

基于遗传粒子群算法的堆垛机作业路径优化

刘 凯, 牛江川, 申永军, 李素娟

(石家庄铁道大学 机械工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:堆垛机的作业路径决定了自动化仓库的作业效率。建立了堆垛机作业的数学模型, 并采用遗传粒子群算法对自动化仓库堆垛机作业路径进行优化。该算法引入了遗传算法中交叉和变异操作, 通过粒子与个体极值和群体极值的交叉和粒子自身变异的方式来搜索最优解。仿真实验结果表明, 该算法的求解效果在收敛速度和优化效果方面都有明显的提高, 可以有效地减少堆垛机系统拣选作业运行时间, 提高了自动化仓库的作业效率。这对实际应用有一定的参考价值。

关键词:遗传粒子群算法; 自动化仓库; 拣选作业; 堆垛机

中图分类号:TH165+.1 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)02-0067-05

0 引言

自动化立体仓库又称为自动化仓储 AS/RS(Automatic Storage and Retrieval System)系统, 它可以按照指令自动完成货物的存取, 并能对库存货物进行自动管理, 实现自动化作业, 具有作业效率高, 占地面积小, 存储容量大, 计算机自动控制等优势。立体仓库中堆垛机的作业周期由 3 部分组成, 分别是出入库台的管理时间, 出入库台的处理时间和堆垛机的行走作业时间, 其中堆垛机的行走作业时间约占整个作业周期的 50%^[1]。在实际工作中, 特别是在任务集中的阶段, 堆垛机往往成为物料搬运系统中的瓶颈环节, 由于没有优化调度经常会产生“死锁”的现象, 因此合理的解决自动化仓库堆垛机的拣选作业路径, 对提高仓库作业效率具有重要意义。

堆垛机作业路径优化问题求解方法的研究吸引了很多学者进行研究。文献[1-2]提出了遗传算法寻求堆垛机拣选作业路径优化方案。文献[3]提出了改进自适应遗传算法, 克服了传统遗传算法的早熟收敛问题。文献[4-5]提出了混合遗传算法, 使解的优化程度以及收敛速度都较传统遗传算法有了一定程度的提高。文献[6]提出了粒子群算法, 验证了该算法解决堆垛机路径优化问题也是有效可行的。文献[7-8]对混合粒子群算法进行了研究, 在粒子群优化算法中加入倒置、对换等局部搜索算法, 利用遗传算法全局搜索能力强的特点对用粒子群优化算法进行了优化。文献[9]提出了蚁群算法解决自动化仓库中存取路径优化问题。其中, 解决堆垛机拣选作业路径优化问题效果较好的方法有遗传算法和蚁群算法。本文采用的遗传粒子群算法, 通过引入了遗传算法中变异和交叉的操作, 克服了传统粒子群算法随着迭代次数增加可能会陷入局部最优解的死循环中的缺点。因此, 采用遗传粒子群算法解决堆垛机路径优化问题的研究具有重要意义。

1 堆垛机拣选作业数学模型

堆垛机在每次进入巷道拣选货物总量不超周转货箱装箱能力的前提下, 如何安排货物的拣选顺序, 使堆垛机经过需要的货位点后再回到入口处, 运行时间及垂直和水平方向走过的总路程最短, 同时减少

收稿日期: 2015-05-19 责任编辑: 车轩玉 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2016.02.13

基金项目: 国家自然科学基金(51275321); 河北省自然科学基金(F2013210109); 河北省高等学校创新团队领军人才培养计划(LJRC018); 河北省教育厅自然科学基金(QN2014151)

作者简介: 刘凯(1988—), 男, 硕士研究生, 主要从事企业信息化与协同管理技术的研究。E-mail: lk1256229856@126.com

刘凯, 牛江川, 申永军, 等. 基于遗传粒子群算法的堆垛机作业路径优化[J]. 石家庄铁道大学学报: 自然科学版, 2016, 29(2): 67-71.

堆垛机作业次数,提高货物装箱率^[9-11]。

针对的自动化立体仓库形式是固定单元货格式立体货架仓库系统,它由货架区和输送系统两部分组成。在货架区,每相邻的两排货架产生一个巷道,每一个巷道由一台堆垛机负责货物的存取,为了方便堆垛机存取货物,每一个巷道口均有出入库台。输送系统由输送车和导轨组成,可以方便输送车存取货物^[12-13]。

为了建立堆垛机拣选路径优化问题的数学模型,首先给出如下假设:

(1) 固定单元货格式立体货架的货位点 x, y 表示,其中 x 为货位列, y 为货位的层,以巷道口为原点 O 。货格宽度为 W ,高度为 H 。

(2) 在进行出入库作业时,堆垛机的出入库操作速度均恒定,所以可以忽略货物的存取时间。

(3) 在进行存取作业时,堆垛机在水平和垂直方向以恒定的速度进行出入库作业,且能沿水平和垂直方向同时运行,设水平方向的速度为 V_x ,垂直方向的速度为 V_y 。

