

基于改进遗传算法的 AGV 路径规划

苑光明, 翟云飞, 丁承君, 张 鹏

(河北工业大学 机械工程学院, 天津 300132)

[摘 要] 针对 AGV 在自动化生产线中原有路径规划算法存在路径拐弯次数多, 不利于 AGV 自动控制的问题, 提出了一种改进遗传算法。为提高 AGV 运行的效率, 该算法引入了拐弯因素。针对在路径规划中传统遗传算法收敛速度慢的问题, 结合分层方法, 改进传统的精英保留策略。在算法进化过程中, 根据个体适应度的变化动态调整交叉概率和变异概率, 加快算法的收敛速度。Matlab 仿真实验结果显示: 改进遗传算法能够规划出一条更合理的路径, 相比较传统方法减少了转弯次数, 改善了搜索路径质量, 表明该算法可以满足自动化生产线 AGV 路径规划的要求。

[关键词] 自动导航车; 路径规划; 改进遗传算法; 转弯次数

[中图分类号] TP 273 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0310(2018)01-0065-05

AGV Path Planning Based on Improved Genetic Algorithm

Yuan Guangming, Zhai Yunfei, Ding Chengjun, Zhang Peng

(Institute of Mechanical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300132, China)

Abstract: In order to solve the problem that the path planning algorithm in AGV automation production line has the number of turns, which is not conducive to the automatic control of AGV, an improved genetic algorithm is proposed. In order to improve the efficiency of AGV automatic control, the algorithm introduces the turning factor. Aiming at the problem of slow convergence of the path planning in the traditional genetic algorithm, the traditional elitism strategy is improved with hierarchical method. In the process of evolutionary algorithm, the crossover probability and mutation probability are dynamically adjusted according to the change of individual fitness, and the convergence speed of the algorithm is accelerated. Matlab simulation results show that the improved genetic algorithm can plan a more reasonable path, and the number of turns is reduced compared with the traditional methods, and the quality of the search path has been improved, which show that the algorithm can meet the requirements of automated production line AGV path planning.

Keywords: Automated Guided Vehicle (AGV); Path planning; Improved genetic algorithm; Turn times

0 引言

随着自动化技术的不断发展, 目前国内大部分

制造业, 尤其是在汽车制造、制药等劳动力密集的制造企业, 传统的物料运输方式效率低, 柔性较差, 且需要的人工量大, 对于企业来说难以达到其高效

[收稿日期] 2017-09-09

[基金项目] 天津市科技支撑计划项目(14ZCDZGX00811), 天津市科技支撑计划项目(13ZCZDZX01200), 天津市产学研合作项目(14ZCZDSF00025)。

[第一作者简介] 苑光明(1967—), 男, 河北廊坊人, 河北工业大学机械工程学院教授, 博士, 主要研究方向为机械电子、嵌入式系统。

[通讯作者] 翟云飞(1991—), 男, 河北邢台人, 河北工业大学机械工程学院硕士研究生, 主要研究方向为机械电子、嵌入式系统。E-mail: 953810949@qq.com

生产的要求。为了克服这种现状,相关领域积极引入 AGV(Automated Guided Vehicle) 自动导航车,达到物料运输的目的^[1-2]。AGV 在实际应用中仍然有一些需要解决的问题,路径规划是其中比较重要的一个问题,当 AGV 收到调度系统下达的任务后,会自动规划出 1 条从当前位置到达目标位置的路径,该路径需要优化的方面有行程时间、行程距离、所需能耗等^[3]。AGV 路径规划可以抽象建模成多目标优化问题,多目标通过惩罚函数使其成为单目标优化问题^[4]。智能算法相比较传统算法具有全局搜索能力强、搜索效率高、易于实施等优点,已经被应用在很多复杂问题的求解中^[5]。遗传算法是模仿自然界生物进化机制发展起来的随机全局搜索优化方法,具有算法效率高、鲁棒性强、可实现并行搜索等特点^[6],被广泛用于解决人工智能、路径规划等领域的问题。

