

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2021.04.005

智能药筐系统优化药师配药路径效果评价

刘 婷,李 莎,康力敏,沈 倩,陈晓敏

(西安交通大学第二附属医院药学部,陕西 西安 710004)

摘要:目的 提高门诊药房药师的工作效率,降低调配差错率。方法 调取医院门诊药房医院信息系统(HIS)2019年2月18日至3月17日8:00-18:00的电子处方129 574张,采用粒子群算法优化药师配药路径,对比智能药筐使用前(2019年2月18日至3月3日)、使用后(2019年3月4日至3月17日)医院日均处方量和差错率,药师配药时间,以及患者取药等候时间。结果 使用智能药筐系统优化后日均处方量增加1 398张,内差差错率由6.00‰降至5.48‰;智能药筐系统安装后,各时段患者数不同程度增加,但药师配药时间及患者等候时间不同程度缩短,且取药高峰期(10:01-12:00)缩短更明显。结论 门诊药房智能药筐系统能优化药师配药路径和患者取药流程,是国内医院药学智能化改造升级的趋势,能最大限度地提高药房的工作效率,且该系统仍有继续优化的空间。

关键词:智能药筐系统;粒子群算法;配药路径;处方量;差错率;药事管理

中图分类号:R952

文献标志码:A

文章编号:1006-4931(2021)04-0017-04

Effect of Intelligent Medicine Basket System on Optimizing the Pharmacists' Dispensing Path

LIU Ting, LI Sha, KANG Limin, SHEN Qian, CHEN Xiaomin

(Department of Pharmacy, The Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi, China 710004)

Abstract: Objective To improve the working efficiency of pharmacists in the outpatient pharmacy, and to reduce the dispensing error rate.

Methods Totally 129 574 electronic prescriptions from the hospital information system(HIS) of the outpatient pharmacy in the hospital (8:00-18:00) from February 18 to March 17, 2019 were retrieved, the particle swarm optimization(PSO) method was used to optimize the pharmacists' dispensing path, and the average daily prescriptions and error rate, pharmacists' dispensing time and patients' waiting time were compared before using the intelligent medicine basket(February 18 to March 3, 2019) and after using it(March 4 to March 17, 2019). **Results** After the optimization of the intelligent medicine basket system, the average daily prescriptions increased by 1 398 pieces, and the internal error rate decreased from 6.00‰ to 5.48‰. After the installation of the intelligent medicine basket system, the number of patients in each period increased to varying degrees, but the pharmacists' dispensing time and patients' waiting time were shortened to varying degrees, and were shortened more significantly during the peak hours(10:01-12:00). **Conclusion** The intelligent medicine basket system of outpatient pharmacy can optimize pharmacists' dispensing path and patients' drug-taking process, which is the trend of intelligent transformation and upgrading of domestic hospital pharmacy, and can give full play to the work efficiency of pharmacy, and the system still has space for further optimization.

Key words: intelligent medicine basket system; particle swarm optimization; dispensing path; the number of prescriptions; error rate; pharmaceutical administration

随着人工智能技术的不断成熟,医院的智能化管理水平也在不断提高,作为医院基础单元的药房也将逐渐实现智能化管理,全自动智能药房已在部分医院启用。然而,智能化过程是一个逐渐发展的过程^[1],不能一蹴而就。三级甲等医院(简称三甲医院)的门诊药房是医院药学部门的重要组成部分,承担着整个医院门诊患者的药品调剂任务,同时在加强药品管理、促进临床合理用药等方面起着极其重要的作用^[2]。因此,三甲医院药房的信息化、智能化是目前医院智能化升级的重要部分,也是人工智能辅助药师工作的核心内容。我院为三级甲等综合性教学医院,门诊日均处方量约5 000张^[3]。门诊药房每日承担数千例患者的药品调剂任务,是提高医院门诊服务质量的关键环节^[4]。医药卫生体制改革的推进及门诊量的逐年增加,加大了传统药房配药的工作

量,延长了患者排队取药等候时间。本研究中通过引入智能药筐,改变患者取药方式,设置患者取药等候区等切实可行的措施,缩短了药师调配药物的准备时间,提高了药师的工作效率,优化了药师取药流程及药品调配的路径,提高了配药、取药效率,缩短了患者的等候时间,提高了医院的服务质量。现报道如下。

