

自动化仓库系统 AGV小车优化调度方法^{*}

柳赛男¹, 柯映林²

(1. 杭州电子科技大学, 杭州 310018; 2. 浙江大学 机械与能源学院, 杭州 310027)

摘要: 基于 AGV小车系统在仓库系统中只参与运输货品的特点, 分析了 AGV小车系统在仓库系统中的调度问题, 讨论了 AGV小车在仓库调度中的调度机制, 在分析问题的基础上建立其数学模型, 采用遗传算法对数学模型进行了求解, 详细地论述了编码、选择、交叉和变异操作的规则。仿真结果表明算法是可行的, 可以获得比较好的结果, 为 AGV小车系统在仓库系统中的调度提供了一种有效的实践途径。

关键词: 仓库系统; AGV小车; 遗传算法

中图分类号: TG659 TP391 **文献标识码:** A

Optimization for AGV in Automated Warehouse System

LIU Sai-nan¹, KE Ying-lin²

(1. Hangzhou Dianzi University Hangzhou 310018 China; 2. College of Mechanical and Energy Engineering Zhejiang University Hangzhou 310027 China)

Abstract

Key words

0 引言

AGV小车在制造系统中的应用比较多, 主要是输送相应的工件到相应的机床上进行加工, 如 AGV小车参与的车间调度问题。在车间调度问题中, 考虑 AGV小车对车间调度影响的研究目前并不多见^[1], 国外在这方面的研究^[2]主要集中在 AGV小车行走问题上, 至于 AGV小车对车间调度的影响, 仅考虑 AGV小车的运输能力对车间调度问题的影响^[3]。近年来, AGV小车也陆续使用到仓库系统中, 国内有 AGV小车的路径规划^[4]和智能避障问题^[5]的研究, 但对 AGV小车在仓库系统中的应用研究还不多见, AGV小车在仓库系统

中的作用是在货架出入库台、分拣系统和输送系统之间输送货品^[2], 使用 AGV小车系统可以提高整个仓库系统的运行效率, 研究其对仓库系统的影响具有一定的意义。

本章考虑了 AGV小车在仓库系统中的调度机制, 采用遗传算法对 AGV的调度问题进行研究, 在分析问题的基础上, 建立其数学模型, 给出了具体的遗传算法的编码、交叉和变异算子, 对算法进行了仿真验证, 证明了算法的合理性, 为 AGV小车在仓库系统中的调度提供了一种有效的方法和实践途径。

收稿日期: 2007-11-01

^{*}基金项目: 浙江省湖州市科技攻关项目(2004-05)

作者简介: 柳赛男(1977-), 女, 汉, 湖北宜昌人, 杭州电子科技大学讲师, 博士, 主要从事制造业信息化, CMS等方面研究, (E-mail) liusan_hzd@

163.com

1 问题的描述和模型建立

最优的 AGV 的调度策略,是在给定的一组搬运任务下,AGV 系统按照某种调度顺序进行工作,使任务完成的传送损失最小,一般可认为完成任务时 AGV 系统行走路径最短。对本文研究的 AGV 小车系统,假设以下条件成立:

(1) 假设每台小车的行走速度都是恒定的,并且相同,其制动和起动过程忽略不计。

(2) 假设每台小车在执行完当前任务后,就停靠在刚执行完任务的出入库台和分拣台旁边,并不回到原来位置。

(3) 假设出入库台和分拣台前后存放货品的缓冲区都足够的大。

(4) 假设每台小车在执行任务的行走过程中不会发生冲撞。

(5) 假设每台小车在执行完出库任务后,在相应的分拣台的下包台拾取货品,执行下一个入库任务。

AGV 小车在仓库系统中的调度目标为在给定的以上约束条件下,找到一种可行的调度方案使 AGV 小车系统完成搬运任务时行走路径最短。

按照问题的描述所建立的数学模型如下:

$$M \left(\sum_{i=1}^m D_i \right) \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

$$D_i = \| P_1 - P_2 \| + \| P_2 - P_3 \| + \dots + \| P_{n-1} - P_n \| \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad (2)$$

模型中,式(1)表示使 AGV 小车系统中所有运输任务的路径之和最小,其中, D_i 表示 AGV 小车在完成第 i 次运输任务时所行走的最小路径值,即 $D_i: P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow \dots \rightarrow P_n$, P_i 表示 AGV 小车在行走中的必经点。式(2)表示 D_i 的计算值,是所经过路径点的直线距离值。