1 问题描述

在自动化生产线的 AGV 路径规划中,从当前位置到目标位置需要找到一条最优路径。大部分路径规划的最优路径为最短路径,也有部分路径规划考虑到路径转弯次数对 AGV 运行的影响,并在传统算法基础上引入了转弯因素^[7]。但传统算法搜索效率低,不能保证搜索到全局最优解。本文所研究的最优路径具有路径短、转弯次数少等特点。

在生产车间 AGV 运行区域中,可以分为装卸货物区域、工位区和行走线路。图 1 是车间的 AGV 运行环境地图(长度单位为 m),本文将其简化为无向的连接图,该连接图由工作站点、线路转弯节点及行走线路组成。例如 AGV 收到任务从站点 7 到站点 32,此时的最短路径不止 1 条。7-8-9-10-18-19-20-31-32 是其中一条最短路径,但路径转弯次数多,降低了 AGV 的运行效率,传统的遗传算法无法在多个最短路径中得到转弯次数更少的路径。

2 改进的遗传算法

本文应用改进遗传算法求解最优路径,适应度函数包括路径长度和惩罚函数。将分层算法应用到精英策略中,改进的精英策略确保种群多样性的同时,优良个体能遗传到下一代。种群的选择操作采用改进的精英策略和轮盘赌规则^[8],根据适应度变化动态调整交叉概率和变异概率的取值,图 2 是改进的遗传算法流程图。

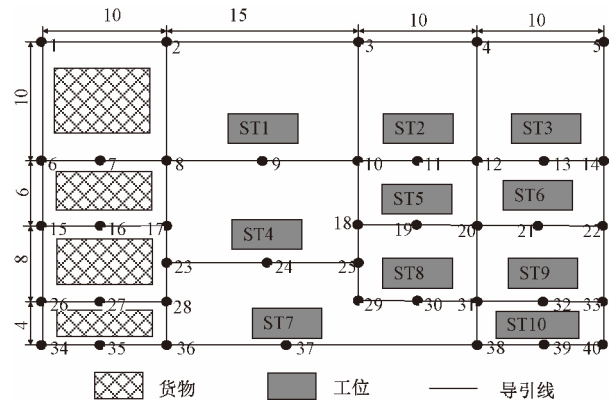


图 1 AGV 运行环境地图

Fig. 1 AGV operating environment map

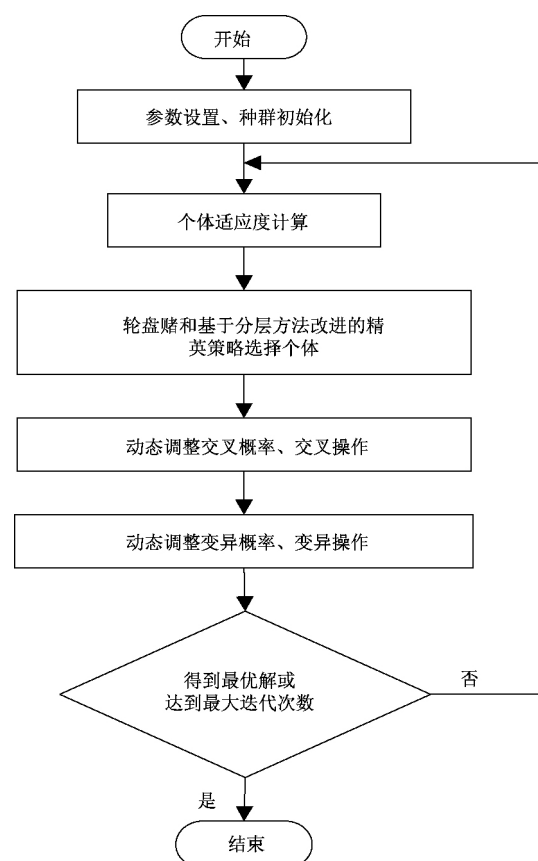


图 2 改进遗传算法的 AGV 路径规划流程图

Fig. 2 An improved genetic algorithm for AGV path planning

2.1 遗传算法路径规划模型建立

遗传算法中的每 1 条染色体,对应着遗传算法的 1 个解决方案,在 AGV 路径规划中,基因是由起始点、目标点和 AGV 经过的若干个点组成。本文采用实数对基因进行编码,相对于二进制编码在求解过程中具有效率高、占用存储空间少及编码更加灵活等优点。如图 3 所示, X_1 Y_1 起点、 X_n Y_n 目标点和 $n-2$ 个中间点构成了 1 条携带从起点到目标

