

自行高炮 CGF 人类行为模型研究与实现

王 鹏, 彭 琨, 薛芳侠, 许一男
(中国人民解放军 63892 部队, 河南 洛阳 471003)

摘要 针对当前 CGF 行为建模时存在的决策过程过于呆板和教条化、仿真实体逼真度存在缺陷、同一仿真实体建立不同决策模型时采用的方法过于单一等问题, 对行为建模技术进行了研究, 建立了自行高炮 CGF 的战术规则库, 重点研究如何应用基于规则的专家系统对自行高炮 CGF 人类行为模型进行开发, 最后基于此方法对车长的行为模型进行了设计实现。该方法避免了对复杂的乘员决策行为进行分析和建模的过程, 实时性好, 对今后相关的研究工作具有较好的参考价值。

关键词 计算机生成兵力; 自行高炮; 行为建模; 规则库; 专家系统

中图分类号 :TN911-34; TP391.9

文献标识码 :A

文章编号 :1004-373X(2013)02-0100-04

Research and realization of human behavior model of computer generated force used for self-propelled anti-aircraft artillery

WANG Peng, PENG Hui, XUE Fang-xia, XU Yi-nan
(Unit 63892 of PLA, Luoyang 471003, China)

Abstract : Aiming at the problems of too stiff and dogmatic situations in the decision making process of computer generated force (CGF) behavioral modeling, short-comings of the entity model fidelity, and too single method adopted when the different decision-making models are built for a same fidelity simulation entity, the behavior modeling technology was researched, and the tactical studies rules of CGF was created for self-propelled anti-aircraft artillery. The important study is how to use the expert system based on the rules to develop a human behavior model for CGF. At last, the captain behavior model was designed and achieved with this method. The method avoids the complicated occupant behavior analysis and modeling process and has a good reference value for the future related research.

Keywords : computer generated force; self-propelled anti-aircraft artillery; human behavior modeling; rule base; expert system

计算机生成兵力(Computer Generated Forces, CGF)是能在基于分布交互仿真技术构建的虚拟战场环境中,产生一定自治性智能行为实体的仿真软件^[1]。如何有效地对自行高炮 CGF 实体对象及其行为进行建模,是自行高炮 CGF 研究的重要内容。CGF 的行为建模分为物理行为建模和人类行为建模,其中人类行为建模是 CGF 行为建模的重点^[2]。本文将论述当前 CGF 人类行为建模存在的问题,针对这些问题给出行为建模方法,重点研究如何应用这些方法对自行高炮 CGF 人类行为模型进行开发。

1 CGF 人类行为建模问题分析

人类行为建模是 CGF 的核心技术之一,按照 DoD 的定义,它是指对在军事仿真中需要表示的人的行为或表现进行建模^[3]。CGF 系统中许多军事仿真中的合成兵力采用相对原始的人类模型来构造,其中决策行为

往往采用一种粗糙、脆弱的方式来表示,这使得所产生的虚拟兵力表现出不切实际的行为和过分简单化的反应,不符合真实的战斗员和分队的行为^[4]。当前 CGF 系统中使用的决策方法存在的主要问题有:

(1)决策过程过于呆板和教条化。决策行为缺乏可变性、柔顺性和适应性^[5]。

(2)仿真实体逼真度存在缺陷。很多仿真实体所使用的决策模型都没有考虑到个体的疲劳程度、作战经验、情绪冲动、时间压力以及作战技能水平等因素对决策结果产生的影响,并且这些因素对于每个仿真实体所产生的影响应当有所不同。

