

物流中心高层货架拣选作业的路径优化^①

杜亚江, 王 娴

(兰州交通大学 机电技术研究所, 兰州 730070)

摘 要: 为满足拣选作业调度优化的要求, 针对拣选式高层货架仓库中拣选作业路径优化问题的特点, 利用人工鱼群算法对其数学模型进行求解. 通过对基于时间最短和基于路径最短的两种模型的特点进行分析, 提出可利用路径最短的目标条件对多个的拣选时间最优解来进行再次筛选来达到进一步优化, 并通过算例进行验证. 仿真结果不但验证了人工鱼群算法在优化拣选路径问题上的有效性, 也证明了在拣选时间最优解基础上进行最短路径筛选的可行性.

关键词: 拣选式高层货架; 拣选作业; 路径优化; 人工鱼群算法

Order Picking Optimization of High Rack in Logistics Center

DU Ya-Jiang, WANG Xian

(Mechanical and Electronic Technology Institute, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: For satisfying the demand of picking task scheduling, according to the optimization's features of the order-picking path in the book logistics center, the artificial fish-school swarm is used to solve the mathematical model. Through analyzing the characteristics of two models based on time-shortest and distance-shortest, it is put forward that the optimal solution of picking time can be sifted once again making use of the constraint condition of the shortest path to realize the second optimization, and this thinking is proved. The result is not only verified that the artificial fish-school swarm optimizing books-picking path is effective, but also proved that select the path that is distance-shortest from on the time-shortest solution.

Key word: pick stocker; order picking; path-chosen optimization; artificial fish-school swarm algorithm

近年来, 随着“绿色生产”概念的提出, 高效率、低成本和低消耗的工作模式成为自动化立体仓储系统中研究的热门话题. 拣选作业效率是制约整个自动化立体仓库工作效率的重要因素, 其成本对自动化仓库整体效率及服务水平有着较深的影响, 因而对于拣选路径的调度优化研究一直是当前工程优化领域的研究重点^[1,2]. 本文以某图书出版社物流中心为对象, 从提高效率和减少成本的调度优化角度出发, 对其高层固定货架系统中的拣选作业的优化问题进行了研究. 图书拣选具有多品种但批量少以及作业强度高的特点, 因此对拣选作业路径进行合理的规划将有效地提高拣选作业效率, 提高整体运营效益^[3].

人工鱼群算法(Artificial Fish-swarm Algorithm, 简称 AFSA)是群集智能优化算法中的典型方法之一, 对于求解 TSP 问题有着较为成熟的理论基础. 本文针对图书拣选的特点, 建立了基于时间最短的数学模型, 利用人工鱼群算法对其求解并对优化结果进行了分析. 通过分析仿真结果可知, 在图书拣选作业的某些情况中可以在基于拣选时间最短的基础上利用“路径最短”的目标条件进行进一步优化, 通过最终筛选后的路径可较好的满足拣选作业调度优化的要求^[4].

1 图书物流中心拣选作业描述

1.1 图书物流中心拣选作业流程

某出版社的图书物流中心兼具批发和销售的功能,

^① 基金项目:科技部“十二五”国家支撑科技计划(2012BAH20F05)

收稿时间:2013-02-27;收到修改稿时间:2013-03-26

配送中心的图书具有品种多、批量少的特点,且出版行业竞争力强. 据统计,在整个图书物流作业中,拣选作业是投入人力资源、设备资源、时间资源以及成本最多的环节,尤其在每年的作业高峰期,由于拣选效率的滞后往往造成出入库流程的不顺畅,成为整个出入库过程的瓶颈. 作为关键环节之一的拣选作业,其作业流程如图 1 所示.

