

doi: 10.7690/bgzdh.2018.04.016

## 移动机器人路径规划技术

陈 辉, 张 燕, 夏庆锋

(南京大学金陵学院机器人实验室, 南京 210089)

**摘要:** 为使移动机器人在实际地图环境中自主根据算法规划行走最短路径, 研究 A\*、蚁群和遗传算法的实际应用。通过仿真和控制变量方法, 将 3 种算法在模拟地图环境中进行最短路径规划, 对比不同算法在不同复杂程度地图上的规划效果, 找出实际地图环境中算法应用的规律, 并通过多次测试与仿真修改。仿真结果表明: A\*算法在实际地图环境中应用效果最佳, 移动机器人能够自主根据 A\*算法规划出最短路径。

**关键词:** 移动机器人; 路径规划; A\*算法; 蚁群算法; 遗传算法

**中图分类号:** TP24 **文献标志码:** A

## Mobile Robot Path Planning Technology

Chen Hui, Zhang Yan, Xia Qingfeng

(Robotics Laboratory, Nanjing University Jinling College, Nanjing 210089, China)

**Abstract:** For realizing the mobile robot independently plan and walk the shortest path according to algorithm in the actual map environment, research the actual application of A\*, ant colony and genetic algorithm. Through the methods of simulation and controlling variable, 3 algorithms above are used to plan shortest path in the analogous map. Comparing the planning effect of different algorithms in different complex maps, the rules of the algorithms applied in the actual map will be easily concluded, then modify it by multi tests and simulations. The simulation results show that A\* algorithm is the best in the actual map environment application. The mobile robot has been able to plan and walk the shortest path according to A\* algorithm.

**Keywords:** mobile robot; path planning; A\* algorithm; ant colony algorithm; genetic algorithm

### 0 引言

随着科学技术的快速发展, 机器人技术对未来各行各业的发展有着非凡的应用前景, 而计算机与传感器的快速发展又给机器人技术的发展提供了基础条件和技术支持。所谓移动机器人, 就是一种通过传感器来感知和探测周围未知环境, 并在收到命令后进行自主移动的智能系统<sup>[1]</sup>。而路径规划作为移动机器人研究领域中的一个重要分支, 是指移动机器人按照某一性能指标搜索一条从起始状态到目标状态的最优或次优路径<sup>[2]</sup>, 可以分为基于已知模型环境的全局路径规划和基于未知环境的局部路径规划<sup>[3]</sup>。笔者针对目前已有的路径规划算法展开研究, 通过编写并仿真 A\*、蚁群和遗传算法, 对比它们在不同模拟环境下的仿真结果, 找出实际应用规律。

### 1 A\*、蚁群以及遗传算法简介

A\*算法在人工智能中是一种典型的启发式搜

索算法<sup>[4]</sup>, 即移动机器人会预估路径规划时所搜索的点的代价值, 该代价值是通过猜测得到的, 并非实际测量所得<sup>[5]</sup>。A\*算法中每个节点的代价值由预估代价函数  $F$  决定, 即  $F=G+H$ 。其中:  $G$  为起点到当下点的实际代价值, 即根据路径移到指定方格的移动耗费;  $H$  为当下点到终点的预估代价值<sup>[6]</sup>。蚁群算法是一种求解复杂组合优化问题的模拟进化算法, 是一种基于种群的启发式仿生进化算法<sup>[7]</sup>。该算法具有较强的鲁棒性、优良的分布式计算机制、易于与其他方法相结合等优点<sup>[8]</sup>。遗传算法由美国的 J.Holland 教授在 1975 年首先提出, 是一种借鉴生物界进化规律(“适者生存、优胜劣汰”遗传机制)演化而来的随机化搜索方法<sup>[9]</sup>。

### 2 简单与复杂应用环境下的模拟仿真

#### 2.1 A\*算法的仿真

A\*算法的编写思路过程如图 1 所示。

收稿日期: 2018-01-15; 修回日期: 2018-02-08

基金项目: 2015 年江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB510013); 2016 年南京大学金陵学院教学改革与研究立项项目(0010521607)

