

基于Levy改进GA算法的制造车间物料配送路径规划

丁航, 苏大体

(周口职业技术学院, 汽车与机电工程学院, 河南省周口市, 466000)

摘要 为了提高机加工时制造车间物料配送路径规划效率, 以鲁棒优化方式研究了处于不确定行驶时间下装配线制造车间物料配送路径规划过程。传统配送路径进行求解时属于一个不确定性分析过程, 先通过遗传算法确定可行解, 接着利用离散莱维方式完成局部搜索, 从而获得质量更优的解。研究结果表明: 提高不确定程度后, 复合约束要求解数量降低, 降低了染色体空间规模, 可以更快得到全局最优解。该研究有助于提高车间配送调控能力, 对实现自动化生产效率意义很大。

关键词 装配线; 路径规划; 鲁棒优化; 遗传算法

中图分类号: TH165 文献标识码: B

文章编号: 1008-0899(2026)04-0021-02

减少库存是制造车间提升运行效率与实现低成本生产的重要条件, 为达到控制库存的效果, 需保证准时化制造车间物料配送^[1]。针对混流大型生产装配车间配送调控能力差、配送过程监控困难、运输资源消耗大等问题, 开展制造车间物料配优化, 对实现自动化生产效率意义很大。混流生产车间物料配送存在准时化、路径的多样化问题, 这会大大降低配送效率。

关于制造车间物料配送路径规划在近些年获得了越来越多研究人员的关注^[2]。刘玉浩等^[3]开展了装配线物料的配送路径规划, 通过包含时间窗的配送路径规划方式实现建模和求解分析。朱伏平等^[4]建立了以配送成本最低为目标、约束条件下的物料配送路径优化模型, 采用基于禁忌搜索的改进遗传算法, 表现出很高的精度要求。近年来, 考虑不确定性的稳健最优算法研究逐渐获得应用推广, 建立了不确定运输时间条件下的装配线物料配送路径优化模型, 并通过基因算法对其进行求解。

1 路径规划模型

为制造车间物料配送设置下述路径: $G=(V, A)$, $V=\{0, 1, \dots, n\}$ 为工位节点组成的数据集, 0为配送中心, 先将车辆置于配送中心0, 完成配送后再反馈回

始位置, 之后继续进行配送; A为工位节点组成的弧。共包含K辆配送车, 总共进行n个工位配送。

针对所有工位分别配置车辆; 每辆车的载荷上限为Q, 选择长方体结构的车厢; 工位i物料量为 q_i , 运输期间共需a个料箱, 长宽高依次为 l_a, w_a, h_a ; 在满足最大载重量要求的情况下, 将各工位物料放入同一辆车, 并设定与车厢大小相匹配的料箱。 u_i 是第i个站点的时间。 $[e_i, b_i]$ 是时间窗口, 如果汽车在 e_i 前抵达, 则汽车保持等候状态。当比 b_i 更晚时间到则拒绝。

控制目标是在达到约束要求的情况下选择最佳配送路径, 从而确保车辆获得最短总距离:

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^k d_{ik} x_{ik} \quad (1)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad (2)$$

2 混合遗传算法

2.1 初始种群与适应度值评估

通过设置顺序编号的方法对染色体进行编码, 同时利用数字1至n来标识各工作站, 数字0代表配送中心, 字母K代表车辆总数。为了构建多元化种群, 采用随机策略来生成初始种群^[5]。

通过解析染色体的基因数据可以获得合适的行驶路线。再根据图1方式对染色体进行编码, 将首辆车行驶路线编码为0-1-3-7-0, 再将第二辆车行驶路线编码为0-2-4-5-6-0。采用交换两点基因值策略计算适应度, 通过非负数值衡量个体适应度, 引导种群进化方向并作为选择依据。

2.2 离散莱维飞行

作者简介: 丁航(1992~), 男, 河南周口人, 硕士, 助教, 研究方向: 电气自动化技术。

实施连续莱维飞行时,随机步长 $\lambda = u/|v|^{\beta}$, u 与 v 服从正态分布。

$$\sigma_u = \left(\frac{\Gamma(1+\beta)\sin(\pi\beta/2)}{\Gamma((1+\beta)/2)\beta^{(\beta-1)/2}} \right)^{1/\beta} \quad (3)$$

