

一、研究内容

在静态栅格地图环境下，针对传统蚁群算法在机器人全局路径规划中存在无法找到最短路径，路径搜索盲目性大，拐点多和路径不平滑问题，提出一种贝塞尔曲线融合双向蚁群算法。

二、研究方法

1. 引入双向蚂蚁路径搜索策略，提高蚂蚁全局搜索能力；
2. 改进启发式函数，使路径搜索更具有目的性；
3. 采用路径交叉策略产生新解，能够获得更优解；
4. 采用只更新有效路径上信息素的全局信息素更新方式，避免无效路径的干扰；
5. 动态调节信息素挥发系数并设置信息素的取值范围；
6. 应用改进的贝塞尔曲线优化路径，能够根据机器人需求调节平滑程度。

三、创新点

1. 双向搜索策略

将所有蚂蚁平均分成两组，一组从起点向目标点搜索（正向搜索），一组从目标点向起点搜索（反向搜索），路径搜索时轮流交替从两个方向进行搜索，即先正向的一只蚂蚁进行路径搜索，终止条件为到达目标点或发生“死锁”或相遇，后由反向的一只蚂蚁进行路径搜索，与前一只蚂蚁相遇（包括起点和目标点，在这两点相遇，可理解为正向或反向蚂蚁搜索路径成功，是相遇情况中的特殊情况）或者发生“死锁”，再由正向蚂蚁进行路径搜索，如此反复。为了区别正向蚂蚁和反向蚂蚁路径搜索，用A0表示蚂蚁从起点出发进行路径搜索，用A1表示蚂蚁从目标点出发进行路径搜索。

2. 改进启发函数

(1) 正向蚂蚁A0路径搜索的启发函数

$$\eta_{jE}^{A0} = \frac{1}{d_{jE}} = \frac{1}{\sqrt{(x_j - x_E)^2 + (y_j - y_E)^2}}$$

(2) 反向蚂蚁A1路径搜索的启发函数

$$\eta_{bS}^{A1} = \frac{1}{d_{bS}} = \frac{1}{\sqrt{(x_b - x_S)^2 + (y_b - y_S)^2}}$$

3. 路径交叉策略

双向蚁群算法能够快速搜索出一条有效路径，在此基础上，当有两条有效路径存在路径重叠部分，即它们有除了起点和目标点之外的交叉点，满足上述条件可进行路径交叉。若存在多个交叉点，依次进行判断此路路段是否更短，交叉完成后，整条路径是否最短，若不是，继续保留之前的最短路径，若是，将其更新为当前最优路径。若存在一个交叉点，方法同上，路径交叉前后示意图如图1和图2所示。

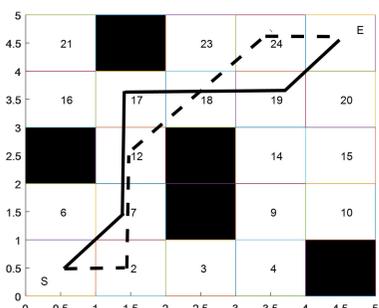


图1 路径交叉前

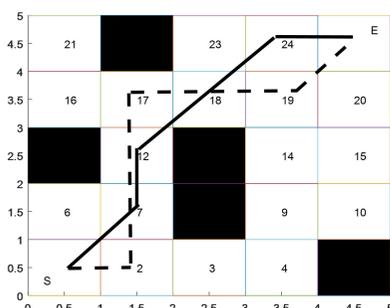
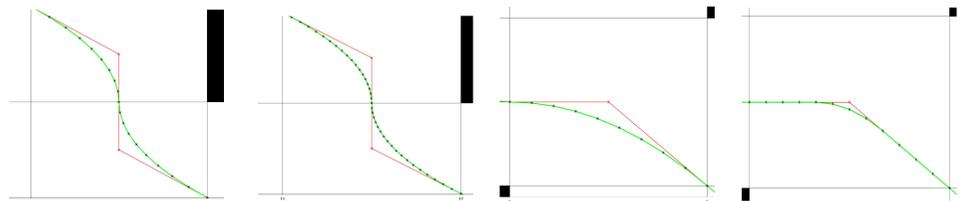