作者简介: 陈 辉(1994—), 男, 江苏人, 本科, 从事电子信息科学与技术、机器人技术研究。

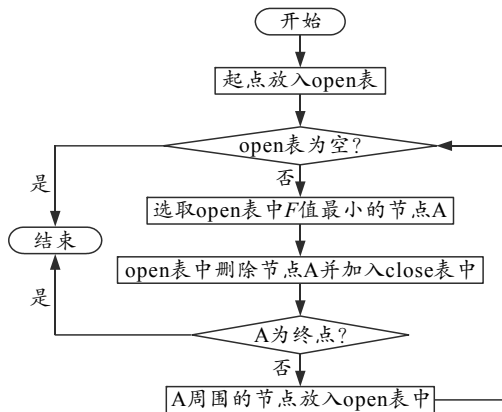


图 1 A\*算法编写思路过程

运用 Matlab 软件, 分别选取较为简单和复杂的模拟地图进行仿真测试, 具体结果如下:

图 2 所示是一个 23×23 的网格, 其中黑色直线表示用 A\*算法规划出的最优路径, 圆所在的方格代表障碍物, 其他方格代表无障碍区域, 黑色方格代表起点和终点 (“S” 代表起点, “E” 代表终点)。若令起始点为(3,20), 目标点为(10,10), 假设方格间的直线距离为 1 cm, 对角线距离为  $\sqrt{2}$  cm, 故该条路径的长度为  $2+\sqrt{2}+1+\sqrt{2} \times 6=(3+7\sqrt{2})$  cm。

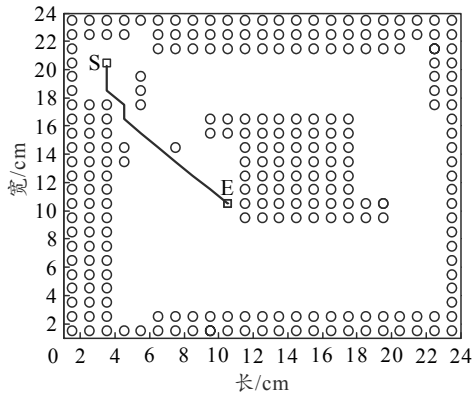


图 2 简单模拟地图下的 A\*算法仿真

当模拟环境比较复杂时, 可规划出的路径如图 3 所示。该条路径经过计算可得长度为  $(8+9\sqrt{2})$  cm。

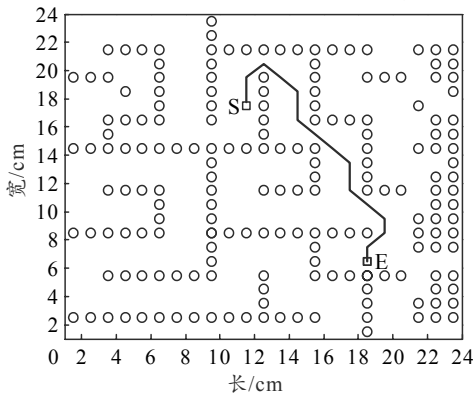


图 3 复杂模拟地图下的 A\*算法仿真

### 2.2 蚁群算法的仿真

蚁群算法的基本编写思路过程如图 4 所示。

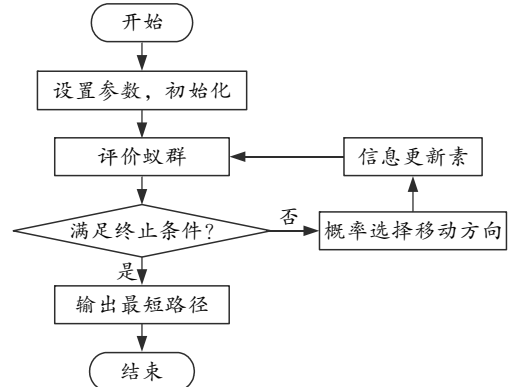


图 4 蚁群算法编写思路过程

运用 Matlab 软件, 分别选取较为简单和复杂的模拟地图进行仿真测试, 具体结果如下:

图 5 所示是一个 23×23 的网格, 其中黑色线段表示用蚁群算法规划出的多条最优路径, 黑色方格代表障碍物, 白色方格代表无障碍区域。假设方格间的直线距离为 1 cm, 对角线距离为  $\sqrt{2}$  cm, 则图中规划出的多条最优路径的长度为:  $1+\sqrt{2}+2+\sqrt{2} \times 6=(3+7\sqrt{2})$  cm。由于该模拟地图与图 2 一致, 设置的起点和终点也一致, 且不论何种算法规划出的最优路径长度都为  $(3+7\sqrt{2})$  cm, 故上述多条最优路径与 A\*算法规划出的最优路径一致。