(3)同一仿真实体建立不同决策模型时采用的方法过于单一。

2 行为建模技术研究

2.1 行为建模技术分析

在此针对上节提出的人类行为建模中存在的问题,

收稿日期:2012-09-13

对自行高炮 CGF 的行为建模技术进行研究 ,给出其解决方法。开发 CGF 的难点和重点之一在于 CGF 实体行为的生成 ,如何生成真实可信的实体行为是 CGF 研究的核心问题。CGF 系统中常用的决策方法可以分为两大类 :基于人工智能技术的决策方法和基于效用理论的决策方法。前者又可以分为基于规则的专家系统和符号推理系统两类 ,后者可以分为基于属性的决策方法和对策方法两类。其中 ,基于规则的专家系统最常见 ,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序^[6]。自行高炮的防空作战过程是一个非常有序的动态过程 ,采用基于规则的专家系统可以直接使用车长、炮手的作战经验 ,避免了对复杂的乘员决策行为进行分析和建模的过程 ,而且计算开销小 ,实时性好。

2.2 规则库的构建

自行高炮 CGF 实体在虚拟战场中与对手作战并不是随意进行的 ,而是根据自行高炮作战经验的积累而已经形成的一些基本战术原则 ,自行高炮乘员在防空作战时一般基于这些规则选择一定的战术动作 ,并操纵高炮完成所选动作。基于规则的专家系统中 ,最根本的就是知识库 ,也称规则库。规则库由一条条战术规则构成 ,战术规则由军事专家制定 ,包括产生战术动作的产生条件和战术动作。战术规则的基本形式为 :

If $x_1 [a_{11}, a_{12}]$ AND $y_1 [b_{11}, b_{12}]$ AND $z_1 [c_{11}, c_{12}]$ AND $v_1 [d_{11}, d_{12}]$ THEN M_1

If $x_n [a_{n1}, a_{n2}]$ AND $y_n [b_{n1}, b_{n2}]$ AND $z_n [c_{n1}, c_{n2}]$ OR $v_n [d_{n1}, d_{n2}]$ THEN M_n

把一组产生式规则放在一起 ,互相配合 ,协同作用 ,一个产生式生成的结论可以供另一个产生式作为已知事实使用 ,以求问题的解决 ,这样的系统就是产生式系统^[7]。本文在设计规则库时采用如表 1 所示的结构。

表 1 战术规则库的结构

字段名称	类型
规则代码	数字
子条件一下限	数字
子条件一上限	数字
条件 K	文本
子条件 N 下限	数字
子条件 N 上限	数字
关系	逻辑值
战术动作	文本

表 1 中规则代码为规则的序号 ,对于区间型的条件采用子条件上限和子条件下限的方式来进行描述 ,对于陈述型的条件采用文本来描述 ,各条件之间的关系采用逻辑值描述。下面给出自行高炮 CGF 在某情况下的战术规则示例 :如果自行高炮 CGF 和蓝方目标距离在 0.5~0.9 km ,目标使用航炮攻击 ,目标方位运动角速度在 0~80 μ s 之间 ,目标高低运动角速度在 0~60 μ s 之间 ,目标没有过航 ,且自行高炮 CGF 自身状态完好 ,则自行高炮 CGF 立刻进行射击^[8]。按照上文提出的战术规则库的结构 ,设计战术规则库如表 2 所示。

3 人类决策行为模型实现

根据上节可知 ,车长和炮手决策行为的规则较为有序 ,本文以车长的决策行为为例 ,采用基于规则的专家系统对车长的决策行为模型进行建立 ,并给出相应的仿真实现 ,其中车长的决策行为模型主要为车长改变威胁度的决策行为模型。单炮搜索雷达能自动判决威胁度 ,采用的是 V/D 准则^[9] ,并以此来定出 1 号、2 号威胁度。在实战时有时需要攻击按 V/D 准则确定的 2 号或其他号目标 ,而炮塔调转只允许调往 1 号目标威胁度目标方位 ,为此需要人工改变威胁度号将要攻击目标的威胁度改为 1 号威胁度^[10]。

