

仓库多AGV双向通道路径规划研究

黄冠鹏

山东科技大学 山东 青岛 266590

摘要: 为了应对多个AGV在运行过程中可能发生碰撞、死锁等影响运行效率的问题,在仓库的环境下,将实际运行场景在Python环境下模拟为栅格图,使用改进A*算法进行路径规划,并采用双向通道设计,加入双向通行规则。通过改进前后的运行效率对比,验证了改进A*算法和双向通道在减少搜索节点和防止绕AGV绕路方面的优越性。

关键词: 路径规划; AGV; A*算法; 双向通道

引言

近年来,我国制造业持续快速发展,规模不断扩大。自动导向车(Automated Guided Vehicle, AGV)是指装备有电磁或光学等自动导引装置,能够沿规定的导引路径行驶,具有安全保护以及各种移载功能的运输车^[1]。其作为智能物流系统的核心设备,可以实现无人自动运输、存储、配送等功能,在许多制造企业的智能仓储系统中已被广泛应用^[2-4]。

多AGV之间的路径冲突主要分为碰撞和死锁。在多AGV系统中,死锁是指两个或两个以上的AGV在运行的过程中,由于争夺同一个节点或者路径,相互等待对方解除对资源的占用而造成无限等待的现象^[5]。而碰撞一般出现在路径的交点,也有可能由多AGV间的速度差导致^[6]。

当前,一些智能化仓库采用的是单向通道的设计,这意味着AGV只能按照固定方向在通道内移动。这种设计存在一定的局限性,不能灵活应对复杂多变的工作环境:首先,单向通道大大限制了AGV的自主运动能力,当AGV的预设路线被阻塞时,需要绕道运输,降低了工作效率。其次,随着AGV数量的增加,仓库内AGV的交通流量会大幅提升。这时如果仍沿用单向通道,很容易造成通道拥堵、AGV的碰撞甚至死锁。一次死锁可能会引起系统瘫痪,严重影响仓储作业的正常进行。

当前,已有一些学者针对单向通道可能发生的碰撞或死锁问题进行了研究。Lin^[7]等提出了一种改进的带概率容错文化PSO算法用于多AGV路径规划,通过双层框架实现了任务分配、容错和避障。Tyler^[8]等提出了一种基于改进蚁群算法的AGV自动导引车避障路径选择方法,采用局部滚动预测二维模型中AGV是否与动态障碍物发生碰撞。Liang^[9]等提出了一种用于AGV路线规划的三阶段集成调度算法,建立道路网络模型,优化AGV在道路网络中的路径,并利用避碰控制模型对AGV进行速度控制。

在双向通道中,对向来车不存在对路径资源的竞

争,因此不会出现死锁的情况,这在仓库多AGV运行下具有天然的优越性。然而,关于仓库双向通道的相关研究却相对较少。因此,本文设计了一种改进A*算法帮助AGV规划路径,同时加入了双向通行规则,在防碰撞的同时提高AGV的运行效率。通过这些措施,可以最小化运输路径,避免碰撞情况的发生。

1 模型建立

本文的优化目标主要有两个,一是最小化运输路径,二是避免碰撞。从这两个优化目标出发,开始建立数学模型。

1.1 最小化运输路径

首先,对AGV从一点到另一点的行驶距离 d_{ij} ,据前文,设定目标函数:

$$D = \min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} \quad (1)$$

1.2 碰撞避免

当碰撞即将发生时,需要根据不同情景设置避障策略,为了便于表述,引入以下坐标集。 C_m^n 表示在AGV_n的路径中序号为m的节点的坐标。 τ_m^n 表示AGV_n沿所规划的路径从当前节点到达节点m所需要的时间。 δ 表示碰撞发生的时间窗。 R 代表所有十字路口的坐标集合; T 代表所有T字型交叉路口的坐标集合; N 代表所有非通道区域的坐标集合; H 代表所有左右走向的通道的坐标集合,但不包括十字路口和T字型路口; L 代表所有上下走向的通道的坐标集合,但不包括十字路口和T字型路口。

$$C_\alpha^1, C_\beta^2 \subseteq R \quad (2)$$

$$C_\alpha^1, C_\beta^2 \subseteq T \quad (3)$$

$$C_{\alpha-2}^1 \subseteq H \cap C_{\beta-2}^2 \subseteq L \text{ or } C_{\alpha-2}^1 \subseteq L \cap C_{\beta-2}^2 \subseteq H \quad (4)$$

$$C_{\alpha-2}^1 \subseteq H \cap C_{\beta-2}^2 \subseteq H \text{ or } C_{\alpha-2}^1 \subseteq L \cap C_{\beta-2}^2 \subseteq L \quad (5)$$