将 AGV 小车系统中必经点,如装载点、卸载点、交叉点等有向图中的顶点相对应,那么有向图中的边,即表示 AGV 小车系统在行走中的路径,通过这种方法,可以得到 AGV 小车系统行走的有向图,如图 1 所示。

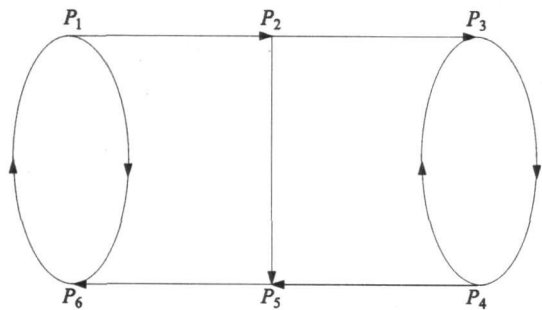


图 1 AGV 小车系统的有向图示例

2 调度策略

AGV 小车行走路径的遗传算法流程见图 2 所示,首先对 AGV 小车在仓库系统中的行走路线采用有向图进行表示,有向图中的点表示行走路径所经过的点,有向图的边表示两点之间的路径值,其次由遗传算法产生基于行走路径的染色体编码,然后按照适应度函数计算每条染色体的适应度函数值,接着判断是否满足终止条件,若满足终止条件,则输出最优解,若不满足,则对染色体进行选择、交叉和变异操作,继续计算经过算子操作后的染色体的适应度函数值,直到满足终止条件为止。

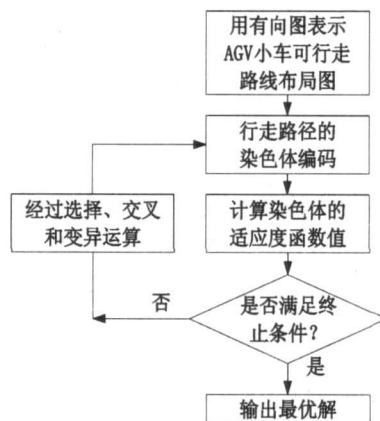


图 2 AGV 小车行走路径的遗传算法

考虑 AGV 小车在仓库系统中执行任务的特点,在上述假设条件的基础上,对 AGV 小车的调度采用以下的调度策略:

(1) 若 AGV 小车的当前任务已经完成,即小车空闲时,若有要运送的货品任务产生,就可触发 AGV 小车行走需要搬运货品的出入库台和分拣台。

(2) 若 AGV 小车的当前任务并未完成,当小车的当前任务一完成必须马上执行下一道运输任务。

(3) AGV 小车的当前任务完成后,只需停留执行完任务的出入库台和分拣台的旁边即可。

AGV 小车在执行任务的过程中遵循就近完成的原则,即由离需要执行任务的出入库台最近的能够执行任务的 AGV 小车来执行搬运任务。

3 算法设计

遗传算法与其他的启发式的调度算法相比,具有良好的鲁棒性,全局寻优,收敛速度快的特点,是一种求解最优化问题的较好的方法^[78]。

3.1 染色体的编码

染色体中每个基因表示行走中所经过的点,每条

染色体表示 AGV小车完成规定输送任务的行走方式, 基因的顺序表示行走的顺序, 染色体编码方式如图 3 所示。若在某次运输任务中 AGV小车依次经过 P_1, P_3, P_5, P_7, P_2 则染色体的编码为 $[1, 3, 5, 7, 2]$ 。

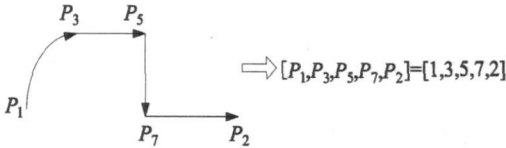


图 3 染色体的编码方式

3.2 选择、交叉和变异操作

(1) 选择

首先确定适应度函数为 $f = Q - \sum_{i=1}^m D_i$, Q 为足够大一正整数, 计算 $P_i = f / \sum f$ 然后通过轮盘赌法对种群内的染色体进行选择。

