

【武器装备】

面向装备保障仿真的机动行为模型^{*}

王 栋, 柏彦奇, 葛 涛, 王 琳

(军械工程学院 装备指挥与管理系, 石家庄 050003)

摘要:以装备保障仿真为研究背景,结合机动过程中的地形和道路状况、天候条件、敌情威胁等影响因素,自主确定了机动路线、机动速度、机动方向和空间状态转移,建立了装备保障智能体的机动行为模型。研究结果对解决装备保障仿真中机动模型的逼真度具有一定的参考价值和指导意义。

关键词:装备保障仿真;智能体;机动模型

中图分类号:E92

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)07-0038-03

装备保障仿真是基于现代作战的仿真技术,他将保障分队的仿真模型置于虚拟战场环境中,根据保障想定进行与装备保障有关的仿真研究,是现代仿真技术在装备保障领域的具体应用。装备保障的基本业务类型包括弹药(器材)保障、战场抢救和战场抢修。弹药(器材)保障是弹药(器材)保障分队从后方仓库到作战前沿进行弹药(器材)运输的过程;战场抢救是应急抢救分队驾驶抢救车辆对损坏或淤陷装备进行拖救、牵引和后送的过程;战场抢修则是技术修理分队携带修理工具或驾驶工程保障车辆进行战损装备修理和备件供应的过程^[1]。从某种意义上说,机动是装备保障活动实施过程中的最基本组成要素。信息化条件下战场环境极为复杂,在确定机动目标点的情况下,还要综合考虑战场环境中影响自主规划的机动路线和机动速度。以往在构建机动模型时,只考虑了模型的智能性或者只考虑了环境因素对速度的影响,没有进行综合研究。本文中则将二者结合起来,以使模型构建更加逼真^[2]。

智能体(agent)指的是在复杂和动态环境中执行任务的自主或半自主对象,他能够根据自身具有的能力、资源和信息,为达成目标而采取一定的行动。在装备保障仿真中,参与装备保障的分队在模型空间上的逻辑映射即为保障智能体模型,他可用标识、属性集合和行为模型进行定义^[3]。标识、属性集合只是描述保障智能体的固有状态和能力,其自主、自治能力则主要由行为模型体现。本文中结合敌情及地形因素,着重阐述保障智能体机动行为模型的构建过程。

1 保障智能体的机动行为模型

机动行为模型描述保障单元在整个战场中的空间位

置变换过程。由于任何保障单元的机动能力都是有限的,故在给定的时间内,其空间位置变化也是有限的。同时,战场态势的动态性要求保障单元必须适时调整机动方向、机动路线等,以达成及时遂行保障任务的目的。为此,可将保障智能体机动行为过程分解为4个主要环节:确定机动路线、确定机动速度、确定机动方向和空间状态转移。

1.1 确定机动路线^[4]

机动路线的选择,是体现机动模型智能性高低的一个相当重要的方面,其确定过程是否合理高效,将直接反映机动模型构建的合理性。确定机动路线的流程如图1所示。

保障智能体在确定机动路线时,考虑的主要问题包括机动目的和环境因素影响2个方面。一般来讲,保障智能体机动的主要目的是跟随被保障单元和到固定点实施保障,由此可确定主要的机动方向。环境因素主要包括地形与道路状况、天候条件、敌方对保障单位机动的干扰以及其他因素方向等,考虑环境因素主要是为了对机动方向加以修正,进而确定更加合理的机动路线。

假设保障智能体空间位置变换只在1个二维空间平面上,其实际机动距离用地形系数修正。机动路线用点序列 $((x_d^1, y_d^1), \dots, (x_d^n, y_d^n))$, $n \in \mathbf{N}$ 表示。其中:点 (x_d^i, y_d^i) , $i \in \mathbf{N}, i \leq n$ 称为“第*i*个机动中间目标点”,依次连接中间目标点的折线就是保障智能体的机动路线。 t 时刻保障智能体*i*的空间位置坐标和速度分别为 (x_i^t, y_i^t) 和 $(v_x^i(t), v_y^i(t))$,有*j*(*i*)个环境因素对机动速度有影响, $w_i^{j(i)}$ 是环境因素的影响系数。当环境因素影响最大时, $w_i^{j(i)}$ 为0;当没有环境因素影响时, $w_i^{j(i)}$ 为1。

