

基于 Dijkstra 算法的无人机航路预测

程建伟¹ 王兴春¹ 李祥珍²

(1.中国人民解放军防空兵指挥学院 河南 郑州 450052;2.中国人民解放军 65581 部队 吉林 四平 136001)

【摘要】在综合考虑了威胁度、无人机自身性能、航路长度等条件的约束,选用 Dijkstra 算法实现了对无人机来袭航路的预测,通过分析验证了算法的有效性和实用性。

【关键词】Dijkstra;无人机;航路预测

0.引言

随着性能各异、技术先进、用途广泛的新型无人机种不断涌现,无人机在战术模式、操纵手段等方面呈现出新特点,远程、精确打击无人机的使用,使得战役和战略的地域数据差别将缩小,加上无人机可快速从多方向高、中、低空同时突防,必将使防空作战的环境变得更加复杂,防空作战的压力愈来愈大。有效实施对无人机的防御,必须在作战前对无人机进行有效的航路预测,从而对其实施精确火力打击。

1.基于 Dijkstra 算法的无人机航路预测

分析有关文献可知,建模时对威胁源(雷达、导弹、恶劣气候、障碍物等)的位置及威胁作用范围可以用圆来近似描述。根据输入的敌情信息、地理数据等信息,确定各级航路点及其代价,将无人机来袭航路预测问题转化成有向图中求最短路径的问题,用 Dijkstra 算法进行最优搜索,形成最优路径航路点序列,最终生成水平整体最优航路。

1.1 无人机航路特点及应用 Dijkstra 算法预测的可行性

在无人机起飞前,根据已知信息条件,进行航路规划,航路规划是无人机完成预定作战任务的关键,无人机在其机动性能、突防概率、飞行时间等因素的约束下,寻找一条从起始点到目标点的最优或可行的飞行轨迹。可行和最优就是指在安全飞行包线内找出一条军事效益和经济效益都尽量达到最大化的参考航路。根据无人机的约束条件在其航路上建立可行节点,在节点间引入适当的代价函数,采用 Dijkstra 算法从中搜索代价函数值累计最小的最优航迹,从而求出从起始点到目标点之间的最短路径作为航路预测的路径。

1.2 解决思路

(1)建模,用圆来表示威胁源,用点来表示起始点和目标点。考虑到无人机最小转弯半径 R 的约束,对威胁源模型进行必要的处理。将作用范围小于 R 的威胁源模型一律按半径 R 来进行处理。

(2)简化模型图,根据威胁数据,可以建立可行节点,然后利用代价函数,剔除可行节点间经过威胁圆的直线,剩下的直线构成赋权图。可行节点是指无人机可以飞越的节点,在该节点处导弹是安全的。显然,在威胁地图中可行节点的数量是无穷大的。为减少可行节点的数量,选取威胁圆圆心连线与威胁圆的交点的中点为可行节点,这样选取的可行节点相对临近的两个威胁的威胁度最小。如图 1 所示。

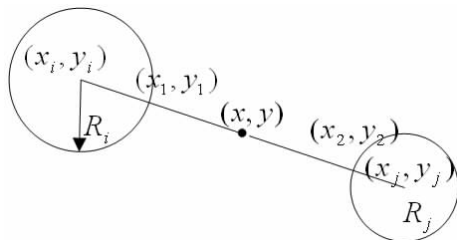


图 1 可行节点示意图

(3)建立可行节点集,点 (x, y) 为可行节点,点 (x_1, y_1) 为下节点,点 (x_2, y_2) 为上节点,威胁圆圆心为 (x_i, y_i) , (x_j, y_j) , 半径为 R_i , R_j , 上下节点为威胁圆圆心连线与两个威胁圆的交点。根据几何关系,可以得到可行节点以及上、下节点的位置坐标。得到的可行节点有可能落在其它威胁圆内,可以通过计算节点和各个威胁圆圆心的距离,与威胁圆的半径进行比较,从而判断该节点是否落在威胁圆内。从可行节点中去除这些落在威胁圆内的点,即得到可行节点集。