1 药师配药流程研究

大部分三甲医院常使用医院信息系统(HIS),该系统承担了患者从挂号到药房取药的整个流程的信息统计与传输,是医院现代化办公的重要组成部分。其中,患者在药房取药是就诊过程的最后环节(取药流程见图1),可见,缩短患者取药等待时间在药学管理与服务中起重要作用。

具体取药过程为,患者缴费后用身份证或就诊卡在



图1 患者从就诊到取药的流程图

Fig. 1 Flow chart of patients from seeking medical advice to taking medicine

签到机上刷卡取号,等待叫号取药。患者的处方信息自动分配到窗口,智能药筐机(见图2)根据窗口药师名下患者的处方数优化药品配药顺序,药师取出自动下落的药筐及打印的取药单,根据取药单顺序进行药品调配,调配完毕后送到窗口,由窗口药师根据患者顺序完成发药。如何在基本流程未发生变化的前提下加快药师的配药速度是本研究的主要内容。



图2 智能药筐

Fig. 2 Intelligent medicine basket

2 药品优化配置原理

门诊药房共有2000余种药品,药师配药路径有多种,配药时间大多消耗在路径中,为避免路径过多重复,药师常为多例患者同时配药以节省时间,但易出现漏配、错配等差错。因此,在优化药师取药路径时,智能药筐会对处方单上的药品排列顺序进行优化,采用运筹学中的经典旅行商(TSP)问题^[5],对固定路径下药师的行走配药过程进行最小化寻优。该方法不仅能有效缩短药师在配药过程中的行走路径,提高配药效率,而且减少了配药差错。

1) 门诊药房药品位置信息

在解决TSP问题时,首先要根据药品位置设置每种药品的坐标信息,设置智能药筐的位置为药师配药流程的起始点,1~5号发药窗口为终点,药师行走的路径

为固定路径。很多药品在同一药架上,因此根据药架将药品分成37个固定坐标,每个坐标包含在该区域内的所有药品名称。在药师每次配药过程中,药品的坐标为药架坐标,药师从起点至终点的所有可行路径中,以行程最短为优化目标。药房药品的平面布置见图3。

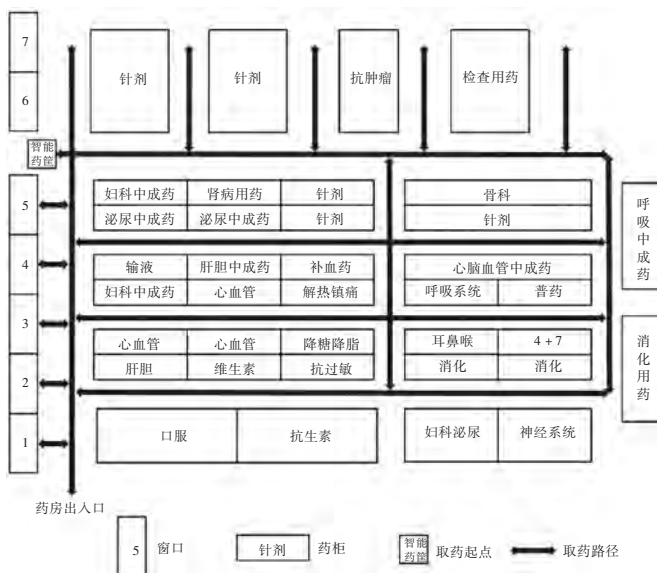


图3 药品布置平面图

Fig. 3 Planar graph of drug placement

2) 配药过程的数学模型

设 $G = (V, E)$ ^[6], 其中 V 是包含 n 个药品位置的顶点坐标集, E 为各个顶点彼此相连接组成的边集, 设距离矩阵 $M = (d(i, j))_{n \times n}$, 其中

$$d(i, j) = \begin{cases} w_{ij}, & i \neq j \\ \infty, & i = j \end{cases} \quad (1)$$