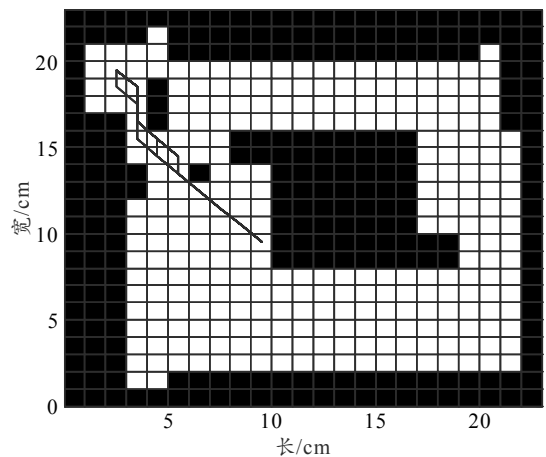


图 5 简单模拟地图下的蚁群算法仿真

当模拟环境比较复杂时, 可规划出的最优路径如图 6 所示。该条路径经过计算可得长度为  $(12+9\sqrt{2})$  cm。由于该模拟地图与图 3 一致, 设置的起点和终点也一致, 而 A\*算法规划出的最优路径长度为  $(8+9\sqrt{2})$  cm, 故上述最优路径必然不是最短路径。

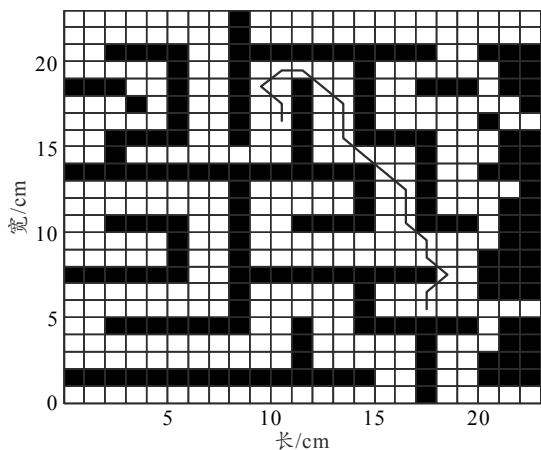


图 6 复杂模拟地图下的蚁群算法仿真

由于蚁群算法规划路径时具有随机性，故可能仿真出其他最优路径，如图 7 所示。经过计算，该路径长度为  $(8+10\sqrt{2})$  cm，显然大于  $(8+9\sqrt{2})$  cm，故该条最优路径也不是最短路径。

