识关联推理的智慧药学服务知识引擎。

2.2 智能决策系统

2.2.1 双周期视角下的处方审核智能决策支持方法 笔者所在医院设计了覆盖“两审两拦截”事件周期和“事前审核、事中推荐、事后评估”系统周期的一体化处方审核决策方法。当医师在线提交处方后，首先由 AI 根据知识库规则进行审核，通过则直接进入处方流转环节，反之则退回到医师处。如果医师进行了修改，AI 再次审核通过则进入下一环节，如果医师不采纳 AI 意见，则处方流转至药师处，由药师进行人工审核，药师可通过系统与处方医师实时沟通，对存在严重问题的处方实行二次拦截，从源头确保医嘱用药的合理性。对于不合理的处方，系统通过事后评估可实现基于知识库的医嘱分析，并持续性地反馈给知识库，使知识库不断迭代优化。见图 2~3。

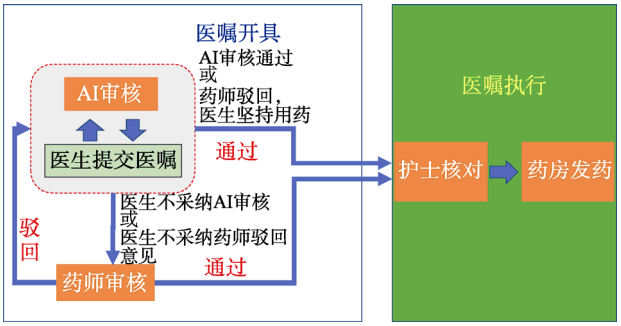

图 2 “两审两拦截”审核模式

Fig. 2 “Two review and two intercept” audit mode

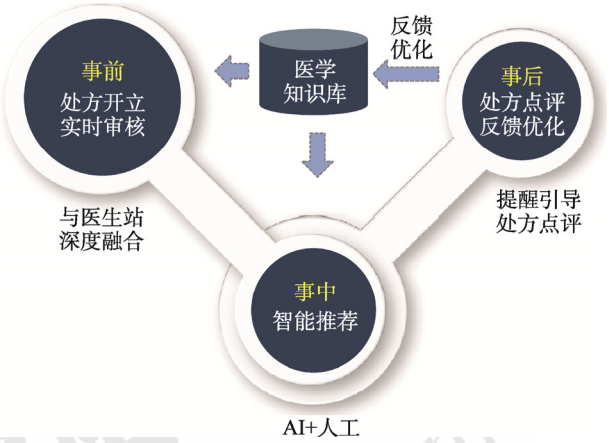

图 3 “事前审核、事中推荐、事后评估”审核模式

Fig. 3 “Pre-audit, in-process recommendation, post-evaluation” audit mode

2.2.2 处方审核决策系统架构 处方审核对于保障患者安全用药具有重要意义[12]，药师作为处方审核的第一责任人，利用信息化的药学服务为患者提供合理用药保障，是实现药师价值的重要手段。笔者所在医院采用自然语言处理技术、深度神经网络技术，从医学教科书、医学文章及诊断案例等数据中学习出医师的专业知识，使系统具备类似“医师+药师”的专家思维机制，进而融合深度学习模型、医学知识库和患者信息进行决策推理。

除了对处方进行合理性审核外，笔者所在医院通过构建抗感染治疗本体知识库，对电子病历进行文本挖掘和自然语义、结构化和非结构化文本分别建模，机器学习真实世界抗感染诊治案例与本体知识库，智能推理个体化抗感染给药方案。同时，将该模型与医疗机构系统对接，建立医疗机构抗菌药物医嘱审核与个体化给药方案推荐，解决目前医疗机构抗菌药物决策系统仅对抗菌药物处方进行“对错”判定或预警而无法针对“错误”处方提供个体化抗感染给药方案的问题，进

一步提升抗菌药物临床应用水平。此外，通过模型结合医疗机构系统运行反馈，综合抗感染临床、微生物、药学专家组对系统审核及抗感染方案判定结果，循环式改进及验证模型设计方法。