假设堆垛机从货位 $i(X_i, Y_i)$ 到货位 $j(X_j, Y_j)$,如图 1 所示。

堆垛机从货位 i 到货位 j 行走直线距离

$$L = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (1)$$

堆垛机从货位 i 到货位 j 运行时间

$$T(i, j) = \text{Max}(|X_i - X_j| \times W/V_x, |Y_i - Y_j| \times H/V_y) \quad (2)$$

式中, W 为货格宽度; H 为货格高度。

终止条件即每次执行拣选作业必须满足的条件

$$\sum_{i=1}^n c_i \leq C \quad (3)$$

式中, c_i 为第 i 个货位待拣选货物的体积; C 为周转箱的体积; n 为该次作业任务待拣选货位数。

2 遗传粒子群算法实现

标准粒子群算法源于鸟群捕食行为研究,是一种进化算法,它通过迭代完成寻优,实现容易、精度高且收敛速度快,但是随着迭代次数的增加,在种群收敛集中的同时,各粒子也越来越相似,可能会在局部最优解周边无法跳出。遗传粒子群算法引入了遗传算法中交叉和变异的操作,通过粒子同个体极值和群体极值的交叉和粒子自身变异的方式来搜索最优解。

2.1 粒子个体编码与初始种群

每个粒子表示遍历的每个货位点,例如,当需要遍历 10 个货位点时,个体编码为 $[7 \ 9 \ 6 \ 10 \ 1 \ 2 \ 4 \ 5 \ 3 \ 8]$,表示堆垛机从货位 7 开始,经过货位 9, 6, 10, ..., 最终回到入库位。设种群规模为 N ,则随机产生 N 个这样的个体,即形成初始种群。

2.2 适应度值

粒子适应度值表示遍历路径的长度,计算公式为

$$\text{fitness}(i) = \sum_{i,j=1}^n \text{path}_{i,j} \quad (4)$$

式中, n 为货位数目; $\text{path}_{i,j}$ 为货位 i, j 间路径长度。

以个体“7, 9, 6, 10, 1, 2, 4, 5, 3, 8”为例,它表示的拣选路线为从货位 7 开始经过货位 9, 6, 10, ..., 最终回到库位,在此作业过程中,当堆垛机的容量达到上限时,定义一个惩罚系数 M ,对违反拣选作业约束的情况进行惩罚,惩罚系数设为堆垛机周转箱的体积 C 。

2.3 交叉

在优化过程中,选取适应度最差的几个粒子同全局最优的粒子进行交叉操作。首先,先选择两个交

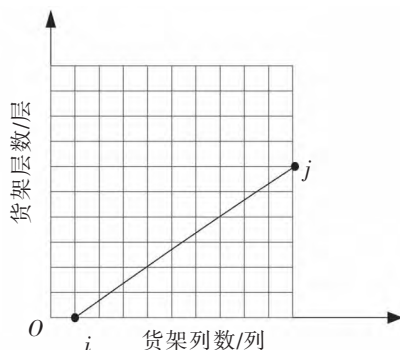


图 1 遍历货位示意图

叉位置,然后把个体和个体极值或个体和群体极值进行交叉。例如,选取的交叉位置为 2 和 4,交叉方法示意如下:

个体[7 9 6 10 1 2 4 5 3 8],个体极值或群体极值[9 6 7 2 1 10 3 8 4 5]交叉操作后,得到新个体为[7 6 6 2 1 2 4 5 3 8],产生新个体后,难免会出现一些重复的位置,需要用个体中没有的货位点来替换。方法如下:

新个体[7 6 6 2 1 2 4 5 3 8],调整后的个体[7 11 6 12 1 2 4 5 3 8],然后计算适应度值,只有当新粒子的适应度值优于旧粒子时,才更新粒子。

2.4 变异

变异操作是粒子自身变异得到新粒子,每次优化过程中,随机选择适应度最差的几个粒子进行变异,变异操作采用个体内部两位互换的方式,例如,选择变异的位置为 5,7,变异方法示意如下:

个体[7 9 6 10 1 2 4 5 3 8]变异后为[7 9 6 10 4 2 1 5 3 8],变异操作后计算适应度值,只有当新粒子的适应度值优于旧粒子时,才更新粒子。

为保持交叉变异操作后的粒子优化搜索的延续性,避免算法陷入局部最优解无法跳出,每隔几代才会进行上述变异和交叉操作,代数的选择根据初始种群的数量确定,这样可使失去有效搜索功能的停滞粒子跳出停滞状态而重新获得搜索功能,能够更好地保持粒子种群的多样性。