(2) 交叉

采用 Goldberg^[6] 提出的父代映射交叉法 (Partial mapped crossover), 在染色体群中随意选择两个染色体作为交叉操作的父代染色体, 然后随机选择两点, 交换父代染色体两点之间的基因代码, 得到子代原型染色体和基因之间的映射关系, 按照基因映射关系将子代染色体中重复的基因去掉, 最后得到子代染色体。交叉算子机理见图 4。

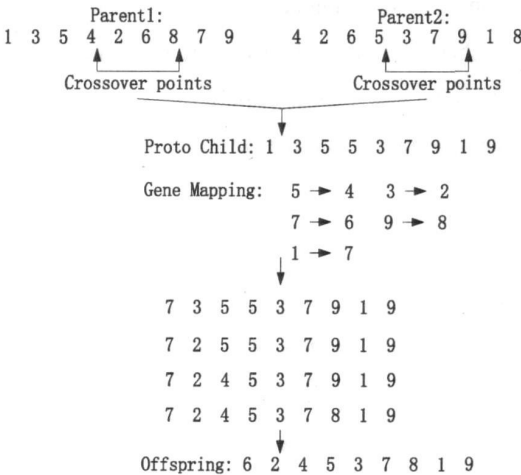


图 4 交叉算子机理图

(3) 变异

在变异操作中, 随机交换同一个染色体中的两个基因的位置即可完成变异操作。

4 仿真结果及分析

实验条件为出入库巷道有 3 条, 用 A B C 表示, 分别对应 3 个出库台和 3 个入库台, 分拣设备有 5 个,

用 D E F G H 表示, 分别对应 5 个分拣口的上下包台, AGV小车系统为 3 个出入库台和 5 个分拣上下包台服务, 每个 AGV小车都在导轨上自由运行, 共需要完成 40 个出入库任务, 这 40 个出入库任务在 3 条巷道随机分布。仓库系统出入库台和分拣口之间的 AGV行走有向图见图 5 可供 AGV小车系统行走设备之间的行走路径见表 1。在实验中, 采用前述的调度策略来寻求 AGV小车系统完成出入库任务的最优目标, 取种群规模 $pop=50$ 交叉概率 $P_c=0.6$ 变异概率 $P_m=0.01$ 最大允许进化代数 $Gen_{max}=50$ 。

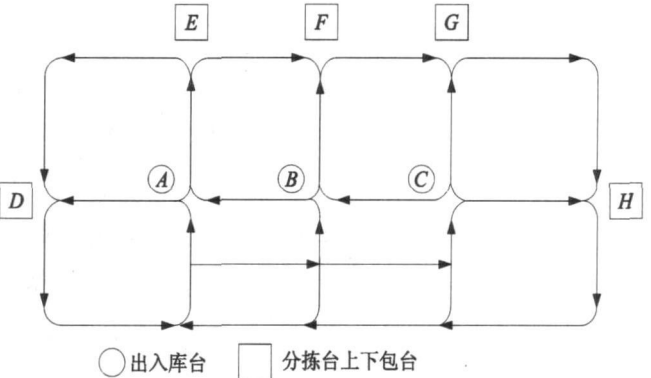


图 5 AGV小车系统行走路径有向图

表 1 AGV小车行走路径值

出库 / 入库最短路径值 (m)	D	E	F	G	H
A	10/30	10/50	20/80	30/70	50/50
B	20/40	20/60	10/70	20/60	40/40
C	30/50	30/70	20/60	10/50	10/30

由遗传算法得出的 AGV小车系统完成 40 次出入库运输任务的最短路径值为 1370m。而如果 40 次出入库运输任务分别由 A B C 三个巷道单独完成时的最短路径值分别为: 800m, 1200m, 800m; 由 A B C 三个巷道单独完成时的最长路径值分别为: 2000m, 1600m, 2000m。可见当出入库运输任务在三个巷道随机分布时, 由遗传算法得到完成出入库运输任务的最短路径值具有一定的合理性。

5 结论

采用一定的调度策略, 在本文所建立的数学模型的基础上, 应用遗传算法来解决有 AGV小车参与的自动化仓库系统的调度问题是可行的。仿真结果表明这种算法是比较有效的, 获得的结果也是比较理想的, 能为国内有 AGV小车参与的自动化仓库系统的调度提供一定的参考, 以后的研究可以在考虑比较复杂的 AGV小车的行走路线上, 结合 AGV小车的 TSP问题来研究对自动化仓库调度系统的作用。(下转第 30 页)