式中, w_{ij} 指 i 与 j 两点间的距离。若对于 $V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_n)$ 的一个行程为 $T = (t_1 t_2, \dots, t_i \dots t_n t_1)$, 其中 $t_i \in V$, 且记 $t_{n+1} = t_1$, 则药师配药的 TSP 问题的数学模型^[6]可表示为:

$$\min \sum_{i=1}^n d(t_i, t_{i+1}), (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

3) 应用 PSO 算法解数学模型

PSO 算法是基于群体的, 根据对环境的适应度将群体中的个体移动到好的区域。然而它不对个体使用演化算子, 而是将每个个体看作是 D 维搜索空间中的一个没有体积的微粒(点), 在搜索空间中以一定的速度飞行, 进而改变自身的位置, 这个速度根据它本身的飞行经验和同伴的飞行经验来动态调整。第 i 个粒子表示为 $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{iD})$, 它经历过的最好的位置(个体极值即适应度最佳)记 $P = (p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{iD})$, 也称为 P_{best} 。群体中所有粒子经历过的最好的位置用 g_{best} 表示。粒子速率用 $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, \dots, v_{iD})$ 表示。对于每一代粒子根据以下公式进行更新。

$$V_{id} = w \times V_{id} + c_1 \times rand \times (p_{id} - x_{id}) + c_2 \times rand \times (p_{gd} - x_{id}) \quad (3)$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \quad (4)$$

其中, w 为惯性权重, 该参数反映了个体历史成绩对现在的影响, 一般取 $0.5 \sim 1$; c_1, c_2 分别为个体学习因子和群体学习因子, 一般取 $0 \sim 4$; $rand$ 为 $[0, 1]$ 之间的随机数。

问题的求解采用药品编号的十进制编码方法^[7]。对于 N 个药品位置坐标, 药师配药行程的 TSP 问题, 药品编号分别为自然数 $1, 2, 3, \dots, N$, 这 N 个数中的一个随机排列构成一个粒子的运行轨迹。

4) 仿真结果

药师在药房配药的过程, 本研究中采用粒子群算法对药师配药路径进行优化, 其配药药品位置的初始位置见图 4。本次试验在 37 个坐标中随机抽取了 15 个点作为测试药品坐标位置。

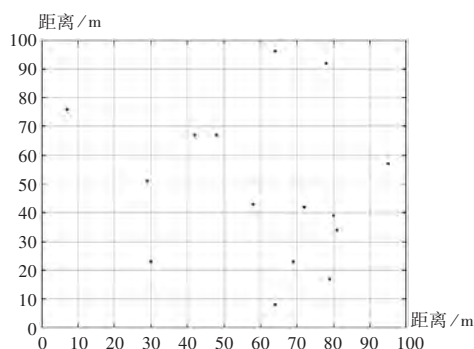


图 4 药品初始位置坐标图

Fig. 4 Coordinate diagram of initial position of drugs

PSO 算法的进化次数为 100, 种群规模为 100, 该算法进化过程中最优粒子适应度值变化见图 5^[7], 路径优化前后药师配药行程对比见图 6。由图 6 可见, 优化后的行走路线远短于未优化路线, 从而大幅缩短了药师的配药时间。同时, 算法的求解过程不到 1 s, 在实际应用中不会影响处方单的打印速度。

3 实际应用效果

3.1 资料与方法

调取我院门诊药房 HIS 2019 年 2 月 18 日至 3 月 17 日 8:00 - 18:00 的电子处方 129 574 张, 对比智能药筐安装前后 (安装时间为 2019 年 3 月 3 日) 总处方量、日均处方量和差错率, 药师配药路径优化前后的配药时间, 以及应用智能药筐系统前后的患者取药等候时间信息^[8-9]。

3.2 结果

3.2.1 处方量及差错率

我院智能药筐安装前后处方情况见表 1。可见, 安装智能药筐系统后, 门诊药房调配处方增加 19 582 张, 日均增加 1 399 张, 增长率为 35.58%, 内差差错率降低