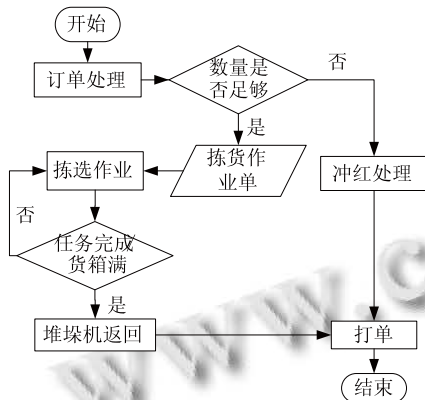


图 1 拣选作业流程图

1.2 数学模型的建立

该仓储中心中主要为高层固定式立体货架,货架共 15 排,每排货架分为 10 层 80 列共 800 个货位. 相邻的两排货架之间有一条巷道,每条巷道只有一台堆垛机运行进行货物的存取. 每次拣选作业中堆垛机携带空货箱从巷道口出发依次经过多个货位同时对图书进行存取,然后回到入口处将货箱转送至出货台完成一次拣选. 运行参数设定如下:

采用巷道式堆垛机,起重量 2t 以下,额定负载为 1500kg,其运动包括水平、垂直方向运动机货叉伸缩运动,由于货叉伸缩速度固定不变所以可以在优化中省略,并忽略启动与制动过程,取其水平运行速度为 2.5m/s,垂直升降速度为 0.75m/s,而且速度不因拣选顺序不同而改变;

每次拣选作业中每个待拣选货位只被拣选服务一次;

每次拣选任务中图书的总量不超过拣选货箱的容积和堆垛机最大载重.

如图 2 所示,图形结点为在单巷道内堆垛机需要存取的货位点,以坐标 (x,y) 标志,其中将货位点 $(0,0)$ 同时视为巷道口,并将其作为整个拣选作业的附加货位点. 单个货格宽度为 1.5m,高度为 1.5m.

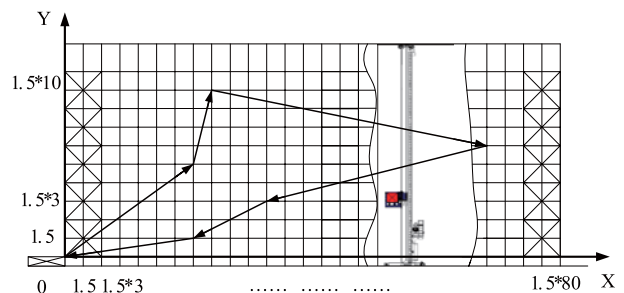


图 2 单巷道固定货架结构示意图

由以上模型参数可知堆垛机由 i 货位点运行到货位点 j 所花费的时间代价为:

$$T_{i,j} = \max \{ b | X_i - X_j | / V_x, h | Y_i - Y_j | / V_y \} \quad (1)$$

其中 (X_i, Y_i) 、 (X_j, Y_j) 为货位 i, j 的坐标; V_x, V_y 为堆垛机的水平和垂直速度.

构造数学模型如下:

$$f = \min \left(\sum_{k=1}^{n-1} T_{k,k+1} + T_{n,1} \right) \times X \quad (2)$$

其中 k 为货位号; T 是货位间运行所需的时间矩阵,如 T_{12} 表示第一个点到第二个点的拣选时间; X 是所进行拣选路径形成的 01 矩阵. $|X| \neq 0$ 表示矩阵满秩,即所有货位都可以被访问. 01 矩阵中, 1 表示拣选路径通过两货位点, 0 则表示未通过. 满足 $\sum_{i=1}^n X(i, j) = 1,$

$\sum_{j=1}^n X(i, j) = 1$ 保证一次仅通过同一货位点, 为待拣选货位总数.

1.3 基于时间最短模型的优点分析

拣选路径优化问题的数学模型的目标函数分为时间最短和路径最短两种. 在拣选过程中,堆垛机运行经过的总路程为水平行走距离与垂直升降距离之和,而堆垛机的水平行走和载货台的垂直升降分别由行走电机和提升电机两个不同的电机驱动,因此电机的不同转速可能导致会有如下情况出现:

- 1) 当距离相等但方向不同时,拣选作业的时间可能不同;
- 2) 距离较短的拣选作业可能比距离较长的拣选作业的拣货作业时间长.

因此,建立基于时间最短的模型比建立基于距离最短的模型更加适合解决堆垛机拣选作业问题. 但是距离的长短可以影响动力能源的消耗多少,因此最好兼顾拣选时间与拣选路径两方面的性能指标.