进行莱维飞行处理的条件为:当 $\lambda \leq 1$ 时,以随机方式设置路径,再对路径基因序列转换后,实现莱维飞行; $\lambda > 1$ 时,随机选取二个路径,由此实现路径邻域的搜索功能。再对离散莱维飞行数据集与初始数据集实施对比,根据低目标值染色体建立新种群后,再实施下一次进化直到满足迭代判断条件。

3 案例分析

3.1 案例描述

对本次选择的变速器装配车间开展分析,在生产流程中设置了9个工位。在制造车间物料配送期间通过二个同样的拖车实现,表1给出了拖车的各项参数。

表1 拖车规格参数

长/mm	宽/mm	高/mm	限重/kg
1320	1280	800	200

设定如下参数:样本数100,变异概率0.2,交叉概率0.8,迭代上限100。

深入分析不同路径方案与行驶时间的匹配性,采用蒙特卡罗模拟算法进行分析。对不确定行驶时间进行判断的步骤为:①设置路径方案;②生成N个 λ 参数下不确定行驶时间;③计算解可行性参数,确定解在现有路径相关系数参数下满足可行性的概率。

3.2 案例结果分析

依次测定 λ 在0、0.1、0.5、1下结果差异性。 λ 为0时代表结果中不包含不确定因素干扰, λ 为0.1、0.5、1时属于不确定程度为低、中、高的状态。不同 λ 下行驶距离结果见图1,不同 λ 下目标值统计见表2。

从图1中可知,随着迭代次数的增加,送物料设备行驶距离表现出基本单调减小的变化规律。可见算法计算效率越高得到的优化结果越好。随着 λ 的增加,行驶距离区间越小,进一步表明较大的 λ 能获得更大行驶距离。

从图表2中可知,送料距离跟 λ 之间存在关联。提高 λ 后,目标值达到了更快的收敛速率,这是因为

提高不确定程度后,复合约束要求解数量降低,降低了染色体空间规模,可以更快地得到全局最优解。当 λ 由0增加到0.5时,目标值表现出增加的变化规律,表明较大的 λ 能够有助于提高算法的运算精度。这是因为较大的 λ 有助于消除行驶时间中不确定因素的影响,能够有效地获得更大行驶距离。

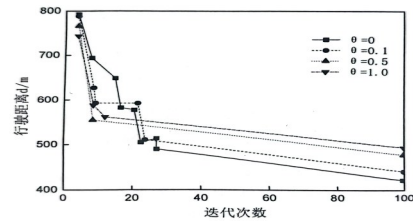


图1 不同 λ 下行驶距离结果

表2 不同 λ 下目标值统计

λ	路径方案	目标值
0	0-3-5-7-8-9-0-1-2-4-6-0	416
0.1	0-2-4-6-8-9-0-1-3-5-7-0	475
0.5	0-1-3-5-7-9-0-2-4-6-8-0	532
1	0-1-3-4-8-0-2-5-6-7-9-0	541

4 结论

本文开展基于Levy改进GA算法的制造车间物料配送路径规划分析。提高不确定程度后,复合约束要求解数量降低,降低了染色体空间规模,可以更快得到全局最优解。较大的 λ 能够有助于提高算法的运算精度,能够有效地获得更大行驶距离。

参考文献

- [1] 童傅娇,徐进,张守京.考虑工位优先级的智能车间双向制造车间物料配送路径规划[J].机电工程,2021,38(11):1465-1471.
- [2] 郑广珠,杨晓英,张瑞敏,等.基于双层规划的多供应商制造车间物料配送期量优化[J].计算机应用与软件,2021,38(07):87-92.
- [3] 张家骅,李爱平,刘雪梅.行驶时间区间不确定的装配线制造车间物料配送路径规划[J].中国机械工程,2021,32(18):2239-2246.
- [4] 刘玉浩,姜兆亮,阚平,等.发动机装配线关键工位物料动态配送方法[J].包装工程,2021,42(21):239-246.
- [5] 朱伏平,曹婷婷.基于时间窗约束的车间物料配送路径优化方法[J].机械设计与制造,2023(01):136-139+144.