点 AGV 路径信息的染色体。

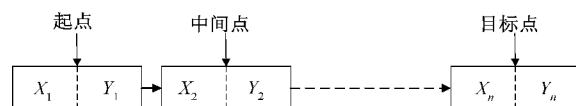


图3 携带 n 个基因的染色体

Fig. 3 Carrying chromosomes of n genes

2.2 基于分层方法的选择算子设计

为了选出优秀的个体,使优良的基因得以延续,要采用精英选择策略。传统的精英选择策略是将适应度高的个体(一般是适应度排名为前 10% 的个体)直接复制到下一代,由于这种方法只是保留了适应度最高的一小部分个体,随着迭代次数的增加,种群多样性会快速降低,容易得到局部最优解而非全局最优解^[9]。本文将种群以适应度函数为标准分成 4 个层次 a 、 b 、 c 、 d ,处在 4 个层次中的个体其适应度满足 (1) 式, F_i 是个体的适应度值。

$$F_a > F_b > F_c > F_d. \quad (1)$$

其中 a 、 b 、 c 这 3 个层次的个体直接复制到下一代,保证种群基因的多样性,原则上 a 层次个体的数量少于 b 层次的, b 层次个体数量少于 c 层次的。本文初始种群数 50,分别取 a 、 b 、 c 层次个体数量为 1、2、3 个,种群中剩下的个体为 d 层次。每次迭代更新种群后,先按分层方法操作 a 、 b 、 c 这 3 个层次个体,再按轮盘赌规则选择个体复制到下一代。

2.3 交叉算子和变异算子设计

交叉操作是对自然界的基因重组过程进行模拟,是遗传算法产生新个体的主要方法。本文采用部分映射方式进行染色体的交叉操作,生成两个随机数 m 、 n ,将 x 、 y 染色体位于 m 和 n 之间的基因片段互换。变异操作模拟自然界基因突变的过程,迭代过程中染色体上的基因会随机发生突变来产生新个体。

在算法进化过程中,交叉和变异概率影响着算法的局部和全局搜索能力,固定的交叉概率和变异概率无法保证算法较快地收敛并搜索到全局最优解^[10]。本文根据算法进化过程中个体适应度的变化,动态调整 P_c 和 P_m ,交叉和变异概率公式如 (2) 和 (3):

$$P_c = P_{cmax} - \frac{(P_{cmax} - P_{cmin})(F_c - F_{min})}{F_{max} - F_{min}}, \quad (2)$$

$$P_m = P_{mmax} - \frac{(P_{mmax} - P_{mmin})(F_m - F_{min})}{F_{max} - F_{min}}. \quad (3)$$

式中: P_{cmax} 和 P_{mmax} 分别表示交叉概率和变异概率的最大值; P_{cmin} 和 P_{mmin} 分别表示交叉概率和变异概率的最小值; F_{max} 和 F_{min} 分别表示种群中最大适应度值和最小适应度值, F_c 表示两个要交叉个体中较大的适应度值, F_m 表示要变异个体的适应度值。

2.4 适应度函数设计

在遗传算法中,适应度函数是评判种群中个体存活能力的标准,它是依据目标函数确定的。适应度函数是非负的并且和目标函数不完全对应,在问题求解中适应度函数的值越大越好。在 AGV 路径规划中,适应度函数的首要指标是路径长度,除此之外还有路径能耗等指标^[11]。本文的 AGV 路径规划目标是路径最短和更少的转弯次数,因此引入了惩罚系数 α ,在这里适应度函数值和目标函数值呈负相关关系,一条路径转弯次数越多其目标函数值越大,适应度值越小,在进行选择操作时个体被保留下来的概率越小。目标函数如式 (4):

$$f = \sum_{i=1}^{n-1} d(p_i, p_{i+1}) + \alpha m(v - v_i) \frac{\pi}{2} \frac{r}{v_i}. \quad (4)$$