(4)构建赋权图,在由可行节点构成的赋权图中 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_9$ 是可

行节点,线段上的数值是代价函数的值。从图 2 中可以看到,并不是任意两个可行节点间都存在直线。这是由于可行节点间的航线可能进入某个威胁圆内,此时该航线的代价函数的值是无穷大,无人机如果沿该航线飞行,被发现和击毁概率大大增加,从而使其生存概率降低,因此在图中去掉这些航线,简化了图的结构,同时在预测航路时减少了状态的维数,加快了预测速度。

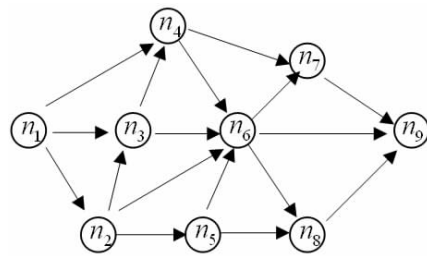


图 2 赋权图示意图

(5)采用 Dijkstra 算法从中搜索代价函数值累计最小的最优航迹。求出从起始点到目标点之间的最短路径作为航路预测的路径。

先给赋权图 G 的每个顶点标记一个数(称为标号)临时标号(简称 T 标号)或者固定标号(简称 P 标号)。 T 标号表示从始点到这一点的最短路径长度的上界; P 标号则是从始点到这一点的最短路径长度。每一步把某个点的 T 标号改变为 P 标号,这样,一旦终点得到 P 标号,算法停止。若寻求从始点到每一点的最短路径,则最多经过 $N-1$ 步算法停止。

1.3 代价函数

代价函数或者成本函数是航路预测的性能指标,最优来袭航路就是使代价函数累计最小的航线。代价函数的选取直接关系着最优来袭航路性能。如果代价函数选取的不合理,将使得预测到的航路偏离最优来袭航路。无人机航路预测的目的就是在充分考虑其被火力摧毁概率最小,同时使航线尽量短。当然,航线越短,在我防空武器射程内的时间也就越短,被击中的概率也就越小。因此,代价函数要同时兼顾威胁和航程。文中定义代价函数 G_{ij} 为:

$$G_{ij} = \frac{1}{\exp(\min(d_i, d_j)/s_{ij}) - 1} \times s_{ij}$$

式中: s_{ij} 是航线的实际长度; d_i, d_j 是可行节点 i, j 距离所有威胁的最短距离,由节点和威胁圆圆心的距离和威胁圆半径的差值确定; d_{ij} 是可行节点 i 和可行节点 j 之间的航线段距离所有威胁的最短距离,由航线和威胁圆圆心的距离和威胁圆半径的差值确定。

当可行节点或者是可行节点之间的航线跨越某个威胁圆时, d_i, d_j, d_{ij} 中的最小值小于或等于零,代价函数 G 将在数学上失去意义或为无穷大,表明该条航线不可飞。从代价函数的表达式看,代价值与航线的实际长度基本成正比,即航线越长,代价越大;代价值与距离威胁的最小距离基本成反比,即距离威胁越近,代价越大。从以上对代价函数的分析中,可以看出该代价函数是比较合理的,反映了对最优航路预测的性能要求。

2. Dijkstra 算法的步骤

2.1 给始点 n_1 标上 P 标号 $d(n_1)=0$,给其它各点标上 T 标号 $d(n_j)=l_{ij}$ 其中: l_{ij} 是从始点 n_1 到顶点 n_j 的路径权值的和, j 是从 2 到 N 的整数;
2.2 在所有 T 标号中去最小者,例如 $d(n_{j_0})=l_{j_0}$,则把点 n_{j_0} 的 T 标号

改为 P 标号;