2 人工鱼群算法

人工鱼群算法是李晓磊博士在 2002 年提出的一种优化算法。由于鱼在水域中常常能自行或尾随其他鱼找到营养物质多的地方,因而鱼生存数目最多的地方一般就是本水域中营养物质最多的地方。就是根据这一特点,该算法通过构造人工鱼来模仿鱼群的觅食、聚群及追尾行为实现寻优,这是一种将鱼群觅食和生存方式引入优化参数形成的动物行为自治体寻优模式,其算法简单,可并行处理,能得到全局最优解^[5,6]。

2.1 人工鱼群算法的特点

人工鱼群算法采用自下而上的设计方法,对寻优空间的形式和性质没有特殊要求。算法具有良好自适应能力,克服局部极值、取得全局最优值的能力和较快的收敛速度,可用于许多优化模型的求解其特点如下:

1) 多个人工鱼并行的进行搜索,可通过大规模并行计算来提高计算速度;

2) 算法中仅使用了目标问题的函数值,而不需要其他推导,从而对问题的依赖性较小;

3) 算法的寻优规则是由概率决定的,而非盲目地穷举或完全随机搜索,总体是在步步向最优搜索,有很强的跳出局部极值的能力;

4) 随着工作状况或其他因素的变更造成的极值点的漂移,本算法具有快速跟踪变化的能力。

2.2 鱼群的行为描述

人工鱼个体的状态可用向量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 表示,其中 $x_i (i=1, \dots, n)$ 为欲寻优的变量, $YC = f(X)$ 表示当前位置的食物浓度, $d_{i,j} = \|X_i - X_j\|$ 表示两条人工鱼间的距离, $Visual$ 为视觉感知距离, $Step$ 为移动步长, δ 为拥挤度因子。

1) 觅食行为: 觅食行为可以保持人工鱼群体的多样性。人工鱼在其视野中探索一个状态,如果该状态优于目前状态,则向该方向前进一步;否则,随机移动一步,其表达式为:

$$\begin{cases} x_{next} = x_{ik} + Random(Step) \frac{x_{jk} - x_{ik}}{\|X_j - X_i\|} & YC_j > YC_i \\ x_{next} = x_{ik} + Random(Step) & YC_j \leq YC_i \end{cases} \quad (3)$$

2) 追尾行为: 追尾行为可以保证群体的收敛性。在其视野中搜寻伙伴,并找出它们中状态最优的一个,如果它的状态优于自身状态,则执行公式(4)向其方向前进一步;

$$x_{next} = x_{ik} + Random(Step) \frac{x_{maxk} - x_{ik}}{\|X_{max} - X_i\|} \quad (4)$$

3) 聚群行为: 聚群行为可以保证人工鱼群体的收敛性。在其视野中搜寻伙伴,并按式(5)找出它们的中心位置,如果其状态优于自身状态即满足(6)式,则执行式(7)向其中心位置前进一步;

$$x_{ck} = \left(\sum_{j=1}^{n_f} X_{jt} \right) / n_f \quad (5)$$

$$YC_c / n_f > \delta YC_i \quad (6)$$

$$x_{next} = x_{ik} + Random(Step) \frac{x_{ck} - x_{ik}}{\|X_c - X_k\|} \quad (7)$$

4) 移动策略: 将基本鱼群算法的行为评价,即对上述三种行为后的结果进行评价,根据指定的标准选择合适的行为替换为移动策略可以更有效的增强算法的效能;

5) 公告板: 公告板记录历史最优的状态。检查公告板,如果自身状态优于公告板状态,则将其改写为自身状态。

3 算法的实现

固定货架的单次拣选作业可归结为 TSP 问题,是典型的 NP-hard 问题^[7,8]。利用人工鱼群算法优化拣选路径,其具体实现步骤如下:

1) 参数的设定。对算法的相关参数进行设定: 人工鱼的群体规模 Fishnum, 最大迭代次数 Max-gen、拥挤度因子 Delta、人工鱼的感知距离 Visual 和觅食最多试探次数 Trynum 等参数;

2) 生成初始鱼群并计算其适应值。在搜索区域内找到每条人工鱼的初始位置并计算其当前位置和当前状态的食物浓度并带入目标函数得到人工鱼的初始位置的状态;

3) 公告板赋初值。将随机设置的一条鱼群的状态值(设置较大数值为宜)放到公告板上作为初始值,将浓度值作为评价指标经过数值比较后将较优状态记录并保留;

