

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2023.10.017

医学信号处理与医学仪器

基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法

赵锋, 刘阳, 曹凤, 李丞

新疆医科大学第一附属医院, 新疆 乌鲁木齐 830054

【摘要】提出了一种基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法。根据高值医疗设备优化管理的目标随机生成一组初始解,根据个体的适应度值选择父代个体,采用二进制编码的方式结合遗传算子逐步改进种群适应度,充分发挥遗传算法的寻优能力。将所提方法应用到某医院高值医疗设备管理数据集中,结果表明基于改进遗传算法优化高值医疗设备管理的方法能够有效地降低管理成本,且明显优于粒子群算法与模拟退火算法,验证了所提出方法的有效性。

【关键词】高值医疗设备;改进遗传算法;二进制编码;优化管理

【中图分类号】R197;R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2023)10-1291-04

Optimal management for high-value medical consumables based on improved genetic algorithm

ZHAO Feng, LIU Yang, CAO Feng, LI Cheng

The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China

Abstract: A method based on improved genetic algorithm is presented to optimize high-value medical consumables management. A set of initial solutions are randomly generated according to the goal of optimal management of high-value medical consumables, and the parent individuals are selected according to the fitness value of the individual. The population fitness is gradually improved by combining the binary coding method and the genetic operator, so as to give full play to the optimization ability of the genetic algorithm. The proposed method is applied to the dataset of high-value medical consumables management in a hospital. The experimental results show that the method of optimizing high-value medical consumables management based on improved genetic algorithm effectively reduces management cost, and outperforms particle swarm algorithm and simulated annealing algorithm, which verifies its effectiveness.

Keywords: high-value medical consumables; improved genetic algorithm; binary encoding; optimal management

前言

在医疗机构中,高值医疗设备通常具有很高的投资和运营成本,如核磁共振仪、放射治疗设备、手术器械等。这些设备在医疗服务中起着至关重要的作用,但它们的使用和管理也面临着一些挑战,如设备利用率不高、设备闲置时间过长、设备调度不合理等问题。为了解决上述问题,需要使用一些科学的管理方法和优化算法,对医疗机构中的高值医疗设

备进行有效的规划、调度和资源配置,以提高设备的利用率、降低运营成本、优化服务效果和资源利用效率^[1]。通过合理规划设备的使用计划、优化设备的调度和资源配置,基于优化算法的高值医疗设备优化管理方法能够有效地实现设备的最佳利用和运营效率^[2]。通过优化管理,高值医疗设备的利用率可以得到最大化。合理地规划设备的使用计划,可以有效减少设备的闲置和低效使用,从而降低设备的运营成本^[3]。高值医疗设备的优化管理方法可以为决策者提供科学、系统的决策支持。通过模型和算法的分析和优化,可以帮助决策者制定合理的设备调度和管理策略,更好地应对复杂的医疗设备管理挑战^[4-5]。

基于各种优化算法的高值医疗设备优化管理方法可以自动搜索最优解,减少了人工决策的主观性和不确定性^[6]。通过使用优化算法,可以自动找到最佳的设备调度方案,提高管理决策的科学性和准确

【收稿日期】2023-06-12

【基金项目】新疆维吾尔自治区自然科学基金(2020D01C249);省部共建中亚高发病因与防治国家重点实验室开放课题基金(SKJL-HIDCA-2022-44;SKJL-HIDCA-2021-26)

【作者简介】赵锋,硕士研究生,高级会计师,研究方向:医院管理,E-mail: Z8uu8989@163.com

【通信作者】李丞,硕士研究生,副主任医师,研究方向:数据统计分析,E-mail: 498812912@qq.com

性。同时可以通过全面考虑设备的使用需求、维护周期、运行时间等因素,实现高值医疗设备的最大利用率^[7]。它可以帮助医疗机构更好地规划设备的使用时间表,减少设备的闲置时间,提高设备的使用效率。其次,优化算法可以优化高值医疗设备的资源配置,确保设备在需要时可用,并避免资源的浪费。主要体现在以下3个方面:其一,通过优化算法进行高值医疗设备优化管理,可以降低设备的运营成本^[8]。其二,通过对各种约束条件和目标函数的建模和优化,优化算法可以帮助决策者制定最佳的设备管理策略,并提供决策的合理依据和支持。其三,通过优化算法实现设备的最佳利用和资源配置,可以提供更及时、高效的医疗诊断和治疗服务,满足患者的需求,提升医疗机构的声誉和竞争力^[9]。