3 算例仿真实验

30 个货位点的位置坐标如表 1 所示。

表 1 货位与坐标

货位	1	2	3	4	5	6	7	8
坐标	(10,13)	(11,4)	(2,5)	(3,8)	(24,17)	(7,24)	(2,39)	(68,58)
货位	9	10	11	12	13	14	15	16
坐标	(71,24)	(83,6)	(64,60)	(18,54)	(22,60)	(54,60)	(91,38)	(25,38)
货位	17	18	19	20	21	22	23	24
坐标	(24,2)	(58,69)	(71,71)	(74,78)	(45,21)	(87,76)	(8,46)	(18,40)
货位	25	26	27	28	29	30		
坐标	(13,40)	(82,7)	(42,32)	(58,35)	(41,26)	(4,55)		

堆垛机作业优化算法流程如图 2 所示。

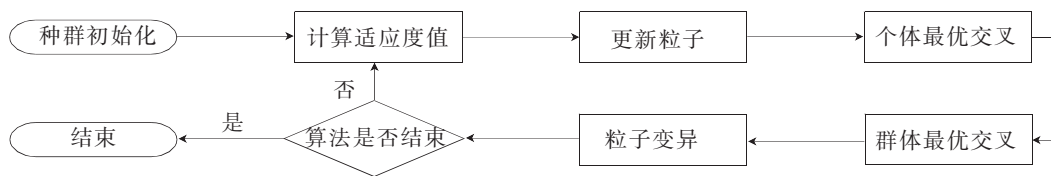


图 2 算法流程

其中,更新粒子模块根据粒子适应度值更新个体最优和群体最优;个体最优交叉把个体和个体最优粒子进行交叉得到新粒子;群体最优交叉把个体和群体最优粒子进行交叉得到新粒子;粒子变异是粒子自身变异得到新粒子。

在本案例中,利用 matlab2012 对路径优化进行仿真验证,参数设置如下:

货位点设置了 30 个,所以选择个体数目为 120 个,最大进化次数为 400,当算法迭代次数达到 400 时,算法终止。货物分布图如图 3 所示。从图 3 中可以看出,这些货物很分散,如果有一个很好的优化的路径则可以大大节约时间和成本。

路径优化收敛图如图 4 所示,从图中可以看出,当迭代次数达到 223 时,路径值不再发生变化,当迭代次数达到终止条件时,算法结束。

采集堆垛机路径优化过程中距离随迭代次数变化的数据如表 2 所示。

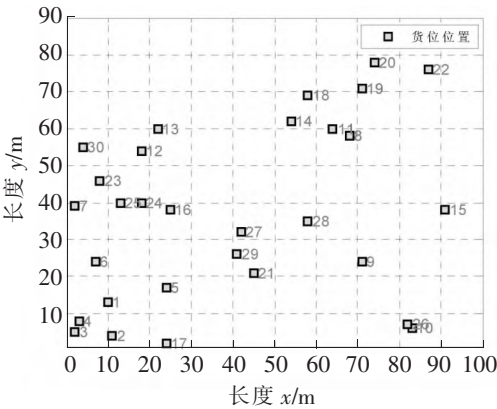


图 3 货位分布图

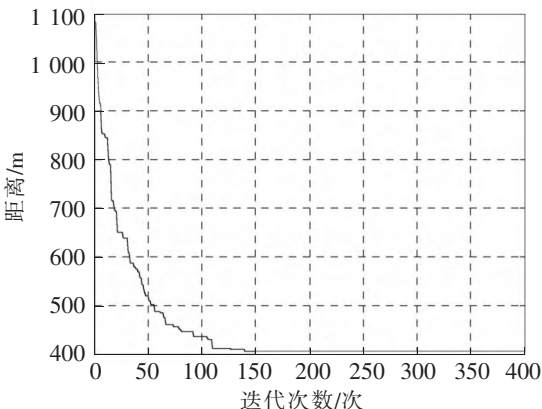


图 4 路径优化收敛图

表 2 优化仿真数据

迭代次数	20	40	60	80	100	120	140	151~400
路径长度	696.562 8	574.336 7	486.269 6	449.339 2	435.693 3	410.692 0	408.309 5	405.132 6

从表 2 中可以看出,迭代到 151 次时,出现最短路径,最短路径为 405.132 6 m,随着迭代次数的增加,最短路径不再发生变化。最短路径轨迹如图 5 所示。

为了验证遗传粒子群算法有效性,本文采用的实验数据来自文献[1],文献[1]中采用了解决该问题较好的遗传算法求解,本次实验结果与文献[1]中遗传算法结果相比较,对比结果如表 3。