2.3 重新计算具有 T 标号的其他各点的 T 标号: 选点 n_j 的 T 标号 $d(n_j)$ 与 $d(n_k) + l_{kj}$ 中的较小者作为 n_j 的新的 T 标号。一般的, 设 $P = \{n_j \mid n_j \text{ 具有 } P \text{ 标号}\}$, $T = \{n_j \mid n_j \text{ 具有 } T \text{ 标号}\}$, 令 $d(n_k) = \min_{n_j \in T} \{d(n_j)\}$ 为该点的 P 标号, 于是 $n_N \in P$, 把 $T \setminus \{n_k\}$ 中的点 n_j 的 T 改为 $\min\{d(n_j), d(n_k) + l_{kj}\}$ 。

2.4 重复上述步骤, 直到 $n_N \in P$, 这时 $d(n_N)$ 是从 n_1 到 n_N 的最短路径长度。

算法流程图如图 3 所示

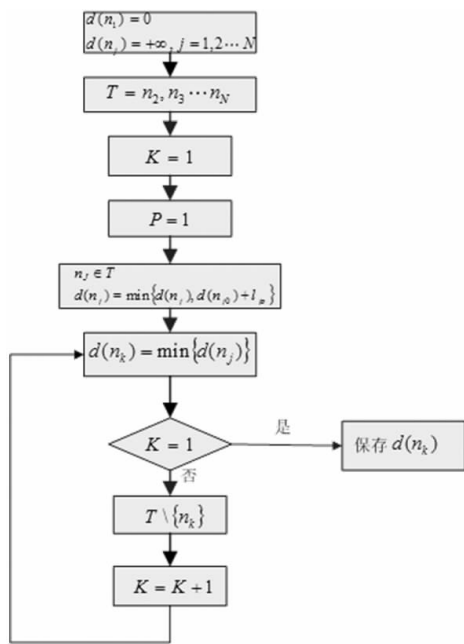


图 3 算法流程图

3. 结束语

在防空作战前对无人机来袭航路的预测, 是防空兵指挥决策人员根据无人机航路选择的一般规律和所掌握的敌我信息对敌空袭行动的一种预先判断。利用所选定方法对有关数据进行处理后, 在预测结果上, 必定会产生多条航路。在这些航路中, 对于空袭方而言, 在确定无人机攻击航路时, 必定是选择航路代价值最小的路线对目标实施攻击; 同样, 对防空兵群决策人员而言, 就是希望预先知道敌方无人机最有可能选择的航路。因此, 防空兵将预测结果中航路代价值最小航路的作为敌无人机来袭时最有可能的航路, 同时考虑到这种预测有一定程度的主观性, 结果可能存在一定的误差, 所以不完全认为航路代价值最小的航路就一定是敌无人机最有可能来袭航路, 而是将其确定在某一范围内, 将预测结果中航路代价值最小的几条作为敌无人机的可能来袭航路。

【参考文献】

- [1] 李鹏, 夏洁. 一种无人机的路径规划方法. 长沙: 国防科技大学出版社, 1989.
- [2] 张同法, 于雷, 刘文杰, 刘栋. 基于 Dijkstra 算法的巡航导弹航迹规划方法研究. 弹箭与制导学报, 2008, 28(4): 65-67.
- [3] 唐勇. 防空兵群抗击巡航导弹航路预测及相关指挥对策研究. 防空兵指挥学院硕士论文.