相对于其他优化算法,由于遗传算法具有较强的全局搜索能力,可以搜索到问题的全局最优解,且高值医疗设备优化管理问题通常具有复杂的搜索空间和多个可能的最优解。因此,使用遗传算法进行高值医疗设备优化管理能够有效地在大范围内搜索解空间,找到更优的解决方案^[10]。此外,遗传算法可以进行并行处理,同时评估多个个体的适应度,进行交叉、变异操作。这种并行性能够提高算法的搜索效率和速度,尤其对于大规模问题和复杂度较高的优化问题,遗传算法能够更快地找到最优解^[11]。同时,遗传算法具有较好的鲁棒性,能够应对问题的变化和复杂性。由于遗传算法的随机性和多样性特点,它能够适应不同类型的问题,并具有一定的鲁棒性,即使在面对噪声、局部最优解或不完整信息的情况下,仍能找到较好的解决方案^[12]。本文提出一种基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法。

1 改进的遗传算法

作为一种启发式优化算法,遗传算法通过模拟生物进化过程中的遗传和自然选择机制,以解决复杂的搜索和优化问题^[13]。在遗传算法中,个体通常使用染色体表示,染色体由基因组成,每个基因代表一个问题的解决方案的部分,通过逐代进化的方式,从种群中筛选出适应度较高的个体,利用交叉和变异操作改变基因的组合,实现搜索空间的探索和优化^[14]。同时,遗传算法还可以引入一些进化策略,如精英保留(Elite Preservation)和自适应参数调整(Adaptive Parameter Tuning),以进一步改进算法的性能和收敛速度,逐步优化解决方案^[15]。算法的主要流程如下:

(1)初始化种群。随机生成一组初始解(个体),每个个体表示问题的一个潜在解决方案。种群的规

模根据问题的复杂性和要求来确定。

(2)评估适应度。使用适应度函数评估每个个体的适应度,该函数衡量个体在问题中的性能好坏。适应度函数的设计与具体问题相关。适应度值越高表示个体的解决方案越好。

(3)选择操作。根据个体的适应度值选择父代个体,通常使用轮盘赌选择(Roulette Wheel Selection)或排名选择(Rank Selection)等方法。适应度较高的个体有更高的概率被选中,进入下一代。

(4)交叉操作。从选中的父代个体中选取一对个体进行交叉操作(Crossover),通过交换染色体中的基因片段来生成新的子代个体。交叉操作有助于保留有利的基因组合,增加种群的多样性。

(5)变异操作。对生成的子代个体进行变异操作(Mutation),引入一定程度的随机性。变异操作通过随机改变个体的某些基因值,有助于跳出局部最优解,增加搜索空间。变异操作的概率通常较低,以保持种群的多样性。

(6)评估子代个体的适应度。计算子代个体的适应度值,同样使用适应度函数进行评估。

(7)生成新种群。将选择和变异得到的子代个体与父代个体组合,生成新的种群。

(8)终止条件判断。检查是否满足终止条件,如达到最大迭代次数、找到满足要求的解等。如果不满足终止条件,则返回步骤3,继续迭代。

通过重复执行步骤(3)到步骤(8),遗传算法逐渐搜索到更优的解决方案。这是因为适应度较高的个体在选择、交叉和变异的过程中有更高的概率被保留和改进,从而逐步改进整个种群的适应度。算法流程如图1所示。