式中: f 为目标函数; $d(p_i, p_{i+1})$ 表示基因点 p_i 和 p_{i+1} 连接形成线段的距离; α 为惩罚系数,一般取 $\alpha \geq 1$; m 为路径染色体上全部节点连接起来时的转弯次数, $m = 0$ 时路径为直线; v 是 AGV 直线行走时的速度, v_i 是 AGV 转弯时的速度,假设 v 和 v_i 大小恒定, v_i 小于 v ; r 是 AGV 转弯半径。

3 算法仿真及分析

在 Matlab 2013 环境下对算法进行仿真,参数设置如下: $\alpha = 2$, $\rho = 1.5$, $r = 1$ 。分别采用传统遗传算法和本文改进的遗传算法,去搜索站点 7 到站点 32 的最优路径,得到遗传算法的收敛曲线,在不同的初始化种群条件下进行多次仿真,绝大多数能得到如图 4 所示的结果,可以看出改进的遗传算法相比于传统的遗传算法迭代次数少,收敛速度较快,提高了搜索效率;在极少数情况下出现了如图 5 所示的结果,可以看出传统遗传算法陷入了局部最优,改进的遗传算法具有更好的全局搜索能力。

将 A^* 算法、传统的遗传算法和改进的遗传算法的搜索结果进行对比,如表 1 所示,可以看出 3 种算法都能搜索到最短路径,但从起始点到目标点有多条最短路径时,3 种算法搜索出来的路径会有不同。

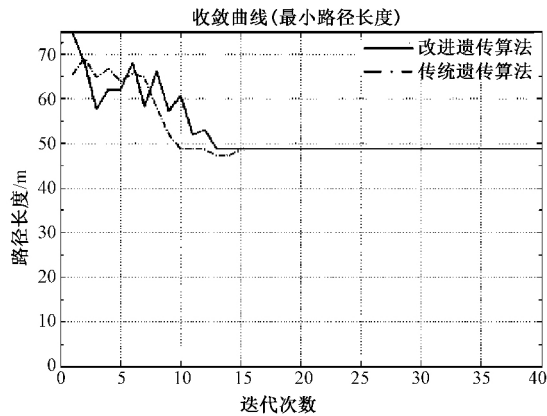


图 4 从站点 7 到站点 32 的遗传算法收敛曲线
Fig. 4 Genetic algorithm convergence curve from site 7 to site 32

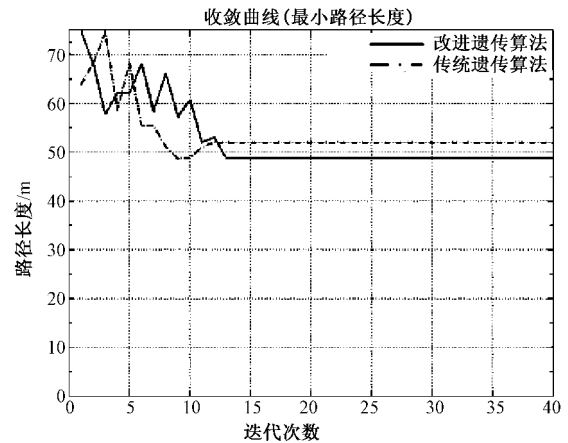


图 5 传统遗传算法陷入局部最优时的收敛曲线
Fig. 5 Convergence curve of traditional genetic algorithm in local optimum

表 1 算法仿真结果对比

Table 1 Comparison of simulation results

算法	规划的路径	路径长度/m	算法迭代次数	转弯次数
A* 算法	7-8-9-10-18-19-20-31-32	49	21	4
传统的遗传算法	7-8-9-10-18-19-20-31-32	49	15	4
本文改进的遗传算法	7-8-9-10-18-25-29-30-31-32	49	13	2