2.3 智慧药房与端云一体临床药学服务平台

2.3.1 智慧药房 目前，国内大多数医院药房依旧采取人工调配模式，药房自动化水平大幅落后发达国家，存在劳动强度大、调配效率低、管理水平落后等问题，已不能满足公众对医院服务的要求[13]。医院亟须建立应用大数据、云计算、物联网等信息技术，利用各类数据资源辅助科学决策，结合智能控制系统，对药品的申领、调拨、储存、调配、核对、发放、使用等流程进行可追溯和精细化管理的智慧药房。笔者所在医院结合各类型药房药品的精细化管理、主动决策、任务驱动、实时监控、溯源跟踪、全程闭环等个性化技术需求，提出了自动化设备覆盖所有环节、信息化系统串联所有业务、智慧化决策促进合理用药、智能化环境提升管理品质的药品智能化管理体系。利用数据资源辅助科学决策，结合人工智能技术和智能控制系统，实现了药品智能上药、智能调配、智能输送、智能核对，服务效率和服务品质得到显著提升。

同时，笔者所在医院利用智能分析平台，根据有效期等数据，分析判断发药顺序，在发药时遵循“先进先出”原则，或者近效期药品先出，避免出现过期药品被误发放。基于处方量分布、药品处方结构、药品消耗量等历史数据波动进行智能分析，定出最优库存以及库存上下限的算法模型，并由此构建消耗预测模型，实现库存实时预警及精准采购，实施药品精细化管理，保障药品供应。

2.3.2 端云一体临床药学服务平台 临床药学服务是医改驱动下药师服务转型升级的核心落脚点，也是智慧药学主要发力点之一。笔者所在医院药剂科充分利用信息技术，同时加入强制功能与约束功能，采用一种新型的临床药学服务平台嵌入HIS系统的方案将临床药学具体工作标准化，提高临床药学管理水平，为专职药师服务于临床提供有力的信息系统支持。

该平台主要功能模块设计包括：①处方管理，分为处方审核以及处方点评。处方审核包含门诊处方审核、住院医嘱审核；处方点评包含门诊处方点评及住院医嘱点评，可分别对特定药物、特定医师、特点疾病和特定科室开展用药点评工作。②临床药师服务，设置医学查房、药学查房、药学监护、药学会诊、用药建议、用药教育6个子模块。临床药师匹配相应临床科室的权限，登录平台后，即显示所在病区的患者列表，继而可以对该病区所有患者开展对应的临床药师工作。③药物警戒，可进行药品不良反应、用药错误、药品质量事件的填写与上报，最大程度上防范用药风险。④用药监控，可对特殊人群、特定药物、临床路径开展合理用药监控，分析患者用药情况，从而降低用药分析，促进合理用药。⑤药学咨询，患者、医师、护士可在此模块提出需要咨询的问题，由药师进行合理用药指导，同时关联合理用药相关软件，为药师提供知识支撑。⑥个体化药学，血药浓度监测和药物基因检测，药师可查看患者用药医嘱、检验、检查、病历等相关信息，开展个体化用药建议与跟踪管理。目前笔者所在医院开展5大类、11种治疗药物的血药浓度监测，为造血干细胞移植、肾移植、肝移植、肺移植和急性淋巴细胞白血病等患者提供个体化用药监测和针对异常结果进行追踪指导等服务。2021年，完成11个项目血药浓度常规监测30 347例次，比2020年度增长24.2%。⑦数据管理，可在后台对药品、科室、疾病、手术等相关信息进行维护，并提供数据查询功能，给整合、分析和信息维护带来极大便利。⑧绩效管理，为充分激发临床药师的工作积极性，笔者所在医院采用文献检索法和专家咨询法，构建了由4个一级指标和9个二级指标组成的关键绩效指标体系，建立业绩分数和绩效分数双重考核的绩效分配方法[14]。业绩分数满分为100分，根据指标权重对各项指标设置分值范围，使各项指标均衡发展，确保全面覆盖临床药师的工作内容，即“广种”；而绩效分数不设最高分，每项指标数量也没有限制，可以促进多维度深度发展，即“深耕”。绩效奖金根据绩效分数来计算，但是业绩分数不达标者绩效奖金为零。临床药学服务平台见图4。