3.1 改变威胁度的时机分析

改变威胁度的时机与转移火力的时机有密切的关系 ,在有上级的转移火力指示时 ,按上级指示进行 ,当得不到上级指示时 ,则应根据当时的空情自行掌握。

本文通过对车长作战行为进行分析 ,建立如下决策指标 :是否接到上级转移火力指示、目标是否被击落、目标是否过捷径点离远飞行以及是否突然发现威胁更大的目标。根据指标体系建立的改变威胁度时机的行为规则如图 1 所示。仿真开始后 ,首先判断有没有接到上级转移火力的指示 ,若有 ,则放弃原威胁度为 1 的目标 ;若没有 ,则判断目标是否被击落 ,若目标被击落 ,则雷达利用 V/D 准则自动地对其余目标进行威胁度判断 ,若没有被击落 ,则判断目标是否过捷径点远离飞行 ,若目标已过航 ,则放弃原威胁度为 1 的目标 ,若没有过航 ,则判断车长是否发现对高炮威胁度更大的目标 ,若没有发现 ,攻击原威胁度为 1 的目标 ,若发现有威胁度更大的目标 ,则放弃原威胁度为 1 的目标 ,车长通过改变威胁度编号 ,使高炮攻击改变威胁度后威胁度为 1 的目标 ,仿真结束。

3.2 车长改变威胁度的行为模型实例

将 CGF 实体放在综合作战环境中 ,训练水平和个人性格特征差异体现在其具有不同的获取和记忆能力。

表2 战术规则库示例

规则代码	距离下限	距离上限	关系1	目标方位角速度下限	目标方位角速度上限	关系2	目标高低角速度下限	目标高低角速度上限	关系3	目标过航情况	关系4	CGF自身状态	关系5	战术
1	0.5	0.9	与	0	80	与	0	60	与	否	与	完好	与	立刻射击

在作战环境中有的CGF实体会感到 疲劳 和 紧张 ,而有的则不会 ,参加训练的人员仿佛是 真人 或其控制的实体进行交互 ,从而提高了训练的真实性和交互性。根据改变威胁度的战术行为规则进行实例开发 ,考虑到决策行为对系统实时性、运算速度以及软件的可移植性要求较高 ,故本文基于 VC 6.0 开发环境进行开发。图2为某车长改变威胁度决策行为的实例应用。

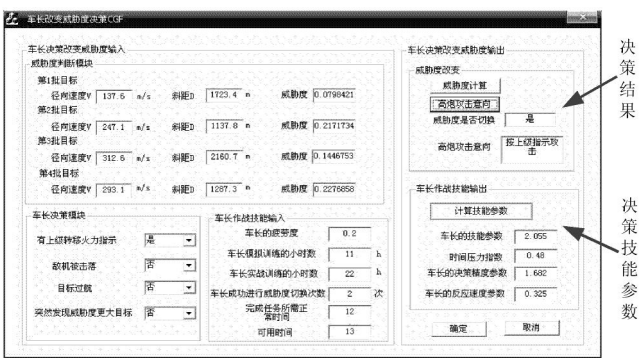


图2 车长改变威胁度的决策行为模型实例

4 结 语

本文对自行高炮CGF中的人类行为建模进行了研究 ,首先分析了CGF人类行为模型的主要内容及其重要意义 ,针对当前人类行为建模存在的问题给出相应的解决方法。提出智能决策规则库的构建方法 ,通过对自行高炮作战规则的提取 ,采用基于规则的专家系统对车长的决策行为进行建模。

该方法避免了对复杂的乘员决策行为进行分析和建模的过程 ,而且计算开销小 ,实时性好 ,对今后相关的研究工作具有较好的参考价值。

参 考 文 献

[1] 郭齐胜 杨立功 杨瑞平 ,等.计算机生成兵力导论[M].北京 :国防工业出版社 ,2006.

[2] 杨立功 ,郭齐胜.计算机生成兵力研究进展[J].计算机仿真 ,2000 ,17(3) :4-7.

[3] 薄涛.格斗空战行为建模技术研究[D].长沙 :国防科学技术大学 ,2002.

[4] 尹全军.基于多 Agent 的计算机生成兵力建模与仿真研究[D].长沙 :国防科学技术大学 ,2005.

[5] 连云峰.基于 CGF 技术的坦克排进攻战斗行为建模与仿真研究[D].石家庄 :军械工程学院 ,2008.