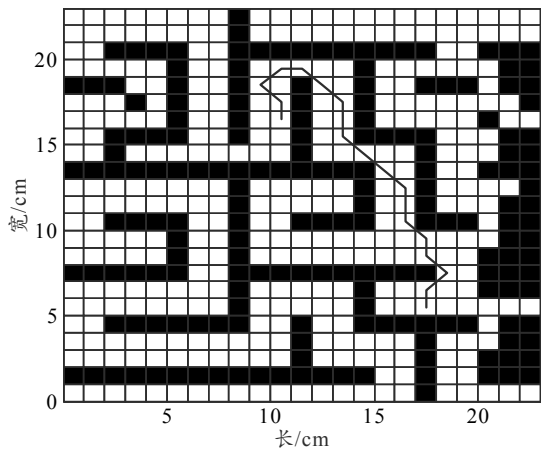


图 7 复杂模拟地图下的蚁群算法仿真

### 2.3 遗传算法的仿真

遗传算法的基本编写思路过程如图 8 所示。

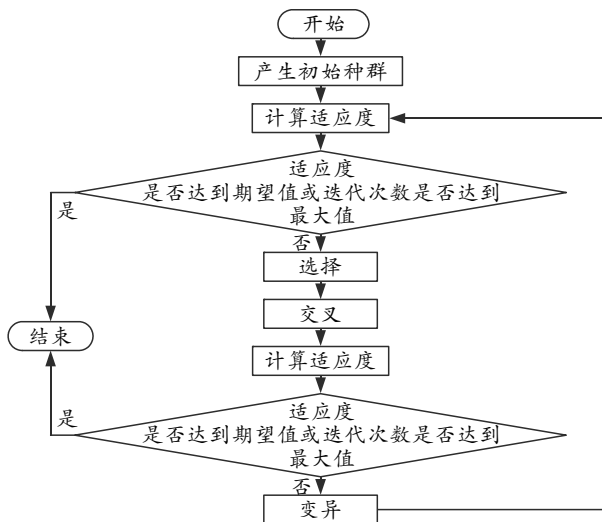


图 8 遗传算法基本编写思路过程

运用 Matlab 软件，分别选取较为简单和复杂的模拟地图进行仿真测试，具体结果如下。

如图 9 所示，移动机器人的工作空间由  $10\times 8$  的直角坐标系构成，实心圆代表障碍物，实线代表由遗传算法计算出的最优路径，相对来说地图环境较为简单。本次仿真中种群的各项参数设置如下：种群大小为 250，最大遗传代数为 50，交叉概率为 0.72，变异概率为 0.005。由于点  $(0,0)$  至点  $(6,3)$  直线距离最短，点  $(6,3)$  至点  $(10,8)$  也是直线距离最短，且这 2 条直线未经过障碍物，故该条路径最短，如图中虚线所示。因此，图中规划出的最优路径非最短路径，但近似最短路径。

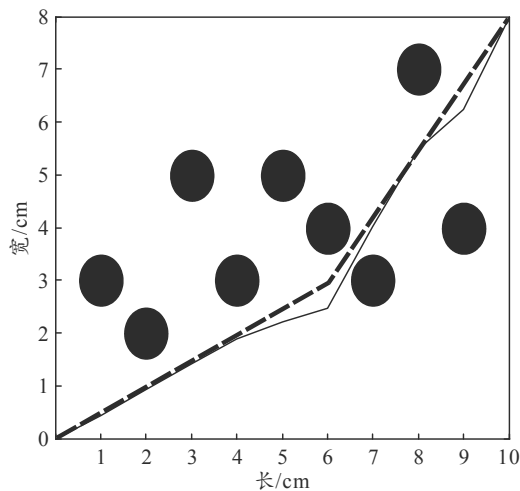


图 9 简单模拟地图下的遗传算法仿真

如图 10 所示，移动机器人的工作空间由  $23\times 23$  的直角坐标系构成，实心圆代表障碍物，实线代表规划出的最优路径，相对来说地图环境较为复杂。本次仿真中种群的各项参数设置与图 9 设置一致，显然，与图中虚线代表的最短路径相比，规划出的最优路径明显不是最短路径，且偏差较大。