满足式(2),说明碰撞即将发生在十字路口,而,满足式(3),则说明碰撞将发生在T字型路口。

满足式(4)时,说明两辆AGV同时来自横向通道

或者纵向通道。如果AGV_1横向移动，而AGV_2纵向移动，则此种情形中的避碰策略如下：如果， $C_{\alpha-1}^1 \subseteq H$ 那么AGV_1在节点 $\alpha-1$ 处等待，直到AGV_2通过拟碰撞点。如果 $C_{\alpha-1}^1 \not\subseteq H$ ，则AGV_1在节点 $\alpha-2$ 处等待，直到AGV_2通过拟碰撞点。

满足式(5)时，说明两辆AGV同时来自横向通道或者纵向通道。具体的避碰策略需要取决于 $\tau_{\alpha+1}^1$ 和 $\tau_{\beta+1}^2$ 的大小。如果 $\tau_{\alpha+1}^1 > \tau_{\beta+1}^2$ ，AGV_2通过拟碰撞点所需要的时间相对较短，所以AGV_1应该在节点 $\alpha-1$ 处等待，直到AGV_2通过拟碰撞点。反之，则AGV_2需要在节点 $\beta-1$ 处等待，直到AGV_1通过拟碰撞点。

2 算法改进

A*算法是一种启发式搜索算法，用于寻找图或图的网络中的最短路径。A*算法在搜索过程中维护两个值： $g(n)$ 和 $h(n)$ 。其中， $g(n)$ 表示从起始节点到节点 n 的实际路径成本， $h(n)$ 表示从节点 n 到目标节点的估计路径成本（启发式评估函数）。这两个值的和 $f(n)$ 即为从起始节点到目标节点经过节点 n 的总成本。

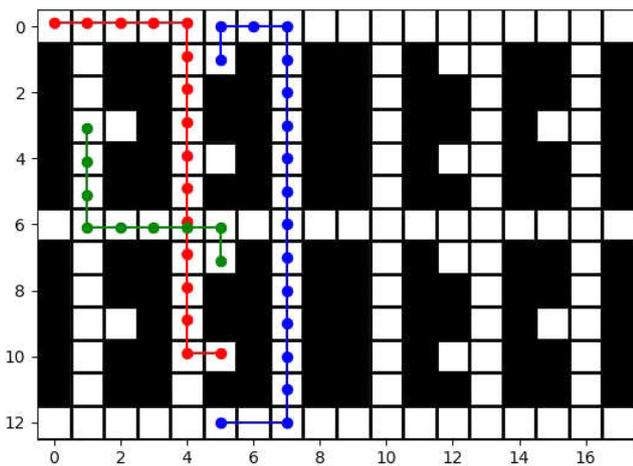


图1 改进前AGV路径规划结果

可以看到，在单向通道中，为避免1号AGV和2号AGV迎面相撞，2号AGV只能选择绕路行驶，这导致最终的行驶路径长度被延长了。且因为在A*算法中加入了权重函数，使得其可以更快收敛，提升了搜索效率。

4 结束语

为满足AGV在仓库方面路径规划需求，本文在传统A*算法基础上，通过设计碰撞避免策略、添加权重函数、考虑双向通行规则，提出了一种改进的A*算法。通过与改进前A*算法的仿真结果对比得出，改进后的算法能够更快地找到全局最优路径，减少了搜索时间和计算资源的消耗，同时防止AGV因单向通道相遇而产生的绕路情况，对仓库多AGV路径规划是行之有效的。