[6] 梁冠辉.基于仿真平台的自行高炮武器系统作战效能评估方法研究[D].石家庄 :军械工程学院 ,2010.

[7] 孙少斌 陈璐 张仁友.基于智能体技术的 CGF 行为模拟研究 [J].火力与指挥控制 ,2009 ,34(3) :79-83.

[8] 熊会祥.自行高炮武器系统作战指挥模拟训练关键技术研究与应用[D].石家庄 :军械工程学院 ,2009.

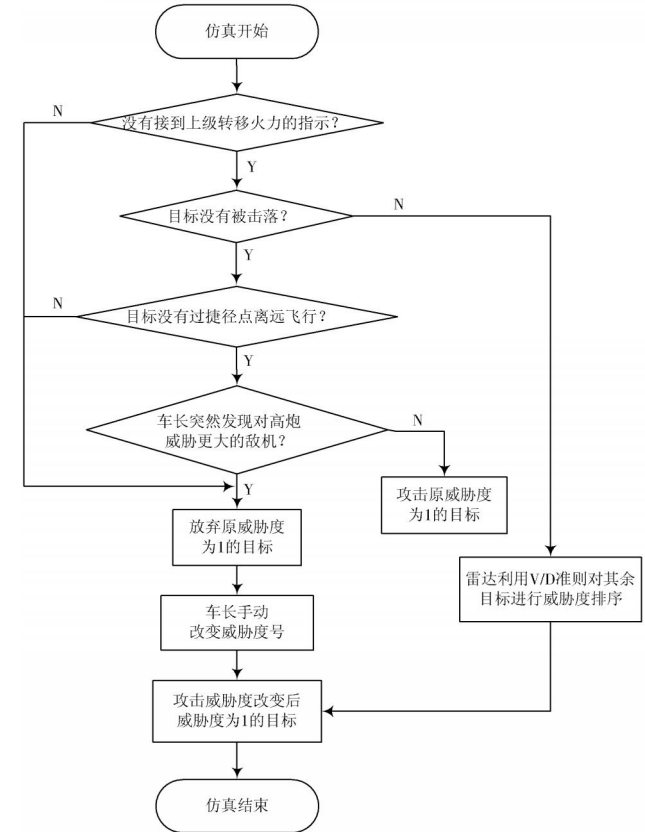


图1 改变威胁度的决策行为规则

某次仿真训练中 ,由蓝方武器节点生成 4 批目标 ,目标信息传送到车长威胁度决策行为模型中 ,通过目标威胁度判断 ,分别得到 4 批目标的威胁度 ,车长根据威胁度判断的结果和战场态势来判断最终要攻击的目标批次。决策调节器来反映不同技能车长的决策效能 ,根据作战技能和时间压力的输入值得出该车长的技能参数为 2.055 ,时间压力指数为 0.48 ,即该车长具有一定的实战经验 ,在本次决策中时间压力适中。决策中接到上级转移火力的指示后 ,放弃原来威胁度最大的目标 ,转

而通过改变威胁度来攻击上级指示的目标。

可以看出,改进后的算法在第二阶段的收敛速度明显变快,减少了一些步数,并且在 C_2 变化的同时就开始调节 C_1 ,既对导纳的实部变化产生影响,又使得虚部提前开始向目标值靠近。

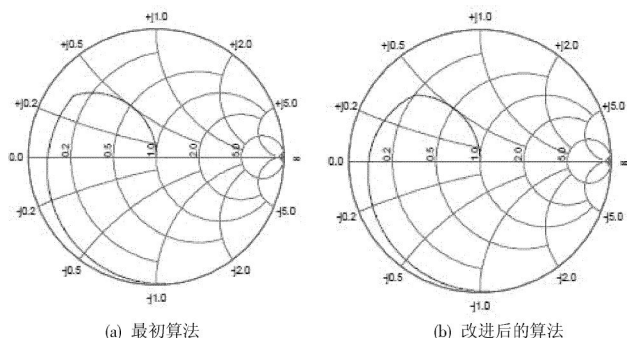


图3 两种方案在 $Z=4.1+6j$, $C_1^1=0$, $C_2^1=0$ 情况下的Smith圆图

3.1 算法存在的问题

通过对仿真中4种情况的分析,可以将算法中出现的不足归纳为2个原因:

(1)类可行解。步数最多的情况为 $C_1^1=1000$, $C_2^1=0$ 时,远大于另外3种情况,而产生这种情况的原因是由于在 C_2 步数在238步处,算法认为导纳的实部已经达到要求,进而对 C_1 进行了一次遍历,并未考虑到 C_1 的取值范围能否满足要求。所以还需要通过一定的改进以帮助其避免这样的类可行解产生的影响。

(2)超调现象。对于第4种情况的仿真进行分析:虽然其步数最少,但是 C_1 的变化仍然出现了一定的反复,导致算法与最优步骤相差了大约40步。这种现象显然是由于算法并未预测到 C_2 的变化产生的影响,导致 C_1 产生了超调的结果,在最优解附近产生了一定的振荡。

3.2 算法改进方向

(1)设法对 C_2 与导纳的非线性关系进行线性近似处理,从而实现总导纳的提前预测,以此做出合适的控制策略,减少超调量,并减小过渡过程时间(即总步数)。

(2)利用Smith圆图,每经过一步后都将该点标示在Smith圆图上。由于最终的匹配目标反应在Smith圆图上

即为原点,所以,可以试图画出一条由初态直到末态的直线,使得调整轨迹能够与该直线重合。

同时,应当认识到,由于 C_1 , C_2 的步进特性与非线性特性,不可能使轨迹完全与期望直线重合。但是,依然可以利用该直线判断出两个电容下一步的变化方向,得到一个较优的状态,再利用这个状态与原点的直线获得后续状态。

4 结 语

(1)可同时调节两个可调电容,其效率比分别调节两个电容要高。

(2)在调节 C_2 的过程中,会有一个 C_2 的值使得实部符合要求,但此时无论怎样调节 C_1 都不能使虚部达到要求,在这个点的遍历是降低算法效率的主要因素。

(3)在某些初试条件下,由于 C_1 , C_2 取值的限制,无论怎样调节,都难以实现阻抗匹配。

参 考 文 献

- [1] 曹弋. Matlab教程及实训[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [2] 熊义杰. 运筹学教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [3] 邱苑华, 冯允成, 魏法杰, 等. 运筹学教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [4] [美]李维熙. 射频电路工程设计[M]. 鲍景富, 译. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [5] [美]米尔斯切特. 数学建模方法与分析[J]. 刘来福, 译. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [6] 司守奎, 孙玺菁. 数学建模算法与应用[J]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- [7] 金武, 魏永生, 秦健, 等. Matlab在数学建模中的应用[J]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [8] 张志涌. 精通Matlab R2011a[J]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [9] 胡运全, 郭耀煌. 运筹学教程[J]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [10] 史峰, 王辉. Matlab智能算法30个案例分析[J]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.

作者简介: 王月爱 讲师 教师, 西安理工大学在读硕士研究生。

侯艳红 讲师 教师。

冯向莉 副教授教师。

(上接第102页)

- [9] 孙珠峰, 孙尧, 黄文斌. 计算机生成兵力量化行为的调整模型[J]. 计算机工程, 2005, 31(3): 158-160.

- [10] 陈选社. PGZ95式25 mm自行高炮作战指挥[D]. 郑州: 郑州防空兵学院, 2003.

作者简介: 王 鹏 男, 1986年出生, 山西长治人, 研究实习员。主要研究方向为系统仿真对抗。

彭 琨 男, 1976年出生, 河南信阳人, 工程师。主要研究方向为系统对抗、 C^4 ISR系统建模仿真与测试验证技术。

薛芳侠 男, 1972年出生, 河南镇平人, 高级工程师。主要研究方向为系统对抗、 C^4 ISR系统建模仿真与测试验证技术。

许一男 男, 1982年出生, 内蒙赤峰人, 工程师。主要研究方向为系统仿真对抗。