作者简介: 程建伟(1982—), 男, 防空兵指挥学院在读研究生。

【责任编辑: 张艳芳】

(上接第 471 页) 短信平台部分使用的是 USB 接口的短信猫 (GSM Modem)。短信猫是一种基于无线 GSM 技术的工业级的 MODEM, 是一种内嵌 GSM 无线通信模块, 插入移动运营商的手机 SIM 卡, 可以与移动运营商的短信中心建立无线连接, 本地通过与 PC 的连接可以实现计算机控制应用系统实现自由的短信收发。短信猫通过串口 RS232 或 USB 接口与计算机连接, 可以通过 AT 指令控制进行短信的收发^[4]。它和我们用的手机一样, 需要手机 SIM 卡的支持, 在需要收发短信的时候, 在短信猫里面插入一张我们平时用的手机卡, 插上电源, 通过 (USB 或者串口) 数据线和电脑相连, 在电脑的应用管理软件中就可以实现短信收发功能。短信猫收发短信的原理, 资费和我们平常所用的手机是一样的, 但因为短信猫专注于短信收发应用, 所以相对于手机, 短信猫在短信收发的速度要更快, 可靠性更高, 实时发送等优点, 在目前的企业短信中应用广泛^[5]。

基于短信猫的开发应用, 有以下两种主要方式^[6]:

3.2.1 直接使用 AT 指令: 通过使用 AT 指令驱动短信模块收发短信, 这是最底层的开发模式, 需要对短信模块的 AT 指令相当熟悉;

3.2.2 短信猫开发包: 短信猫厂商基于 AT 指令集成的二次开发包, 二次开发时只需直接调用短信收发 API (应用程序接口) 即可。

本系统使用的是基于西门子 TC35 工业模块的 USB 接口的短信猫, 使用 AT 指令实现短信的收发。收到用户发送到短信猫的信息后, 需要根据信息的内容实现对数据库的操作, 并发送查询结果或操作成功的提示信息给发送短信的手机用户。

对用户发送的表 1 所示的操作信息时要求有固定的格式, 即操作码、参数 1 和参数 2 之间需要使用一个空格隔开, 空格即做为识别发送内容的标志。实现原理为: 短信收发程序对接收到的信息进行分析, 以空格为标志, 将用户信息读取到两个或三个变量中, 然后判断第一个变量的值, 根据不同的值来构造不同的 SQL 语句, 并对数据库进行相应的操作, 操作成功后生成需要发送给用户的信息, 再通过调用 AT 发送指令将信息发送到用户手机上。

例如发送“31 张三”到 15857125538 (短信平台号码), 短信猫接受到该信息, 利用程序设计语言将该信息保存到两个变量中, 判断第一个变量的值为 31, 根据功能定义, 应查询张三的办公室电话号码, 因此构造出相应的 SQL 语句并执行, 将查询结果通过 AT 指令发送回相应的手机号码中, 从而完成本次操作。

4. 总结

采用该通讯录系统, 企事业单位就再也不需要印刷纸质的通讯录了, 只需要购买一个短信猫, 价格非常便宜, 然后办理一个短信包月的手机号码就可以应用该系统了。使用单位可以大大节省了通讯录制作的成本, 同时很好的保证了信息的准确性和实时性。

【参考文献】

- [1] 叶宝春, 郑小雪, 等. 在工会短信平台上实现公交换乘查询服务[J]. 福建电脑, 2008(2): 162.
- [2] 林宇洪, 沈嵘枫, 等. 违章信息实时发布与查询短信平台的研制[J]. 山东交通学院学报, 2008.3, Vol 16 No 1: 32-35.
- [3] 唐明董, 张俊波, 刘建勋. 基于 GSM 模块的短信平台服务器设计与实现[J]. 微计算机应用, 2007, 2, Vol 28 No 2: 174-177.
- [4] 邓中亮, 刘刚. 基于 B/S 架构的网上通讯录系统的设计[J]. 网络安全技术与应用, 2008, 10: 71-72.
- [5] 陈鑫. 基于短信平台的铁路订票模型研究[M]. 广东工业大学硕士学位论文, 2007.
- [6] 李军. 短信平台中消息传递技术的研究与实现[M]. 西安电子科技大学硕士学位论文, 2007.

作者简介: 王昌建(1977—), 男, 浙江经贸职业技术学院讲师, 研究方向为数据库技术和网络技术。

【责任编辑: 张新雷】