3 系统实践

通过对数据与知识联合驱动模式的智慧药学服务体系的探索与实践，笔者所在医院构建了包含15.3万个药品信息的药品知识库，同时基于患者诊断、体征、检验等特征数据建立全病程的患

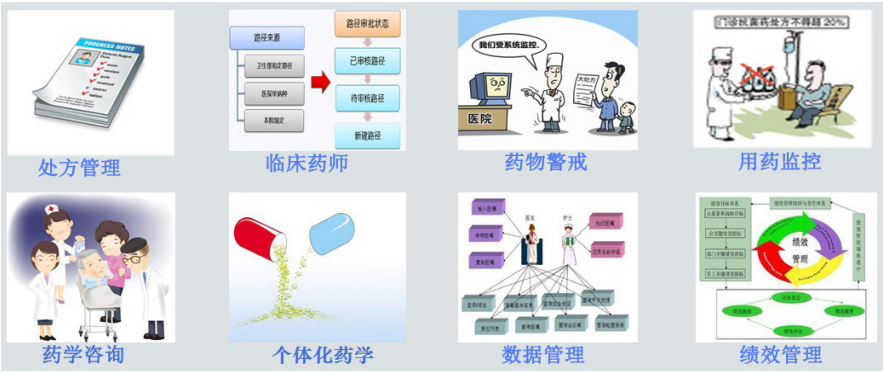

图 4 临床药学服务平台
Fig. 4 Clinical pharmaceutical care platform

者特征数据库，并从疾病用药角度建立覆盖 2 348 种疾病大类的疾病用药知识库。处方审核决策系统自 2017 年运行以来，处方合格率稳步提升，由 2016 年的 95.16%提升至 2020 年的 99.35%。2019 年，笔者所在医院构建合理用药人工智能审方平台，在全省率先实现门诊处方和住院用药医嘱智能审核全覆盖。住院部由审方中心牵头，协调专科药师队伍和临床药师，建立审方规则小组；门诊处方审核室覆盖了 114 个门急诊科室以及所有互联网医院处方的审核，目前处方审核率为 100%，干预成功率达到 99%。抗菌药物使用强度由 2016 年的 52.60 限定日剂量(defined daily dose，DDD)下降至 2020 年的 35.65 DDD。基于人工智能的药物治疗推荐技术已成功覆盖全国 150+区县的 30 000 余家基层医疗机构，服务超过 50 000 名基层医师，惠及 5 000 多万居民，日均提供超 40 万条辅助诊断和治疗建议，药物推荐总体正确率达 85.16%，有效提高了基层的诊疗服务水平[15]。

以往药房因需要设置二级药库，浪费大量空间，智慧药房中的智能化设备可存储>3 d 用量，节约了药房空间。人力方面，传统药房人工摆药、调配、发药，需要药师人员多，启动智慧药房后，经测算可承担 10 名药师的工作量，大大节约了人力成本[10]。同时，笔者所在医院智慧药房自 2014 年建设以来，处方调配时间、患者等候时间显著缩短，调剂差错发生率大幅降低，分别由原先的每张 60 s、10 min、1‰降至使用后的每张 8 s、1 min、0.01‰。笔者所在医院率先在国内发布智慧药房省级系列标准，可以更好地规范和指导智慧药房建设，对提升医院药房整体服务质量、促进全国智慧医院的健康发展有重要意义。

通过临床药学服务平台，专科临床药师可根据服务的临床科室特点，自定义制定并维护自己的工作模板。同时，HIS 中患者所有信息均可直接导入平台中相应的各个模块，提高了药师的工作效率，加强了临床药师与临床医师的沟通，有利于促进临床合理用药。目前，笔者所在医院临床药师已覆盖心血管、抗肿瘤、抗感染、妇产科等 13 个方向，精准服务 13 个亚专科，覆盖全院 56 个病区。