假设*t*时刻保障智能体的机动目标点坐标为 (x_d, y_d) , R_M 为1个仿真步长内的最大机动距离, L 为路线的中间目标点队列。图2说明了机动路线确定过程中的各种空间关

* 收稿日期:2010-04-30

作者简介:王栋(1981—),男,硕士研究生,主要从事装备保障仿真研究。

系。保障智能体的机动路线确定过程如下所述。

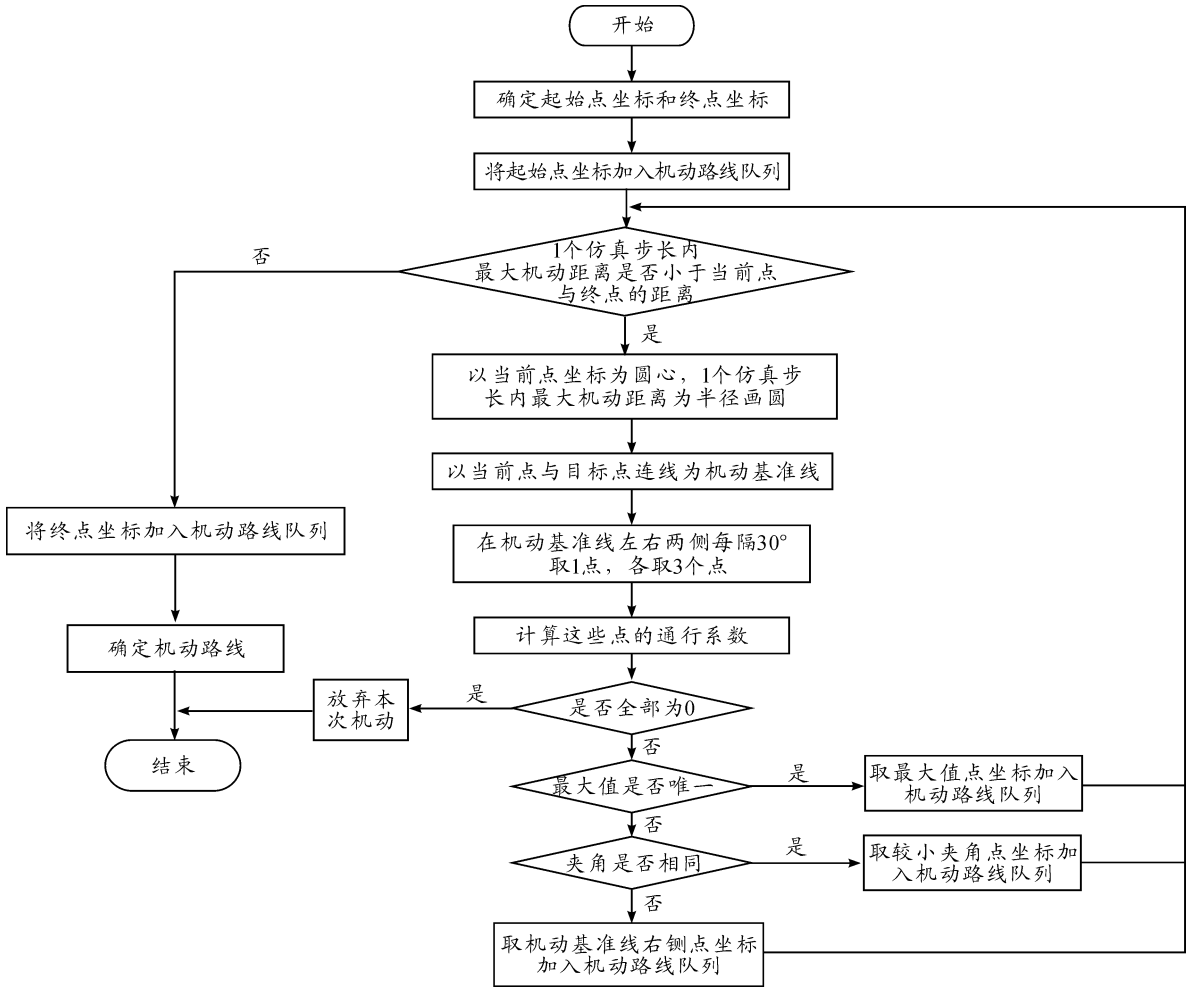


图1 保障智能体确定机动路线流程

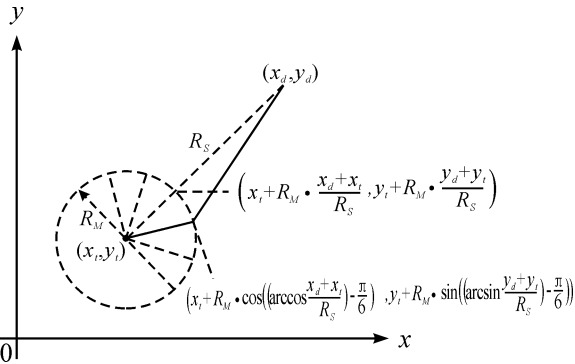


图2 保障智能体确定机动路线过程的空间示意图

第1步 令 $x_{\min} = \min(x_t, x_d)$, $x_{\max} = \max(x_t, x_d)$, $px = x_{\min}$, $py = \begin{cases} y_t, & x_t \leq x_d \\ y_d, & x_t > x_d \end{cases}$ 。令 L 为空, 将点 (px, py) 加入 L 的队尾, 转第2步。

第2步 令 $R_s = \sqrt{(x_d - px)^2 + (y_d - py)^2}$ 。如果 $R_s \leq R_M$, 转第3步; 否则, 以点 (px, py) 为圆心, 以 R_M 为半

径画圆。点 (px, py) 与点 (x_d, y_d) 之间的连线称为“机动路线基准线”, 机动路线基准线与圆的交点为 $(px + R_M \cdot \frac{x_d - px}{R_s}, py + R_M \cdot \frac{y_d - py}{R_s})$ 。在 $(px + R_M \cdot \frac{x_d - px}{R_s}, py + R_M \cdot \frac{y_d - py}{R_s})$ 的左右2侧圆上, 每隔 30° 取1点, 各取3个点, 其坐标分别为