4) 移动策略。通过自身信息与环境信息的交互作为行为选择的依据来进行鱼群算法基本操作并计算新状态下的食物浓度,通过不断更新鱼群自身位置状态,始终向着较优方向前进,直到找到全局最优解;

5) 公告板更新。比较人工鱼每次移动后的状态和公告板状态(食物浓度值),若人工鱼状态优于公告板,则更新公告板,否则保持公告板状态不变;

6) 终止条件判断: 通过判断是否达到最大迭代次数来决定循环是否终止, 若循环终止则按公告板状态输出最优计算结果, 否则继续步骤 4);

7) 结束: 当满足终止条件时会将结果输出, 运行结束. 此时公告板中所记载的数据就是这次优化的最终结果, 输出公告板记录作为最优解.

4 算例分析

4.1 参数设定及仿真

拣选系统参数设定见 1.2 节, 算法参数为 Visual=10, Delta=0.8, Trynum=20, Fishnum=50; 使用以上参数对待拣选货物数 N=15 的拣选作业在 Matlab 环境下进行仿真实验.

拣选单中需要进行拣选的货物分布在除出入库台外的 14 个货位中, 在以出入库台为原点的坐标系中, 货位点的位置用坐标表示为: (0, 0)、(22, 1)、(11, 3)、

(23, 4)、(29, 2)、(38, 4)、(49, 1)、(62, 7)、(53, 5)、(46, 7)、(39, 3)、(29, 6)、(25, 8)、(20, 9)、(15, 7). 堆垛机从巷道口出发分别对 14 个货位点的货物进行拣选, 在任务完成后返回到出发点待命. 通过 30 次仿真运行, 每次迭代 100 代, 部分最优仿真结果如图 3 所示, 图 4 为随机产生的拣选路径, 其拣选时间为 218.8s.

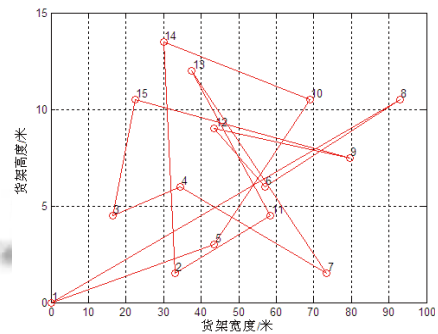


图 4 拣选时间为 218.8s 的随机拣选路径

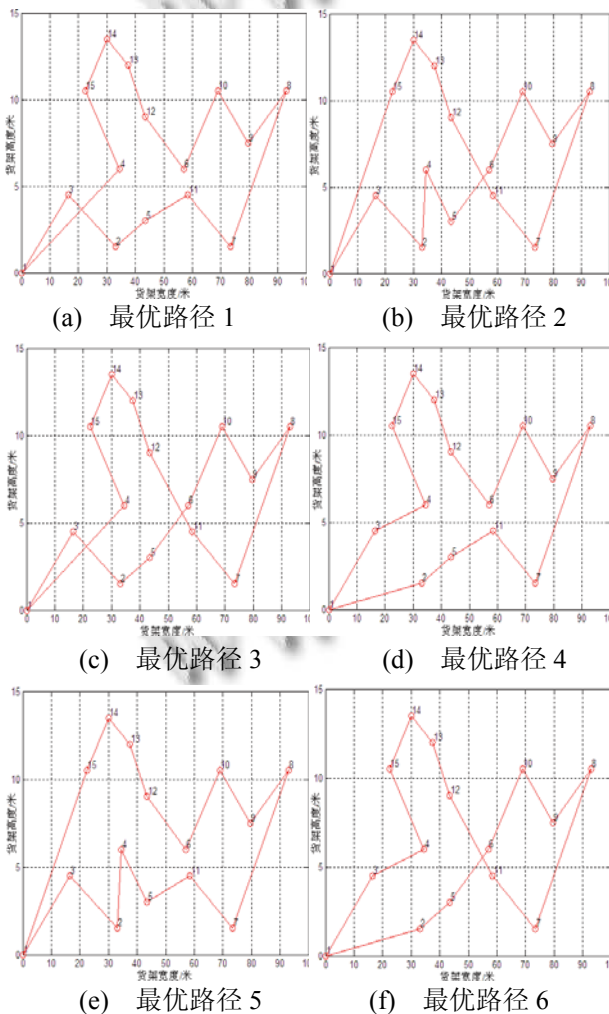


图 3 拣选时间为 93.2s 的最优路径

4.2 结果分析

在 30 次运算结果中, 最优拣选代价为 93.2s, 与随机时间相比, 优化率为 57.4%. 最优解出现的概率为 100%, 即结果全部收敛至全局最优解且平均拣选代价为 93.2s, 如图 3(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)所示的优化路径均为基于时间最短的数学模型的最优解, 可以明显看出虽然同为最优解但路径明显不同.