从表 3 中可以看出,本文算法明显优于同等条件下的遗传算法,而且同等条件下遗传算法的运行时间远远大于本文算法的运行时间,再次说明本文算法的有效性。

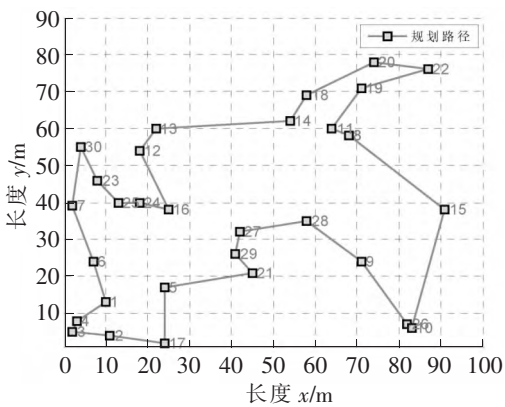


图 5 最短路径轨迹图

表 3 优化结果对比

遗传粒子群算法		遗传算法	
迭代次数	路径长度/m	迭代次数	路径长度/m
40	574.336 7	780	542.095 8
80	449.339 2	1 000	532.224 5
120	410.692 0	1 578	519.905 4
151~400	405.132 6	1 608~1 808	514.689 5

4 结论

首先分析了立体仓库堆垛机的作业特点,然后采样结合了遗传算法和粒子群算法两者优点的遗传粒子群算法对堆垛机路径优化问题进行求解,最后通过 matlab 软件进行了仿真验证。从仿真结果可以看出,求解的效果无论在收敛速度还是优化效果方面都有明显地提高,有效地减少了堆垛机系统拣选作业运行时间,提高了自动化仓库的作业效率。

参 考 文 献

[1] 万欣欣,陈君若,王中明,等. 基于遗传算法的堆垛机路径优化[J]. 新技术新工艺,2010(7):30-32.
[2] 刘剑,王鑫,张冬梅,等. 基于遗传算法的立体仓库堆垛机路径优化[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2010,26(5):1006-1016.

- [3] 周耿烈,冯无恙,胡赤兵. 基于改进自适应遗传算法求解机床制造企业立体仓库堆垛机路径优化问题[J]. 制造技术与机床,2012(4):66-70.
- [4] 张海军,张博,岳溥麻,等. 基于混合遗传算法的多巷道间移动拣选优化[J]. 计算机工程与应用,2014,50(16):243-249.
- [5] 田国会,张攀,尹建芹. 基于混合遗传算法的固定货架拣选优化问题研究[J]. 机械工程学报,2004,40(2):141-144.
- [6] 黄学飞,刘云霞,曹玉华. 基于粒子群算法的立体仓库系统堆垛机作业路线优化[J]. 起重运输机械,2007(10):26-29.
- [7] 俞靓亮,王万良,介婧. 基于混合粒子群优化算法的旅行商问题求解[J]. 计算机工程,2010,36(11):183-187.
- [8] 高尚,韩斌,吴小俊,等. 求解旅行商问题的混合粒子群优化算法[J]. 控制与决策,2004,19(11):1286-1289.
- [9] 华红艳,张丹. 基于蚁群算法的自动化仓库路径优化[J]. 计算技术与自动化,2010,29(1):51-54.
- [10] 杨文强. 基于智能方法的自动化立体仓库系统优化研究与应用[D]. 上海:上海大学,2013.
- [11] 曾强,张泽斌,杨龙飞. 有容量限制的自动化立体仓库堆垛机路径规划优化方法[J]. 机械设计与制造,2015(1):172-176.
- [12] 彭烨,涂海宁,顾嘉. 基于改进捕食搜索算法的堆垛机拣选路径优化[J]. 制造业自动化,2013,35(10):42-46.
- [13] 杨进,马漂亮,马良. 基于改进 SFLA 对立体仓库系统堆垛机作业路径的优化[J]. 数学的实践与认识,2014,44(12):224-232.

Stacker Job Path Optimization Based on Genetic Particle Swarm

Liu Kai, Niu Jiangchuan, Shen Yongjun, Li Sujuan

(School of Mechanical Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The route optimization of the stacker determines the operating efficiency of automatic storage and retrieval system. The mathematical model of stacker job is established, and the route optimization problem of the stacker is investigated by means of Genetic PSO. The algorithm uses genetic algorithm crossover and mutation, by particles and groups with individual extremes crossover and mutation particle itself way to search for the optimal solution. The simulation results show that, the speed and optimization convergence effect of the solving has been significantly improved, the picking operations time has been effectively reduced, and the operating efficiency of automatic storage and retrieval system has been improved, which is of reference value for practical application.

Key words: Genetic PSO; automated warehouse; picking operations; stacker