2 基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法

由于高值医疗设备所涵盖的内容较为广泛,对于不同设备的优化目标也不尽相同^[16]。因此,首先需要明确高值医疗设备优化管理的目标,如最小化设备闲置时间或最大化设备利用率。同时,考虑到设备数量、设备维护需求、设备使用约束等限制条件的影响,需要对其设计合理的约束方法。

本文所提出的优化管理方法基于某医院高值医疗设备管理数据集,在减少设备的闲置时间、保障医疗服务的供给能力的前提下,降低管理成本。模型设计阶段,为了使基因型能够准确地表示设备状态的同时反映该状态下设备可能的操作,本文使用二进制编码方案将相关决策变量编码为种群个体基因型,示例见图2。

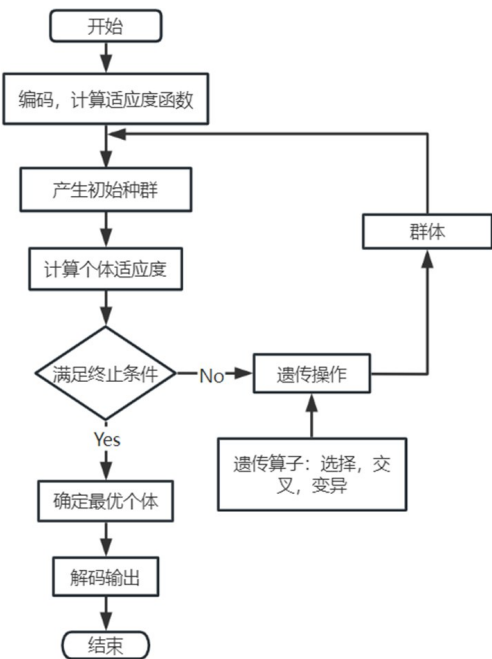


图 1 遗传算法流程图

Figure 1 Flowchart of the genetic algorithm

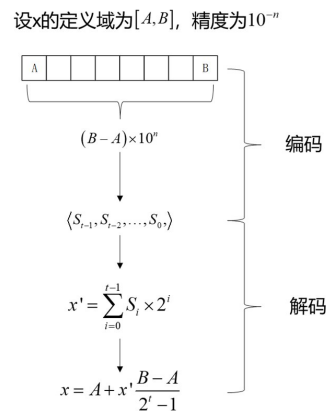


图 2 二进制编码方案示例

Figure 2 Example of a binary encoding scheme

为了能够有效地对本文所使用的二进制编码进行进化操作,本文使用二进制单点交叉算子进行染色体交叉操作,示例见图 3。

3 资料来源

本文所使用的数据集来自于 2020~2021 年某医院高值医疗设备管理数据集,该数据集包括设备名称、规格型号、设备数量、工作年限、管理周期以及管理成本等数据。表 1 为主要的影响因素及数据范围。由于不同因素的数据对应的量纲不同,因此采用归一化对数据进行规范化处理。