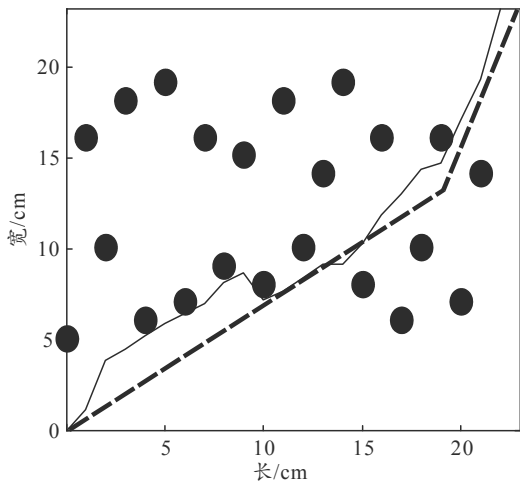


图 10 复杂模拟地图下的遗传算法仿真

### 3 3 种算法的对比与分析

#### 3.1 在不用模拟环境下的运算效率

由以上 3 种算法在不同模拟环境下进行最优路径规划，可得规划路径所消耗的时间。

1) 基于图 2 和图 3，可得 A\*算法规划路径分别耗时如图 11 所示。

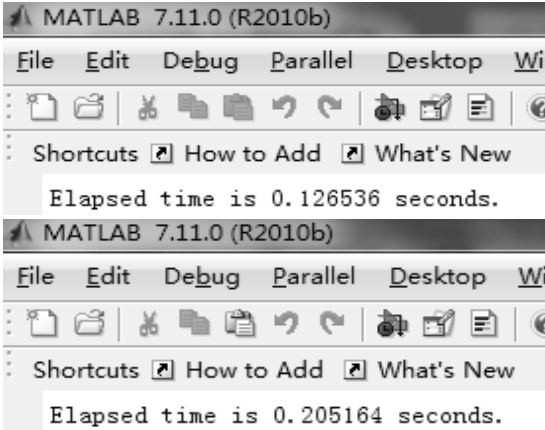


图 11 A\*算法路径规划时间

2) 基于图 5—7 可得，蚁群算法规划路径分别耗时如图 12 所示。

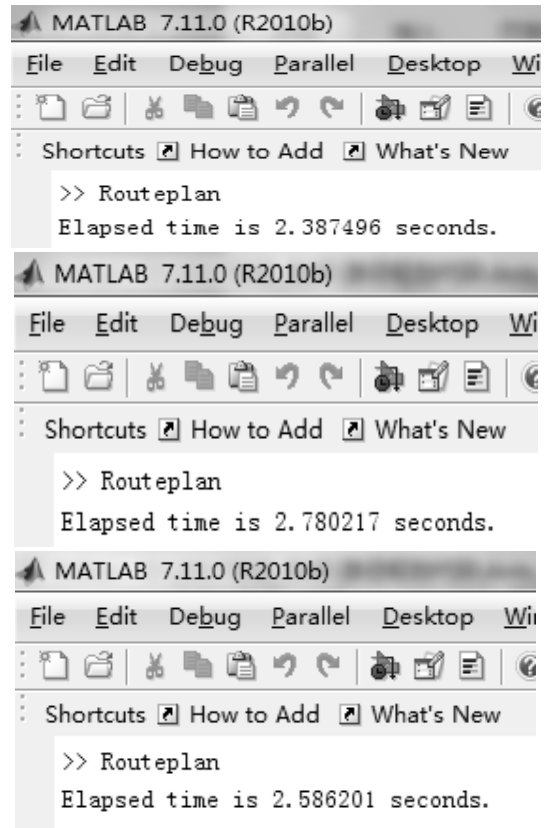


图 12 蚁群算法路径规划时间

3) 基于图 9 和图 10，可得遗传算法规划路径分别耗时如图 13 所示。

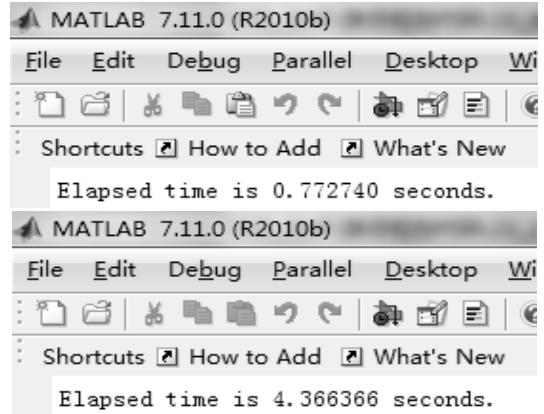


图 13 遗传算法路径规划时间

#### 3.2 3 种算法的仿真结果分析

根据上述 3 种算法路径规划的仿真图以及规划路径所耗时间，可总结出以下应用规律。

如表 1 所示，在较为简单的模拟地图下，A\*算法规划路径耗时最短，而蚁群算法规划路径运行时间最长。可见在简单应用环境中运用 A\*算法进行路径规划时具有速度快的优点，而蚁群算法最不适用。

表 1 简单模拟地图下的运行速度 s

算法	A*算法	蚁群算法	遗传算法
运行时间	0.126 536	2.387 496	0.772 740

如表 2 所示，在较为复杂的模拟地图下，A\*算法规划路径耗时最短，遗传算法路径规划时间最长，可见在复杂应用环境中运用 A\*算法进行路径规划时具有速度快的优点，而遗传算法最不适用。

表 2 复杂模拟地图下的运行速度 s

算法	A*算法	蚁群算法	遗传算法
运行时间	0.205 164	2.78 或 2.58	4.366 366

由于遗传算法无论是应用于简单还是复杂的模拟环境，其规划出的最优路径均很难是最短路径，故将其归结为最不适用算法。现比较 A\*算法与蚁群算法在不同模拟地图下的路径规划效果。

如表 3 所示，在较为简单的模拟地图下，A\*算法与蚁群算法规划出的路径长度一致，可见这 2 种算法都很适用于简单的应用环境。

表 3 简单模拟地图下的路径长度 cm

算法	A*算法	蚁群算法
路径长度	$3+7\sqrt{2}$	$3+7\sqrt{2}$

如表 4 所示，在较为复杂的模拟地图下，A\*算法比蚁群算法规划出的路径长度更短，可见 A\*算法更适用于复杂的应用环境。

107-110.