为了进一步验证改进遗传算法的有效性,去搜索站点 27 到站点 13 的最优路径,得到路径 27-28-23-17-8-9-10-11-12-13,转弯次数为 2 次,成功地从长度相同最大转弯次数为 5 次的最短路径集合中找到了转弯次数最少的路径,算法收敛曲线如图 6 所示,可以看出改进遗传算法的收敛速度更快。改进的遗传算法能够高效地搜索到转弯次数更少的路径,相比于其他路径更有利于 AGV 的自动控制,具有明显的优势。

4 结束语

针对 AGV 在自动化生产线中原有路径规划算法存在路径转弯次数多,不利于 AGV 自动控制的问题,本文将规划路径的拐弯次数作为仅次于路径长度的评价指标,引入转弯因素作为惩罚函数进行适应度函数的设计,采用分层方法进行遗传算法的选择算子设计,并根据适应度变化动态调整交叉概率和变异概率的取值,得到改进的遗传算法。Matlab 仿真结果证明改进的遗传算法搜索到的路

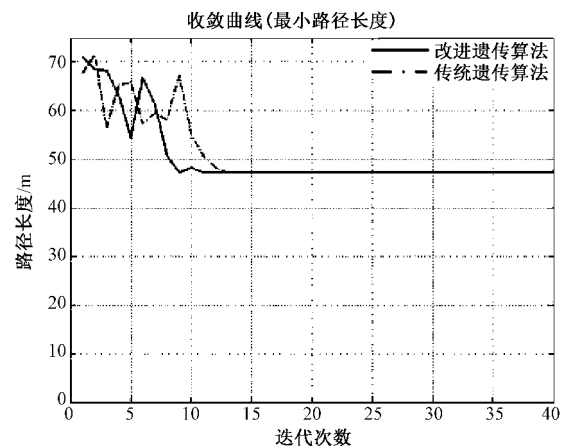


图 6 从站点 27 到站点 13 的遗传算法收敛曲线
Fig. 6 Genetic algorithm convergence curve from site 27 to site 13

径拐弯次数更少,提高了 AGV 的运行效率;改进的遗传算法和传统遗传算法相比具有搜索速度快、收敛性能好的优点。

【参考文献】

- [1] 冯海双. AGV 自动运输系统调度及路径规划的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.
- [2] 王殿君. 基于改进 A* 算法的室内移动机器人路径规划[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2012, 52(8): 1085-1089.
- [3] 张超勇, 饶运清, 李培根, 等. 求解作业车间调度问题的一种改进遗传算法[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(8):

966 – 970.

- [4] 李伟光 苏霞. 基于改进 A* 算法的 AGV 路径规划 [J]. 现代制造工程 2015(10) : 33 – 36.
- [5] Johnson F , Vega J , Cabrera G , et al. Ant colony system for a problem in reverse logistic [J]. Studies in Informatics & Control , 2015 , 24(2) : 133 – 140.
- [6] 徐翔 梁瑞仕 杨会志. 基于改进遗传算法的智能体路径规划仿真 [J]. 计算机仿真 2014 , 31(6) : 357 – 361.
- [7] 王红卫 , 马勇 , 谢勇 等. 基于平滑 A* 算法的移动机器人路径规划 [J]. 同济大学学报(自然科学版) 2010 , 38(11) : 1647 – 1650 + 1655.
- [8] 王辉 朱龙彪 朱天成 等. 基于粒子群遗传算法的泊车系统路径规划研究 [J]. 工程设计学报 2016 , 23(2) : 195 – 200.
- [9] 刘二辉 姚锡凡. 基于改进遗传算法的自动导引小车路径规划及其实现平台 [J]. 计算机集成制造系统 2017 , 23(3) : 465 – 472.
- [10] 黄超. 基于无线网络的 AGV 系统路径规划的研究 [D]. 上海: 华东理工大学 2015.
- [11] 于海璁 陆锋. 一种基于遗传算法的多模式多标准路径规划方法 [J]. 测绘学报 2014 , 43(1) : 89 – 96.

(责任编辑 白丽媛)