图2 路径交叉后

4. 路径平滑策略

传统蚁群算法在栅格环境下规划的路径转折较多，机器人行走在这样的路径上会消耗大量的能量，因此，引入贝塞尔曲线进行平滑。

根据机器人对路径平滑精度要求的不同，从曲线分割点和插入控制点数目方面进行研究，处理结果如图3所示。

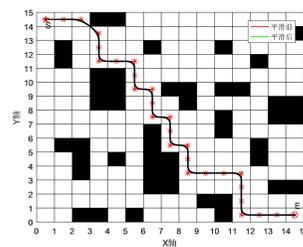


(a) 点的数目较少 (b) 点的数目较多 (c) 一个控制点 (d) 多个控制点

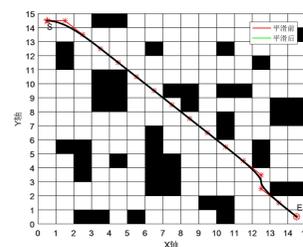
图3 曲线处理结果

四、实验结果

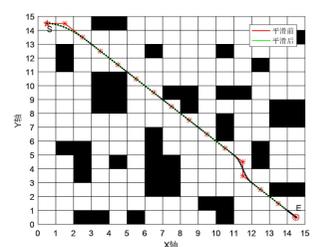
1. 简单环境



传统蚁群算法



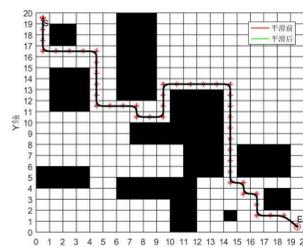
文献[13]算法



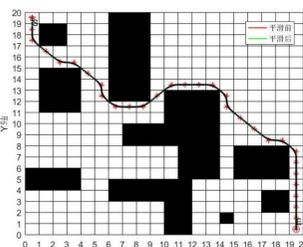
本文算法

算法	路径长度				拐点数目				迭代次数		平滑路径	
	最优值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	均值	最小值		
传统算法	27.414 2	35.414 2	29.379 1	1.58	9	24	15.5	3.20	28.3	24.256 1		
文献[13]	20.384 8	20.384 8	20.384 8	0	3	4	3.8	0.38	5.5	20.060 2		
本文算法	20.384 8	20.384 8	20.384 8	0	3	4	3.7	0.45	3.9	20.092 1		

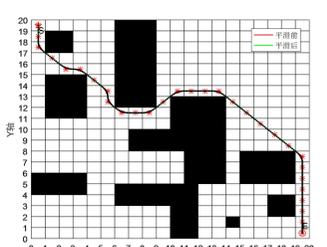
2. 复杂环境



传统蚁群算法



文献[13]算法



本文算法

算法	路径长度				拐点数目				迭代次数		平滑路径	
	最优值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差	平均值	最小值		
传统算法	44.000 0	81.414 2	52.305 1	6.41	8	41	21.5	6.39	30.8	41.348 2		
文献[13]	34.970 6	38.627 4	37.087 4	0.88	7	19	13.6	2.24	20.2	34.065 0		
本文算法	34.384 8	34.970 6	34.794 8	0.27	10	15	12.2	1.74	17.9	33.788 0		

五、实验结论

引入双向路径搜索方式，能够提高解的构造效率；双向策略与路径交叉策略的结合能够提高解的多样性；把目标点的信息加入启发式函数中，增加路径搜索的目的性，间接地也改进了概率转移公式，使蚂蚁更倾向于距离目标点近的下一节点转移；采用有效路径的信息素更新方式，避免无效路径的干扰；添加动态调整挥发系数公式，避免算法陷入早熟；对贝塞尔曲线进行了相应的改进，增加控制点使曲线优化的路径更加安全，也对曲线进行了分割，可以满足对路径平滑度不同的需求，通过上述的论述，验证了本文算法的可行性、有效性和优越性。