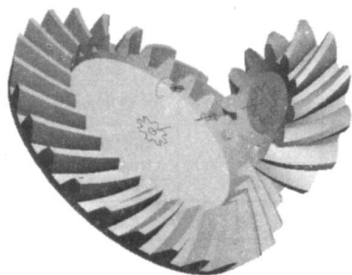




图7 齿轮副装配

和伺服电动机的设定,然后点击运行。点击图标 , 进行回放分析,在干涉一栏,选择全局干涉,点击图标 ,就可以进行干涉分析了。从图8标识区域可以看出齿轮发生了干涉。找到干涉区,分析产生干涉的原因,在切齿程序“参数调整对话框”中设定调整参数,重新切齿,直到得到满足使用要求的齿轮副为止。

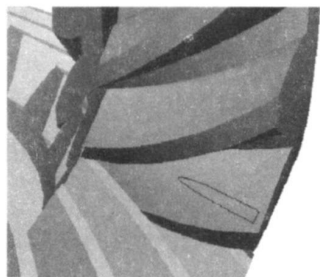


图8 齿轮副干涉图

5 结论

弧齿锥齿轮的三维实体模型基于实际的加工方法得到,可以模仿实际加工时众多的参数调整,因而能够实现弧齿锥齿轮的虚拟试切,所建立的三维模型为后续分析弧齿锥齿轮的各种性能打下了一个良好的基

础。通过计算机仿真在实际加工前即可看到干涉情况并进行加工参数的调整、修改直到满意为止,因此可以有效地缩短生产周期,降低生产成本,提高弧齿锥齿轮加工质量。

[参考文献]

- [1] ARGYRIS J, FUENTES A, LIIVN F L. Computerized integrated approach for design and stress analysis of spiral bevel gears[J]. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2002, 191(11/12): 1057—1095.
- [2] 孙殿柱, 董学朱. 真实齿面啮合分析[J]. 机械工程学报, 2000, 36(8): 98—101.
- [3] 王延忠, 周云飞, 李左章, 等. 基于通用五坐标数控机床螺旋锥齿 NC 加工研究[J]. 中国机械工程, 2001, 12(8): 903—906.
- [4] 张华, 邓效忠. 基于局部综合的非零变位弧齿锥齿轮切齿仿真[J]. 农业机械学报, 2007, 38(5): 204—206.
- [5] 方宗德, 刘涛, 邓效忠. 基于传动误差设计的弧齿锥齿轮啮合分析. 航空学报, 2002, 23(3): 226—230.
- [6] Vimos Simon. Computer simulation of tooth contact analysis of mismatched spiral bevel gears[J]. Mechanism and Machine Theory, 2007, 42(3): 365—381.
- [7] LIIVN F L, FUENTES A, HAYASAKA K. Design, manufacture stress analysis and experimental tests of low-noise high endurance spiral bevel gears[J]. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41(1): 83—118.
- [8] 北京齿轮厂. 螺旋锥齿轮[M]. 北京: 科学出版社, 1974.
- [9] 曾韬. 螺旋锥齿轮设计与加工[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1989.
- [10] 薛德余, 王勇. 基于实际切齿方法的弧齿锥齿轮三维造型[J]. 机械传动, 2005, 29(3): 24—26. (编辑 赵蓉)

(上接第 25 页)

[参考文献]

- [1] 何霆, 刘飞, 马玉林, 等. 车间调度问题研究[J]. 机械工程学报, 2000, 36(5): 97—102.
- [2] Iris F A, Viş. Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems[J]. European Journal of Operational research, 2006, 17: 677—709.
- [3] A Soukhail A, Oukmar, P. Martineau. Complexity of flow shop scheduling problems with transportation constraints[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 161: 32—41.
- [4] 朱华炳. 制造业生产物流系统规划与调度技术研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2005, 6.
- [5] 胡正兴, 李一民, 詹跃东. 自动导引小车局部智能避障的 A* 算法[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2005, 30(5): 51—54.
- [6] D Goldberg R, Ling, Allees bei and the traveling salesman Problem[C]. Proceedings of the First Conference on Genetic Algorithms, 1985, 154—159.
- [7] 王小平, 曹立明. 遗传算法—理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.
- [8] 吴祈宗. 运筹学与最优化方法[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003. (编辑 李秀敏)