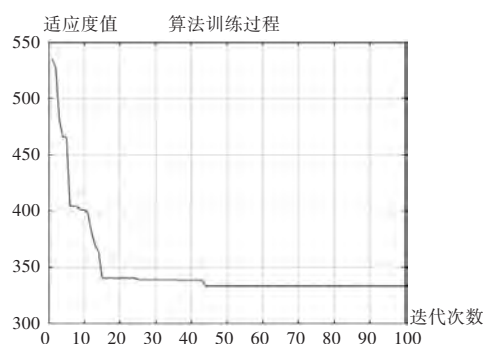
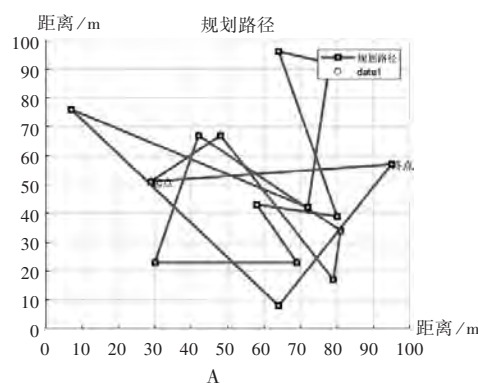
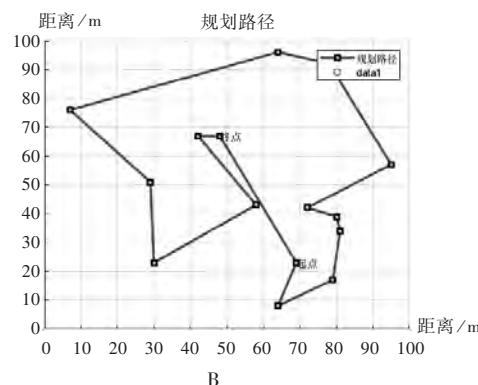


图 5 适应度值变化

Fig. 5 Change of fitness value



A



B

A. 优化前 B. 优化后

图 6 优化前后药师配药行程图

A. Before optimization B. After optimization

Fig. 6 Pharmacists' dispensing path before and after optimization

表 1 智能药筐安装前后处方情况统计

Tab. 1 The number of prescriptions before and after the installation of intelligent medicine basket

时间	总处方量(张)	日均处方量(张)	内差处方量(张)	内差差错率(%)
2月18日至3月3日	54 996	3 929	330	6.00
3月4日至3月17日	74 578	5 327	409	5.48

0.12%。分析差错类型发现, 主要仍为处方调配数量, 占比进一步升高, 其他差错类型占比均下降。结果见表 2。

3.2.2 药师配药时间及患者等候时间

分别选取智能药筐安装前某一工作日及智能药筐安装后某一工作日进行对比, 结果见表 3。可见, 智能药筐安装后各时段患者取药数量都有一定增加, 但药师

表2 智能药筐安装前后门诊药房内差差错类型统计(安装前/安装后)

Tab.2 Internal error types in the outpatient pharmacy before and after installation of intelligent medicine basket(before installation/after installation)

差错类型	差错数(张)	构成比(%)	差错率(%)
调配数量	196/390	59.39/95.35	0.36/0.52
发药对象	54/5	16.36/1.22	0.09/0.01
品种	67/9	20.30/2.20	0.12/0.01
标签	13/3	3.94/0.73	0.02/0.00
其他	0/2	0/0.49	0/0.00
合计	330/409		0.59/0.55

表3 智能药筐安装前后药师调配时间及患者等候时间比较

Tab.3 Comparison of pharmacists' dispensing time and patients' waiting time before and after the installation of intelligent medicine basket

时段	2019年2月20日			2019年3月6日		
	患者数 (例)	药师调配 时间(M,min)	患者等候 时间(M,min)	患者数 (例)	药师调配 时间(M,min)	患者等候 时间(M,min)
8:00-9:00	326	2.35	2.55	377	2.31	2.45
9:01-10:00	513	2.23	2.68	590	2.17	2.63
10:01-11:00	675	2.56	4.17	726	1.96	2.25
11:01-12:00	724	3.43	3.69	836	1.58	1.96
12:01-13:00	126	6.12	6.69	202	4.36	4.53
13:01-14:00	137	5.34	6.06	195	3.94	4.32
14:01-15:00	359	2.69	3.56	463	2.03	2.59
15:01-16:00	435	2.13	3.29	582	1.75	2.65
16:01-17:00	512	1.96	2.66	679	1.63	2.39
17:01-18:00	218	2.92	3.32	677	1.78	2.46
合计	4025			5327		