要满足搜索速度加快同时路径最优，需要在预估代价与实际代价之间保证一个平衡性，这就要求预估代价不能是一成不变的，由于预估代价与实际代价的大小关系为实际代价大时搜索慢，因此想到在行进过程中与目标的距离关系是逐渐变小的，而且越靠近目标点，需要遍历较多的点保证路径规划的成功率，因此本文引入一个权重系数，由它来改变预估代价的函数值，实现 $h(n)$ 的大小可变，由于在路径最开始时，重要的是快速往目标点移动，快要到目标点时，重要的是移向目标点。由此原理，可以在开始时设置一个较大的权重，随着逐渐靠近终点的位置，权重逐渐变小。除此之外，本文还在改进A*算法中加入了双向通行规则，以适应双向通道的环境。

3 仿真分析

在H企业某原料库中，设坐标格式为(y, x)。1号AGV从点(0, 0)出发，目的地为(10, 5)；2号AGV从点(12, 5)出发，目的地为(1, 5)；3号AGV从点(3, 1)出发，目的地为(7, 5)。改进前路径规划如图1所示，改进后路径规划结果如图2所示。

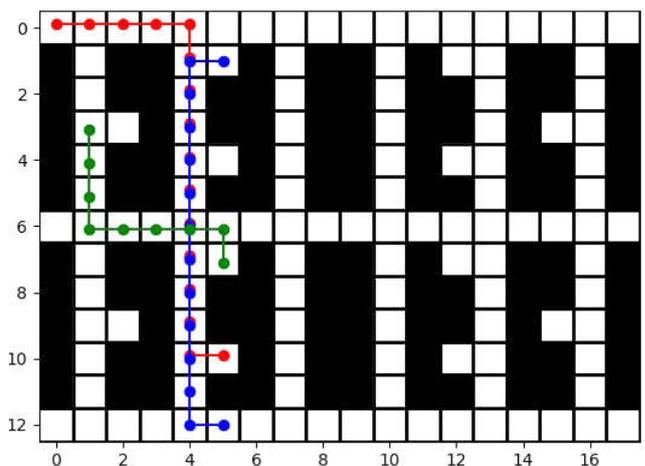


图2 改进后AGV路径规划结果

参考文献

- [1]孟祥铭,王雨萌.贸易便利化水平对我国跨境电商出口影响的实证分析[J].沈阳工业大学学报(社会科学版),2023,16(03):235-244.
- [2]Amirteimoori Arash,Tirkolaee Erfan Babae,Simic Vladimir,et al. A parallel heuristic for hybrid job shop scheduling problem considering conflict-free AGV routing[J]. Swarm and Evolutionary Computation,2023, 79.
- [3]Schneier M,Bostelman R.Literature Review of Mobile Robots for Manufacturing[M].Gaithers-burg:U. S.Deptartmet of Commerce,National In-stitute of Stan-dards and Technology,2015.

- [4]Munadi M,Radityo Bagas,Ariyanto Mochammad,et al. Automated guided vehicle (AGV) lane-keeping assist based on computer vision, and fuzzy logic control under varying light intensity [J]. Results in Engineering,2024:101678.
- [5]陈果,何代钰,欧阳博,等.基于链状结构保持的多AGV系统灵活高效死锁避免控制策略[J].机器人,2023,45(05):591-602.
- [6]Zhang Z, Guo Q, Chen J, et al. Collision-free route planning for multiple agvs in an automated warehouse based on collision classification[J].IEEE Access,2018,6:26022-26035.
- [7]Lin,S.W.,Liu,A.,Wang,J.G.,Kong,X.Y.An improved fault-tolerant cultural-PSO with probability for multi-AGV path planning[J]Expert Systems With Applications.2024,237.
- [8]Tyler,B.Research on obstacle avoidance path selection of AGV based on improved ant colony algorithm[J]Computer Informatization and Mechanical System.2023,6:1-5.
- [9]Liang,C.J.,Zhang,Y.,Dong,L.A Three Stage Optimal Scheduling Algorithm for AGV Route Planning Considering Collision Avoidance under Speed Control Strategy[J]Mathematics.2022,11:138.