4 结语

在“互联网+医疗健康”背景下，借助新一代信息技术改变传统药学服务模式，为医院药学服务转型带来了发展新助力。数据与知识并不是简单的两者相加，而是将信息技术与医学专业知识深度融合，让数据提升药学服务竞争力，有效解决现有药学服务体系存在的专业知识结构缺陷、服务水平参差不齐等诸多问题。智慧药学助力医院药学工作从“以药品为中心”向“以患者为中心”转变，推动医院药学管理模式革新，促进医院药师作用发挥，必将成为转变药学服务模式的创新切入点[16]。

REFERENCES

[1] MARCATTO L R, SACILOTTO L, TAVARES L C, et al. Pharmaceutical care increases time in therapeutic range of patients with poor quality of anticoagulation with warfarin[J]. Front Pharmacol, 2018(9): 1052.

[2] MATETI U V, NAGAPPA A N, ATTUR R P, et al. Cost-effectiveness of pharmaceutical care on patients undergoing maintenance hemodialysis-a multicenter randomized controlled study[J]. Postgrad Med, 2018, 130(7): 621-626.

[3] 卢梦情, 张婧, 黄蓉, 等. 医师对临床药学服务需求的国外测量方法介绍及经验借鉴[J]. 中国医院药学杂志, 2020, 40(15): 1607-1611, 1633.

[4] HE X X. Practice and effect of quality control circle on improving pharmaceutical service quality[J]. Chin Community Dr(中国社区医师), 2022(6): 166-168.
[5] ZHENG N, LIU X Y, MA X T, et al. To explore the methods and effects of strengthening the quality of clinical pharmaceutical care[J]. J Aerosp Med(航空航天医学杂志), 2022, 33(2): 135-138.
[6] SHEN L, YU G J, CUI W B. Analysis on the modes and trend of Internet medical[J]. Shanghai Med & Pharm J(上海医药), 2017, 38(9): 6-9.
[7] ZHONG Y Z, LI H C, OU B X, et al. Construction and practice of smart pharmacy management model in our hospital based on “Internet + TCM”[J]. China Pharm(中国药房), 2019, 30(18): 2460-2468.
[8] Expert Panel of China Intelligent Pharmacy Alliance. Expert consensus on accelerating the development of intelligent pharmaceutical care during the epidemic of corona virus disease 2019(1st edition)[J]. Clin Med J(临床药物治疗杂志), 2020, 18(2): 4-9.
[9] SHEN A Z, LIU L L, ZHAO J H, et al. Analysis of A.I.irrational usage warning system of antibiotics[J]. Chin J Hosp Pharm(中国医院药学杂志), 2019, 39(1): 92-96.
[10] SHEN A Z, HU S L, XU G L, et al. Construction of automatic pharmacy in our hospital based on overall design[J]. China Pharm(中国药房), 2014, 25(13): 1183-1186.
[11] Expert Panel of China Intelligent Pharmacy Alliance. Expert consensus on accelerating the development of intelligent pharmaceutical care during the epidemic of corona virus disease 2019(2nd edition)[J]. Clin Med J(临床药物治疗杂志), 2020, 18(6): 11-25.
[12] XU X Y, DAI B, ZHAN M. Evaluation of physicians’ satisfaction with prescription review based on the SERVQUAL model[J]. China Pharm(中国药业), 2022, 31(8): 13-18.
[13] HONG W L, CHEN G Q, WANG C, et al. Optimal management of whole-boxed drug storage position in intelligent pharmacy based on apriori algorithms[J]. China Pharm(中国药业), 2020, 29(22): 14-17.
[14] FANG L, ZHENG X W, XU G Q, et al. Construction of clinical pharmacist performance appraisal system[J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2019, 36(6): 745-748.
[15] SHEN A Z, LIU L L, HUANG J Z, et al. Functions and application outcomes of clinical medication recommendation based upon artificial intelligence[J]. Chin J Hosp Pharm(中国医院药学杂志), 2021, 41(17): 1764-1768.
[16] SU Y C, JIANG Z W. “Internet+pharmaceutical care” mode: practices and reflection[J]. China Pharm(中国药房), 2021, 32(17): 2149-2153.

收稿日期：2022-08-14
(本文责编：沈倩)

http://www.chinjmap.com