配药时间及患者取药等候时间均不同程度缩短,尤其是取药高峰时段(10:01-11:00和11:01-12:00)降幅更明显。

4 讨论

4.1 处方量增加情况下进一步降低差错率

智能药筐系统应用后,处方量大幅增加,但并未导致患者在取药时的拥挤。这是因为该系统增加了签到取号机和叫号电子显示屏,使患者清楚等候时间,使调配过程可视化。但由于目前还是药师人工调配药品,差错不可避免。对药师调配过程进行跟踪调查分析,原因如下:连续多名患者取相同但数量不同的药,可能使药师在调配过程中出现数量差错;多名患者的相同药品在同一药筐内,窗口药师在分发时出现过发错药品数量的问题;患者处方量较大,导致药师调配难度提升,发生某种药品未调配的现象。

优化措施首先是加强人员培训,规范操作流程。药师必须明确智能药筐系统只是辅助药师的工作,具体操作还需药师根据本院患者情况作相应调整。其次,窗口

发药要做到对每例患者的处方进行审核,严格执行“四查十对”,提高窗口工作的细致程度,降低药房调配的出门差错率。

4.2 可缩短药师调配药品时间和患者等候时间

在10:01-11:00和11:01-12:00这2个取药高峰时段,安装智能药筐系统后,患者数分别增加51例和112例,药师调配药品的平均时间分别缩短了0.31min和1.47min,患者的平均等候时间分别缩短了1.92min和1.73min。这是因为智能药筐系统可优化药师的调配药物路径,使药师在调配过程中缩短行走距离以节省体力,从而有效提高工作效率,缩短配药时间及患者等候时间。

4.3 小结

医院的门诊药房是医院药学服务的重要环节,如何利用先进的智能技术提高药师的工作效率是医院药房智能化服务的核心。本研究中通过对量化数据的对比发现,智能药筐系统可提高药师的工作效率,减轻药师的工作量,从而提高医院门诊药房的工作效率。然而,医院药房的智能化升级是一个漫长而复杂的过程,智能药房系统的研发还需针对不同医院进行专项优化设计,在充分利用智能技术的同时为不同医院创造满足其独特要求的智能管理系统,让智能化更好地体现医院“以患者为中心”的核心理念,为患者提供一个良好、温馨、舒适的就医环境,是医务工作者共同的目标与方向。

参考文献

- [1] 高维,刘震,侯幸赞,等.住院药房信息化建设及药学服务实践[J].中国临床药理学杂志,2018,34(3):380-381.
- [2] 邓立文,贺靖淇,刘文利.用于智能药房的自动配药系统[J].电子技术与软件工程,2017(21):117.
- [3] 吴解敏,楼蓉,张京安,等.数字化药房在医院门诊药房服务中的应用[J].现代医药卫生,2017,33(6):951-954.
- [4] 张红卫,潘耀良,樊晓鸣,等.门诊药房服务对门诊整体服务流程优化的影响[J].药学服务与研究,2008,8(5):347-350.
- [5] 裴皓晨,姜洲胜,叶枫,等.一种求解商旅问题的改进混合粒子群算法[J].计算机与数字工程,2018(2):218-235.
- [6] 王超,金淳,韩庆平.求解旅行商问题的基于类Kruskal的混合粒子群算法[J].运筹与管理,2014(3):30-37.
- [7] 陈林,潘大志.改进遗传算法解决TSP问题[J].智能计算机与应用,2016,6(5):17-19.
- [8] 张菁,周峰,赵蕊.我院门诊药房智能发药系统持续优化[J].中国现代应用药学,2017,34(10):125-128.
- [9] 葛菁,冯雷,李瀛,等.浅析智能药架对我院西院门诊药房服务流程改进的效果[J].中国药师,2014,17(11):1957-1960.

(收稿日期:2020-04-24;修回日期:2020-06-25)