$$\begin{aligned} & (x_t + R_M \cdot \cos\left(\left(\arccos\frac{x_d - x_t}{R_s}\right) - \frac{\pi}{6}\right), \\ & y_t + R_M \cdot \sin\left(\left(\arccos\frac{x_d - x_t}{R_s}\right) - \frac{\pi}{6}\right), \\ & \vdots \\ & (x_t + R_M \cdot \cos\left(\left(\arccos\frac{x_d - x_t}{R_s}\right) + \frac{\pi}{2}\right), \\ & y_t + R_M \cdot \sin\left(\left(\arccos\frac{x_d - x_t}{R_s}\right) + \frac{\pi}{2}\right)). \end{aligned}$$

在以上7个点上分别考虑环境因素对其速度的影响。若各点的 $w_i^{(c)}$ 全为0, 则转第4步; 若 $w_i^{(c)}$ 不全为0, 则取 $w_i^{(c)}$ 最大时点的坐标; 若最大值点不唯一, 则取与“机动路

线基准线”夹角较小点的坐标;若两夹角相同,则取“机动路线基准线”右侧点的坐标。令其坐标为 (px, py) ,将点 (px, py) 加入 L 的队尾,转第2步。

第3步 令 $tx_1 = x_{\max}, ty_1 = \begin{cases} y_1, x_1 \geq x_d \\ y_d, x_1 < x_d \end{cases}$,将点 (tx_1, ty_1) 加入 L 队尾。读取 L 队头的点 (tx_1, ty_1) ,如果 $tx_1 \neq x_{\min}$,或者 $ty_1 \neq \begin{cases} y_1, x_1 \leq x_d \\ y_d, x_1 > x_d \end{cases}$,则令 $tx_1 = x_{\min}, ty_1 = \begin{cases} y_1, x_1 \leq x_d \\ y_d, x_1 > x_d \end{cases}$,将点 (tx_1, ty_1) 加入 L 队头;如果 $tx_1 = x_1$,则 L 中从队头到队尾的点序列的连线即为机动路线;如果 $tx_1 = x_d$,则 L 中从队尾到队头的点序列的连线即为机动路线,转第5步。

