

基于广度优先递归算法的航路规划^{*}

赵 丰,唐正平,温崇雅

(海军潜艇学院,山东 青岛 266071)

摘要:介绍了局部航路规划和递归算法的特点,针对局部航路规划研究海区范围较小的特点,在一般递归算法的基础上,提出了运用广度优先的遍历递归算法作为规划方法,并阐述了广度递归算法的步骤.经过实例仿真,得到了较为满意的结果.为研究局部航路规划提供了一种优化算法.

关键词:航路规划;递归算法;广度优先

中图分类号: E911

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)04-0045-02

隐蔽航渡、突破岛链是我潜艇远航作战任务的重要组成部分,而现今构成岛链的绝大多数海峡水道均被对手严密监控.因此进行航路规划,研究需要重点突破的海峡水道的航行方法,增加突破的成功率就显得尤为重要.

1 局部航路规划的特点

航路规划是指在带权有向图中,寻找从指定的起始点到目标点的一条具有最小权值总和的路径.求解最短路径的方法很多,按照搜索方式的不同,主要分为精确算法和等效算法^[1].精确算法是对所有航路点进行细致的搜索,通过比较得出最优航路,该航路是精确解.

航路规划按照规划海区面积的不同,分为全局航路规划和局部航路规划.相对于全局航路规划,局部航路规划在适用范围、应用结论和算法上有所不同:研究海区范围小,长宽一般不超过300海里,多用于研究突破海峡的航路规划;得出的不是整个航渡计划的航线,而只是航渡计划的部分航线;适宜采用求解最短路径问题中的精确算法求解.递归算法就是精确算法的一种.

2 广度优先递归算法

递归算法适合于解决那些需要做 n 次重复,但又不好确定进行重复操作的起始条件的问题(当然,能确定起始条件的重复性问题也能用递归算法解决,但用循环程序解决往往会更加方便).由于起始条件不好确定,故无法用循环程序来解决.这时就要首先从所要解决的问题出发向前递推,一步步寻找解决问题的根源(即起始条件),根源找到后再按原路一步步返回,返回的过程中每一步都能得出一个确定的中间结果,全部返回后就得到了最终的结果,返回的过程又称为回归.可见,递归包括向前的递推和向

后的回归两个过程^[2].

递归思想运用到航路规划问题中,是基于以下原理:若序列 $\{1, 2, \dots, n\}$ 是从1到 n 的最短航路,则序列 $\{1, 2, \dots, n-1\}$ 必为从1到 $n-1$ 的最短航路.这样依次由终点向起点逐步递推,直到找到起点,再记录经过的路径,此即为可行航路.如果是基于栅格环境的递归算法,还需要涉及图的遍历问题.

图的遍历就是从图中指定的某顶点作为遍历的起始出发点,按照一定的搜索遍历方法,对图中所有顶点仅作一次访问的过程.广度优先搜索遍历是图的遍历方法中的一种,其思想是:假定给定图 G 的初态是所有顶点未被访问,在 G 中任选一顶点 i 作为遍历的起始点,则广度优先搜索遍历的基本思想是:首先访问起始点 i ,并将其访问标记置为已访问过,即 $visited[i] = 1$,接着依次访问顶点 i 的未被访问过的邻接点 w_1, w_2, \dots, w_r ,然后再依次访问与 w_1, w_2, \dots, w_r 相邻接的未被访问过的顶点,依次类推,直到图中所有顶点都被访问完为止.以图1的有向图 G 为例,假设有7个航路点,则可能的不同广度优先搜索遍历序列为:0-1-2-3-4-5-6-7, 0-2-1-6-5-4-3-7^[3].

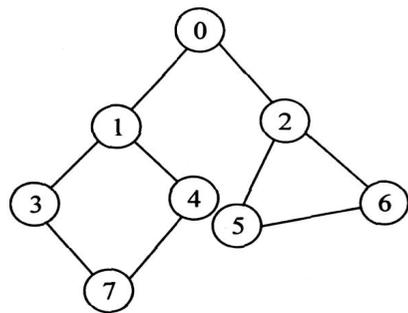


图1 有向图 G

* 收稿日期:2008-11-11

作者简介:赵丰(1984—),男,江苏盐城人,硕士研究生,主要从事载运工具运用工程研究.