4 结果

目前应用于机器设备优化管理的方法中,使用比

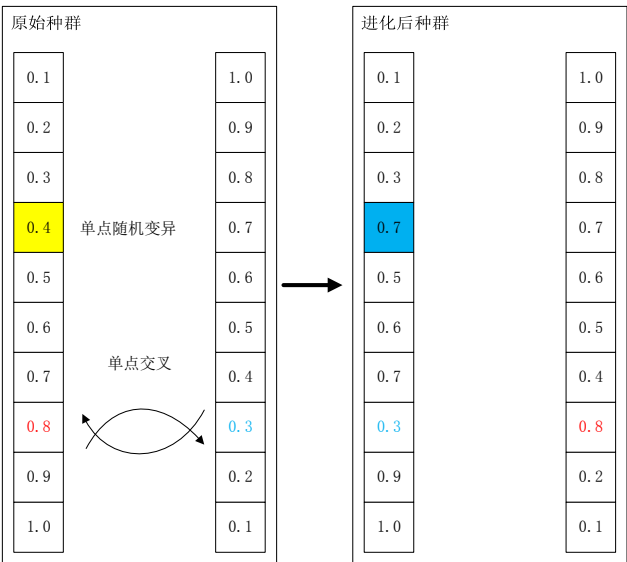


图 3 进化操作示例

Figure 3 Example of evolutionary manipulation

表 1 高值医疗设备管理的主要影响因素

Table 1 Main factors affecting high-value medical consumables management

参数	参数值
设备数量/台	1~21
工作年限/年	0.5~3.4
管理周期/月	3~15
管理成本/万元	1.5~17.6

较多的是粒子群算法和模拟退火算法。为了充分证明基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法的优越性,现选取相同的样本数据集,分别使用本文提出的改进遗传算法、粒子群算法和模拟退火算法进行高值医疗设备优化管理,对比结果如图 4 所示。

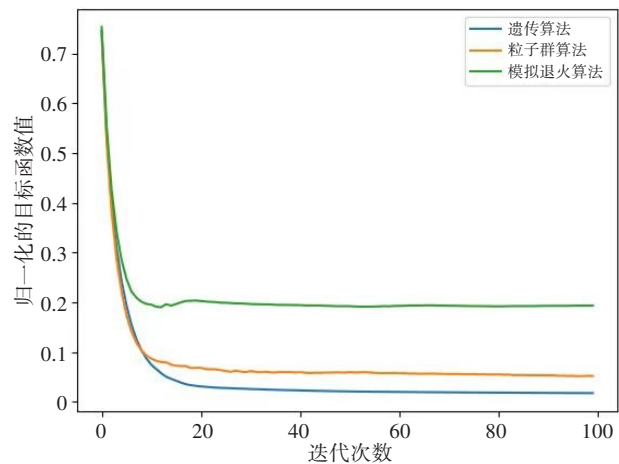


图 4 算法效果对比

Figure 4 Comparison of algorithm performance

根据图4可以得到:(1)随着迭代次数的增加,改进遗传算法、粒子群算法和模拟退火算法这3种方法的趋势是一致的,但3种方法存在差距。(2)在迭代次数为20次时,3种方法的性能趋于稳定。具体地,改进遗传算法表现最好,对应的目标函数值为0.034;其次为粒子群算法,对应的目标函数值为0.069;最后为模拟退火算法,对应的目标函数值为0.225。改进遗传算法、粒子群算法和模拟退火算法这3种方法优化高值医疗设备管理的成本分别为35.76万元、61.58万元以及86.43万元,表明在优化高值医疗设备管理时,与粒子群算法和模拟退火算法相比,改进遗传算法具有明显优势,可以有效地控制医疗设备管理的成本。上述结果均体现了基于改进遗传算法在高值医疗设备优化管理中的合理性和有效性。

5 结论

本文针对高值医疗设备优化管理的问题,提出了一种基于改进遗传算法的高值医疗设备优化管理方法。首先该方法初始化种群,每个个体表示问题的一个潜在解决方案;其次,使用适应度函数评估每个个体的适应度;最后,采用二进制编码的方式结合遗传算子逐步改进种群适应度,生成新的种群。利用遗传算法的寻优能力,将其运用到高值医疗设备管理数据中,有效地降低高值医疗设备管理的成本。可以得到如下结论:(1)基于改进的遗传算法作为一种流行的高值医疗设备优化管理方法,可以有效地降低高值医疗设备管理的成本,为进一步研究高值医疗设备优化管理提供了一种新思路。(2)与粒子群算法和模拟退火算法相比,基于改进遗传算法建立的高值医疗设备管理方法的优化效果更好,因此更适用于高值医疗设备优化管理。(3)基于改进遗传算法建立的高值医疗设备管理方法便于操作与实现,可以更好地运用到高值医疗设备管理中,通过优化算法更好地实现设备的利用和资源配置,为医疗诊断和治疗提供及时、高效的服务,可以帮助决策者制定合理的设备调度和管理策略。