第4步 认为以保障智能体的现有能力无法找到合适的机动路线,宣布放弃本次机动行为,转第5步。

第5步 结束。

1.2 确定机动速度^[5]

由于保障智能体的机动路线是1条折线,在每段折线上的环境因素影响都不同,因此其机动速度需要分段计算。影响机动的环境因素主要包括地形与道路状况、天候条件、敌方对保障单位机动的干扰以及其他因素方向等,其具体内容如表1所示。

表1 战场环境对机动速度的影响

地形情况	草地、丘陵、泥地、沙漠、雪地等
道路状况	等级公路、柏油路、碎石路、土路等
天候条件	黑夜、浓雾、降水、气温、风力等
敌方因素	火力袭击、人员袭扰、侦察机侦察、核武器袭击、生物武器袭击、化学武器袭击等
人工障碍	染毒地段、雷场、铁丝网、反坦克壕、地面传感器、桥梁被毁等
天然障碍	水塘、天然壕沟等

由第1步可知,保障智能体的机动路线是由队列 L 确定的点序列的连线。以第 i 段机动路线为例,在点 (x_d^i, y_d^i) 与 (x_d^{i+1}, y_d^{i+1}) 之间的速度 (v_x^i, v_y^i) 的计算过程如下。

1) 当战场环境处于某种条件时,已知保障智能体的标准机动速度为 V_0 。设 $V_i (i = 1, 2, \dots, L-1)$ 为保障智能体在第 i 段机动路线上的机动速度,则

$$V_i = \prod_{j=1}^i w_j^{(i)} V_0$$

2) 在第 i 段机动路线上, x 与 y 方向的机动速度 v_x^i, v_y^i 分别为

$$v_x^i = V_i \cdot \frac{|x_{i+1} - x_i|}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}$$

$$v_y^i = V_i \cdot \frac{|y_{i+1} - y_i|}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}$$

1.3 确定机动方向

设第 i 段机动路线的机动方向角为 θ ,则其计算过程如下。

1) 如果 $x_d^{i+1} = x_d^i$ 且 $y_d^{i+1} > y_d^i$,则 $\theta = \frac{\pi}{2}$;如果 $x_d^{i+1} = x_d^i$ 且 $y_d^{i+1} < y_d^i$,则 $\theta = -\frac{\pi}{2}$;

2) 如果 $x_d^{i+1} > x_d^i$,则 $\theta = \arctan \frac{y_d^{i+1} - y_d^i}{x_d^{i+1} - x_d^i}$;

3) 如果 $x_d^{i+1} < x_d^i$,则 $\theta = \pi + \arctan \frac{y_d^{i+1} - y_d^i}{x_d^{i+1} - x_d^i}$ 。

1.4 空间状态转移

假设 t 时刻保障智能体所在的空间位置为 (x_i, y_i) ,那么在 $t + \Delta t$ 时刻,保障智能体的空间位置坐标为:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v_x^i(t) \cdot \Delta t$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v_y^i(t) \cdot \Delta t$$

2 结束语

机动模型是装备保障行为模型中的1种基础模型,关系着整个装备保障仿真的实现。本文中从确定机动行为的主要环节着手,综合考虑战场环境影响和模型的自主性,建立了装备保障智能体的机动行为模型,描述了装备保障智能体的空间位置变换过程,提高了装备保障仿真的逼真度。本文中的机动行为模型只是初步考虑了自然环境和敌方因素的影响,在下一步的研究工作中,将结合地理信息系统更加深入地研究复杂战场环境对机动行为的影响。

参考文献:

- [1] 郭齐胜,罗小明,董志明.装备作战仿真概论[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 樊胜利,柏彦奇,刘洁.面向装备作战仿真的智能机动模型的设计与实现方法研究[J].军械工程学院学报,2009(6):1-4.
- [3] 迟妍,邓宏钟.作战智能体的机动行为模型研究[J].计算机仿真,2009(5):96-99.
- [4] 钟立力,王平,田东呵.机动作战路线选择的辅助决策系统模型[J].兵工自动化,2007(7):25-26.
- [5] 周和平,曾勇,鞠涛.部队公路机动通行能力求解方法及模型研究[J].军事交通学院学报,2008(5):23-27.

(责任编辑 周江川)