3 递归算法步骤

递归算法的流程如图 2 所示。

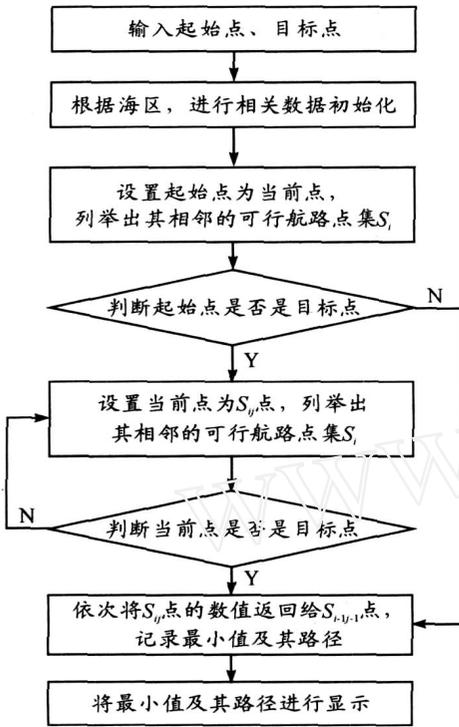


图 2 递归算法流程

递归算法的步骤如下：

- Step1 输入起始点和目标点后,进行数据初始化;
- Step2 设置起始点为当前点,列举出其相邻的可行航路点集 S_1 ($S_1 = \{S_{1j} | S_{1j}$ 为相邻可行航路点);
- Step3 判断起始点是否为目标点,如果是,转 Step6,否则转 Step4;
- Step4 设置当前点为 S_{ij} 点,列举出其相邻的可行航路点集 S_i ($S_i = \{S_{ij} | S_{ij}$ 为相邻可行航路点, $i = 1, 2, 3, \dots\}$);
- Step5 判断当前点是否为目标点,如果是,转 Step6,否则转 Step4;
- Step6 依次将 S_{ij} 点的数值返回给 $S_{i-1,j-1}$ 点 ($i = \dots, 4, 3, 2; j = \dots, 4, 3, 2$),记录所有返回值中的最小值及其路径;
- Step7 将最小值及其路径进行显示。

4 仿真结果

根据潜艇战斗航渡必须隐蔽、安全、及时地到达指定地域的总要求,把潜艇航路规划总结为三个目标: 充分利用以水声环境为主导的水下战场环境保持潜艇的隐蔽性; 充分利用所掌握的敌情资料保持潜艇的隐蔽性; 及时到达指定海域,尽量选择航程短的航路。则实际上应满足总的传播损失较大、所受的威胁程度较小和总航程较小三个条件,同时还要符合航路的其他约束条件,尽量不进入别国领海,即满足

$$f_1 = \min_i [1 - \exp(-kt)] \tag{1}$$

$$f_2 = \min S, f_3 = \max tl$$

以及约束条件: $d > 12.0 \text{ m}$, d 为离岸距离. 建立目标函数为:

$$F(x, h, v) = \min \left(\bar{1}f_1 + \bar{2}f_2 + \bar{3}f_3 + d \right) \tag{2}$$

利用权重系数变换法将多目标问题转化为求相应单目标的最优值,即按照各目标 f_j 的重要程度,取一组权重系数 \bar{j} , 且 $\bar{j} = 1$, 然后作评价函数: $h(f) = \bar{j}f_j$, 再求相应单目标规划 $F = \min h(f) = \min(\bar{j}f_j)$ 的最优解集. 其中,各目标 f_j 必须预先进行无量纲的规范化,规范化采用最小值法^[4].

以某海峡为例,其栅格环境如图 3 所示,黑格代表障碍栅格,白格代表可航栅格,大圈代表敌情,中间小圈代表其余各点相对的传播损失固定点.在计算机平台上,利用 Visual C++ ,可以得到不同突破终点的最优航路点,如表 1 所示.

表 1 不同突破终点的最优航路点

递归算法	对应路径
1 - 75	1 9 10 16 21 27 32 36 43 48 53 60 66 72 77
1 - 77	1 9 10 16 21 27 32 36 43 48 53 58 64 70 75

海峡突破航线虚拟图如图 3 所示,仿真界面如图 4 所示.

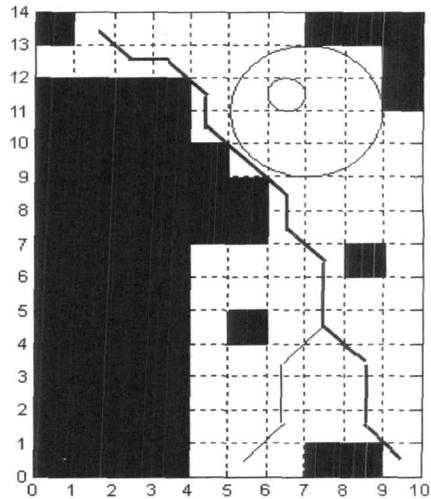


图 3 仿真结果

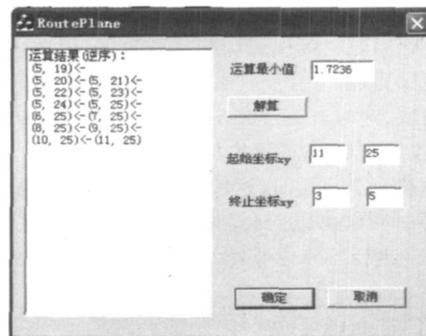


图 4 仿真界面 (下转第 54 页)