[4] 安雷, 张国良, 张维平, 等. 移动机器人扩展卡尔曼滤波定位与传感器误差建模[J]. 信息与控制, 2012, 41(4): 406-412.

[5] GREG W, GRAY B. An introduction to the Kalman filter[R]. USA: Chapel Hill, 1995, 8(7): 127-132.

[6] 高云峰, 吕明睿, 周伦. 一种室内自主移动机器人定位方法[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(s1): 245-248.

[7] 谢朦, 陈志梅, 邵雪卷. 基于 RSSI 的改进四边测距机器人定位算法[J]. 太原科技大学学报, 2015, 36(1): 18-23.

[8] 付栋. 移动机器人进行自主路径规划的关键技术研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(9): 87-89.

[9] 刘汝佳, 孙增圻. RoboCup3D 仿真组中世界模型的维护[C]//中国机器人大赛论文集, 常州: 中国自动化学会智能自动化专业委员会, 2005: 97-101.

[10] 张青, 李龙澍, 刘跃. 基于卡尔曼滤波的仿真机器人定位方法[J]. 计算机仿真, 2013, 30(12): 317-320.

[11] 孟祥萍, 张本法, 苑全德. 自适应扩展卡尔曼滤波器在移动机器人定位中的应用[J]. 计算机系统应用, 2015, 24(12): 176-181.

[12] 赵中伟, 戴文战. 基于无迹卡尔曼滤波的机器人无线室内定位估计算法[J]. 机电技术, 2015(5): 2-5.

[13] 徐爱亲. 基于模糊 PID 卡尔曼滤波的多传感信息融合移动机器人定位研究[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2014, 16(4): 150-153.

\*\*\*\*\*

(上接第 68 页)

表 4 复杂模拟地图下的路径长度 cm

算法	A*算法	蚁群算法
路径长度	$8+9\sqrt{2}$	$12+9\sqrt{2}$

### 4 结束语

笔者根据现有的 3 种路径规划算法展开研究, 通过 Matlab 模拟仿真找出 3 种算法的实际应用优缺点。经过对比可知: 不论实际应用环境较为简单还是复杂, A\*算法都具有规划速度快、路径效果好的特点。相比之下, 蚁群算法虽然在简单环境下规划出的路径也很好, 但是其计算速度不如 A\*算法快; 由于遗传算法在任何模拟环境下的路径规划效果都不理想, 将更不适用于实际的应用环境。

下一步, 笔者可先用 VC6.0 软件对 A\*算法进行编程仿真, 再将算法移植到 Keil 中, 最后将算法下载至由 LPC1768 控制的移动机器人上。经过反复的测试与修改, 移动机器人已经可以在实际应用环境中自主根据 A\*算法规划出最短路径并行走该条路径。

### 参考文献:

[1] 许亚. 基于强化学习的移动机器人路径规划研究[D]. 济南: 山东大学, 2013: 1-2.

[2] SHEU J P, SAHOO P K, SU C H, et al. Efficient Path Planning and Data Gathering Protocols for the Wireless Sensor Network[J]. Computer Communications, 2010, 33(2): 398-408.

[3] 王帅, 连翠玲, 赵旭. 基于势场的运动路径规划研究[J]. 河北省科学院学报, 2011, 28(4): 64-66.

[4] 徐一超. 移动机器人路径规划技术的研究[D]. 南京: 南京大学金陵学院, 2016: 1-3.

[5] 刘军. 基于改进蚁群算法的移动机器人路径规划研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2010: 1-2.

[6] JIN F, HONG B. Path planning for free-flying space robot using ant algorithm[J]. Robot, 2002, 24(6): 526-529.

[7] 宋锦娟, 白艳萍. 一种改进的蚁群算法及其在 TSP 中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(18): 154-156.

[8] 冯月华, 陈州吉. 基于群体智能的蚁群算法原理及应用研究[J]. 兰州文理学院学报, 2014, 28(2): 58-61.

[9] 张攀. 空间可展开折叠式剪刀肋结构分析[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013: 1-2.