拣选作业中堆垛机的运行距离总长度为水平距离和垂直距离之和, 由此可计算出图 3 中的不同路径的总长度, 其长度分别为: 176m、166m、178m、172m、164m、174m. 从以上数据可看出在最优解中距离最长与最短相差 14m, 而最优解的时间与随机产生的拣选路径的时间相差 125.6s. 因此, 可以通过选取图 3(e)所示的路径进行拣选作业, 更好的满足拣选作业调度优化的要求.

5 结语

本文针对拣选式高层货架的拣选作业调度优化问题, 利用人工鱼群算法来对其时间最短的拣选路径模型进行求解. 其仿真结果表明, 利用人工鱼群算法能够明显地降低堆垛机的拣选作业时间, 提高其拣选效率; 另则, 可以在时间最优解的基础上利用“路径最短”来对其优化结果进行进一步优化, 从而做到高效率与低成本并重的拣选作业.

(下转第 135 页)

4 结语

本文基于对等模式的虚拟计算环境提出了一种加权随机调度算法,将资源属性分成静态和动态两部分分别评估.算法在保证将任务优先提交到性能最佳的资源基础上,使用加权随机策略、过载评估策略和反馈策略等,保证性能优异的节点不会超负荷运载,同时性能一般的资源有执行任务的可能,算法有效平衡了负载,具有较好的自适应性.

参考文献

- 1 张海宾,唐琳莎,刘立祥.网格调度综述.计算机工程与设计,2009,30(9):2151-2153,2190.
- 2 王琴,曾文华.网格资源调度算法的负载均衡及性能分析,2006,23(10):201-203.
- 3 王兴柱,曾庆怀.虚拟网格服务工作流的调度算法研究.计算机工程与设计,2009,10:2371-2374.
- 4 苏维华.多指标综合评价理论与方法问题研究[学位论文].厦门:厦门大学,2000.
- 5 张敏,于剑.基于划分的模糊聚类算法.软件学报,2004,15(6):858-869.
- 6 Eiben AE, Raué PE, Ruttky ZS. Genetic algorithms with multiparent recombination: Proc.of the 3rd Conference on Parallel Problem Solving from Nature: Springer-Verlag, 1994:78-87.
- 7 Colorni A, Dorigo M, Maniezzo V, et al. Distributed Optimization by Ant Colonies: European conference on artificial life paris france,1991:134-142.
- 8 Granville V, Kricanek M, Rasson JP. Simulated annealing: A Proof of convergence: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Washington, DC, USA:1994:652-656.

(上接第 163 页)

参考文献

- 1 Jeroen P, Van DB. Analytic Expressions for the Optimal Dwell Point in An Automated Storage/Retrieval System.International Production Economics, 2002,76(1):13-25.
- 2 Hu YH, Huang S, Chen CY, et al. Travel Time Analysis of a New Automated Storage and Retrieval System. Computers & Operations Research,2005,32(6):1514-1544.
- 3 张虹娟.基于蚁群算法的自动化立体仓库作业调度研究[学位论文].天津:天津理工大学,2008.
- 4 周永权,谢竹诚.求解 TSP 的改进人工鱼群算法.系统工程与电子技术,2009,31(6):1458-1461.
- 5 李晓磊,邵之江,钱积新.一种基于动物自治体的寻优模式:鱼群算法.系统工程理论与实践,2002,22(11):32-38.
- 6 李晓磊,路飞,田国会.组合优化问题的人工鱼群算法应用.山东大学学报,2004,34(5):64-67.
- 7 田国会,张攀.基于混合遗传算法的固定货架拣选优化问题研究.机械工程学报,2004,40(2):141-144.
- 8 田伟,田国会,张攀.应用改进 LK 算法求解固定货架拣选优化问题.计算机应用,2004,24(6):167-170.