【参考文献】

- [1] Sun HY, Luan RL. Current situation, methods, and countermeasures of the quality management of high-value medical consumables in hospitals[J]. *Asian J Surg*, 2023, 46(6): 2605-2606.
- [2] 陈盛帆, 黄建琪, 高正, 等. 手术室高值耗材智能管理系统的开发[J]. *中国医疗器械杂志*, 2021, 45(1): 42-45.
Chen SF, Huang JQ, Gao Z, et al. Development of intelligent management system for high value consumable material in operating room[J]. *Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2021, 45(1): 42-45.
- [3] 许燕, 姚萍, 周君, 等. 高值医用耗材精细化管理研究与实践[J]. *中国医疗设备*, 2019, 34(8): 142-144.
Xu Y, Yao P, Zhou J, et al. Research and practice on meticulous fine management practice of high-value medical consumables[J]. *China Medical Devices*, 2019, 34(8): 142-144.
- [4] 刘伟, 傅扬, 赵潇. 基于SPD的医疗耗材管理研究[J]. *中国医疗设备*, 2023, 38(1): 134-138.
Liu W, Fu Y, Zhao X. Research on management method of medical consumables based on SPD[J]. *China Medical Devices*, 2023, 38(1): 134-138.
- [5] Gao G, Che Y, Shen J. Path optimization for joint distribution of medical consumables under hospital SPD supply chain mode[J]. *J Comb Optim*, 2021, 39: 1-18.
- [6] Lin H, Li Q, Xu X, et al. Optimal arrangement of the pulmonary interventional surgeries considering timely distribution of medical consumables[J]. *J Comb Optim*, 2019, 37: 271-285.
- [7] 陈云芝, 詹峰, 王柯赛, 等. 基于SPD供应链的医用耗材全过程精准管理实践[J]. *中国医疗器械杂志*, 2022, 40(6): 696-700.
Chen YZ, Zhan F, Wang KS, et al. Exploration and thinking on fine management of cost accounting of medical consumables[J]. *Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2022, 40(6): 696-700.
- [8] Avizenna MH. Applying the apriori algorithm to analyze and optimize medical device inventory management[J]. *J Appl Data Sci*, 2022, 3(4): 143-151.
- [9] Hu X, Cao H, Shi J, et al. Study of hospital emergency resource scheduling based on digital twin technology [C]//2021 IEEE 2nd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA). IEEE, 2021, 2: 1059-1063.
- [10] 朱胜军. 条码技术在高值医用耗材管理中的应用[J]. *中国医疗器械杂志*, 2012, 36(2): 136-139.
Zhu SJ. The application of barcode technology in management of high value medical consumables [J]. *Chinese Journal of Medical Instrumentation*, 2012, 36(2): 136-139.
- [11] Li T, Li Z, Zhao W, et al. Analysis of medical rescue strategies based on a rough set and genetic algorithm: A disaster classification perspective[J]. *Int J Disast Risk Re*, 2020, 42: 101325.
- [12] Okyere S, Yang J, Adams CA. Optimizing the sustainable multimodal freight transport and logistics system based on the genetic algorithm [J]. *Sustainability*, 2022, 14, 11577.
- [13] Katoch S, Chauhan SS, Kumar V. A review on genetic algorithm: past, present, and future[J]. *Multimed Tools Appl*, 2021, 80: 8091-8126.
- [14] Mirjalili S. Genetic algorithm [M]. *Evolutionary Algorithms and Neural Networks: Theory and Applications*, 2019: 43-55.
- [15] Reddy GT, Reddy MP, Lakshmana K, et al. Hybrid genetic algorithm and a fuzzy logic classifier for heart disease diagnosis[J]. *Evol Intell*, 2020, 13: 185-196.
- [16] Mirjalili S, Song Dong J, Sadiq AS, et al. Genetic algorithm: theory, literature review, and application in image reconstruction[M]. *Nature-Inspired Optimizers: Theories, Literature Reviews and Applications*, 2020: 69-85.

(编辑:黄开颜)