比较图 3 和图 4 穿甲弹速度的变化曲线可以看出,穿甲弹通过防护甲板后,由于受打击阻力的影响,速度将会降低.穿甲弹着靶速度越大,受到的打击阻力越大.分别以着靶速度 $0.13\text{ cm}/\mu\text{s}$ 和 $0.08\text{ cm}/\mu\text{s}$ 为例进行详细说明.当穿甲弹着靶速度为 $0.13\text{ cm}/\mu\text{s}$ 时,打击第一层防护甲板后,穿甲弹的速度降为 $0.112\text{ cm}/\mu\text{s}$,打击第二层防护甲板后,穿甲弹的速度降为 $0.093\text{ cm}/\mu\text{s}$;当穿甲弹着靶速度为 $0.08\text{ cm}/\mu\text{s}$ 时,打击第一层防护甲板后,穿甲弹的速度降为 $0.0675\text{ cm}/\mu\text{s}$,打击第二层防护甲板后,穿甲弹的速度降为 $0.0527\text{ cm}/\mu\text{s}$.由此可见,随着穿甲弹着靶速度的降低,穿甲弹在打击双层防护甲板时,在各防护甲板处的速度值也相应的降低.如果初始速度小于穿过双层的防护甲板的极限值,则穿甲弹将不能穿过双层防护甲板,这个极限值也可以通过该模型计算得出,但这里不做介绍.

比较图 5 和图 6 穿甲弹加速度的变化曲线可以看到,穿甲弹通过防护甲板后,由于受打击阻力的影响速度将会减小,穿甲弹在不同防护甲板之间做减加速度运动.分别以着靶速度 $0.13\text{ cm}/\mu\text{s}$ 和 $0.08\text{ cm}/\mu\text{s}$ 为例进行详细说明.当穿甲弹以着靶速度 $0.13\text{ cm}/\mu\text{s}$ 打击第一层防护甲板后,产生第一个加速度峰值 $2.1\text{ cm}/(\mu\text{s})^2$,随之打击第二层防护甲板,产生第二个加速度峰值 $2.4\text{ cm}/(\mu\text{s})^2$;而当穿甲弹以着靶速度 $0.08\text{ cm}/\mu\text{s}$ 打击第一层防护甲板后,产生第一个加速度峰值 $1.04\text{ cm}/(\mu\text{s})^2$;随之打击第二层防护甲板,产生第二个加速度峰值 $1.2\text{ cm}/(\mu\text{s})^2$.可以看出,随着穿甲弹着靶速度的降低,穿甲弹在打击双层防护甲板时,在各防护甲板处产生的加速度峰值也相应的降低.这是由于穿甲弹撞击第一层防护甲板后,由于受到阻力作用,穿甲弹头部

将出现破损及变形,并带着对第一层防护甲板冲击产生的塞块打击第二层防护甲板,因此速度迅速下降,同时在第二层产生的加速度峰值也相应下降.

3 结束语

从仿真结果可以看出,穿甲弹在打击防护甲板时,产生的加速度很大,如何能准确有效地采集穿甲弹打击目标时的加速度及其变化规律,就成了研究硬目标打击引信的关键,本研究通过穿甲弹打击速度及加速度变化特点的分析,对解决这方面的工作有一定的指导作用.

同时,该模型还可以计算任意着靶速度和着靶条件下的打击深度或穿透靶板后的剩余速度、加速度、塞块的质量、厚度,解决了以往理论分析及实验难等困难.

参考文献:

- [1] 慈明森.金属在大变形、高应变率和高温条件下的本构模型和数据[J].弹箭技术,1998(3):32-42.
- [2] 王平,张进秋,高永强.导弹着靶姿态和着靶过程测量方法[J].兵工学报,2008(3):12-14.
- [3] LSTC. ANSYS/LS DYNA User's Guide (ANSYS Release 7.0 Documentation) [Z]. USA:LSTC,2001.
- [4] 李健,王晓鸣,赵国志.长杆弹垂直侵彻有限厚靶攻角对弹道极限速度影响的研究[J].兵工学报,1995(1):23-27.

(上接第 46 页)

5 结论

采用广度优先递归算法进行局部航路规划,从结果来看,判断其是否可行应遵循四条基本原则:尽可能避开敌严密反潜海域、有利于保证潜艇航渡的隐蔽、有利于保证潜艇的航行安全、尽量缩短海上航渡的航程.由于在建立航路规划模型时,目标函数以及约束条件已经综合考虑了这些因素的影响,因此所规划出的航路能合理地规避碍航物,并且能将敌情威胁降到很小.同时将航线与实际海图叠加的结果来看,也满足了安全、隐蔽、及时的要求,因此所得的航路是可行的.就算法而言,递归算法是在接近所有的可能航路中寻找最优的航路,不存在一般等效算法的

局部收敛的缺点,而且运算速度和等效算法基本相似,因此较为适用于局部航路规划.

参考文献:

- [1] 王俊贤.动态路径规划及其在航海导航中的应用[D].西安:西安交通大学,1997.
- [2] 何坚勇.运筹学基础[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 张最良,李长生.军事运筹学[M].北京:军事科学出版社,1993.
- [4] 丁兵.潜艇隐蔽航路规划研究[D].山东:海军潜艇学院,2002.