

# 基于 Agent 的空袭目标流的反应行为模型

宋乃华, 邢清华, 刘付显

(空军工程大学导弹学院, 三原 713800)

**摘要:** 采用 Agent 体系结构表达空袭实体, 引入了集成范例学习和推理及规则推理的综合决策机制, 有效地解决了结构化经验知识和规则之间的矛盾。提出不确定性的区间数运算规则、含元级知识的冲突解决和分层搜索策略, 在保证最佳对抗策略的同时提高了实体的反应速度。构建空袭目标流的反应行为模型, 使生成的空袭目标流具有一定的智能, 能够较为逼真地模拟实际空情, 弥补以往目标流生成器的不足。

**关键词:** Agent; 推理决策; 行为模型; 冲突消解

## Response Behavior Model of Air-attack Stream Based on Agent

SONG Nai-hua, XING Qing-hua, LIU Fu-xian

(Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800)

**【Abstract】** Behavior model of air-attack stream adopts frame structure of Agent and the measure of synthesize CBR and RBR technology, resolves the representation and proceedings of Air-attack field knowledge. To perfect the responses behavior model, this paper puts forward the operation rules of indeterminacy based on inter-zone number, conflict resolution and search strategy. The air-attack model indicates the advantages of behavior modeling, and creates air-attack stream to represent intelligence and simulate actual responses of air pilots perfectly.

**【Key words】** Agent; reasoning and decision; behavior model; conflict resolution

空袭与反空袭是现代作战的重点之一, 为了检验防空方的作战能力, 在不可能进行代价昂贵、协调困难的实兵演练的情况下, 空防对抗仿真系统是较为理想的选择。对于空防对抗仿真系统来说, 空袭目标流的生成至关重要, 它的好坏直接关系到整个系统的优劣。以往的目标流产生器生成的目标流(指飞机类空袭兵器)都是在固定航线的某些航迹点做指定的动作, 这并不能完全反映实际空情, 达不到预期效果。因此, 现有的仿真系统一般是通过设置操纵员接口来解决的。但培养一个优秀的对手(即导训人员)花费巨大, 且该对手不一定能完全展示出其应有的技能。因此, 本文提出了基于 Agent 的空袭目标流的反应行为模型。

### 1 空袭 Agent 的定义和结构

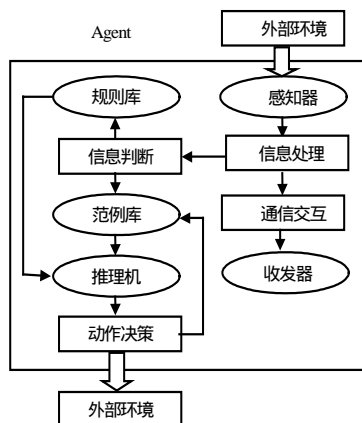


图1 空袭 Agent 结构

Agent 是一种智能主体, 具有自主性、反应性、社会性、交互性等, 能够感知外界环境并作出反应。针对不同的应用

场合, Agent 可分为合作型、反应型、移动型、接口型及信息型<sup>[1]</sup>。每类 Agent 具有自己的优缺点, 根据实际需要, 可以综合应用它们的技术以扬长避短, 更好地达到设计目标。

空袭是一个复杂的过程, 每一波次都涉及到队形保持、协调通信、战术机动等。为较为全面地描述这些过程, 本文采用反应型和合作型的混合结构。该结构综合了反应型 Agent 和合作型 Agent 各自的优点, 不仅能够很好地表达自身的战术动作, 还可以表示出多机之间的通信交互。空袭 Agent 的结构如图 1 所示, 类定义如下:

```
class Agent_AirCraft
{
private:
    Task m_task; //空袭任务
    PilotState m_pilotstate; //飞行员心智状态
    RuleSet m_ruleset; //作战规则库
    CaseSet m_caseset; //范例库
public:
    char *name; //名称
    int *index; //代号
    CraftState m_craftstate; //飞机状态(高度、速度等)
    Communicatot m_communication; //通信类, Agent 之间的通信
    void InfoDeal(); //信息处理, 过滤无效信息
    int InfoJudge(); //判断信息所处知识库, 返回库的索引
    void InfoDistribute(); //信息广播, 实现共享
```

**作者简介:** 宋乃华(1982 - ), 男, 硕士研究生, 主研方向: 防空专家系统, 智能作战仿真; 邢清华, 教授、博士后; 刘付显, 教授、博士

**收稿日期:** 2006-10-13 **E-mail:** tuishi@163.com



(3)规则本身的不确定性

$$CF(p \rightarrow q) = CF(p) \times CF(\text{Rule})$$

(4)不确定性传递

$$CF(p \rightarrow r(q)) = CF(p \rightarrow q) \times CF(q \rightarrow r)$$

例如: IF ( $p_1 \wedge (p_2 \vee p_3)$ ) THEN ( $q$ )

其中,  $CF(p_1) \in [a_1, b_1]$ ,  $CF(p_2) \in [a_2, b_2]$ ,  $CF(p_3) \in [a_3, b_3]$ 。

则依据基于区间数的不确定性运算规则有

$$CF(p_1 \wedge (p_2 \vee p_3)) \in [a_1 a_2 + a_1 a_3, b_1 b_2 + b_1 b_3]$$

### 3.2 集成规则和范例推理

规则是用于描述通用的行为准则,以定义空袭领域的作战条令。但实际战场的复杂性使作战条令难以包含各种特殊情况,此时,需要飞行员的经验知识作为对规则的补充,以作为在相似环境下的决策参考。在该反应行为模型中,集成规则和范例推理决策方法,充分地利用了各自的优点,既避免了建立大型的范例库,又解决了规则表示知识的充分性问题。

集成规则和范例推理方法的基本思想是:对于特定的问题,先限定该问题所落入的知识领域,即属于条令知识还是经验知识,再用该领域知识求解。如果问题属于经验知识,则在范例的解答改编阶段时,利用产生式规则实现解答的自动改编,提高模型的灵活性和强壮性。如果问题属于条令知识领域,则借鉴有限状态机(FSM)的自动状态变换<sup>[3]</sup>,直接利用产生式规则进行正向推理,完成问题的解答。

### 3.3 含元级知识的分层搜索和冲突消解

为了实现系统决策结果的正确性、推理的实时性目标,在该模型中建立了含元级知识的分层搜索和冲突消解机制。元级知识是对元知识和专有名词的统称,而元知识又包括元事实和元规则。元事实用于描述领域知识的表示结构、规则之间的控制约束关系、知识的适用范围等;元规则用来说明目标规则如何使用的规则,指导问题求解所要求的推理;专有名词构成知识表的一级索引并指导范列表的二级索引分配。

含元级知识的分层搜索策略就是依据图 3 建立的知识库层次结构,利用专有名词对各表进行二次检索,确保较快地查找到问题所处的数据段。冲突消解就是在规则前件同时满足时,选择最合适的规则去执行,含元级知识的冲突消解算

法如下:

(1)选择所有激活规则,送入冲突集;

(2)选择最高优先级规则  $\text{Select}(\text{Pre}_{\max}) = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ ;

(3)查找相关元事实  $\text{Search\_Metal\_fact}(R_1, R_2, \dots, R_n)$ , 删除范围外规则;

(4)查找相关元规则  $\text{Search\_Metal\_rule}(R_1, R_2, \dots, R_n)$ , 并检索指导规则;

(5)利用指导规则对原规则进一步排序,并选中规则  $R_{\text{first}}$ ;

(6)执行最终选中规则,存储消解策略。

## 4 结论

Agent 是一个自治体,它在实体自治行为表达方面存在的优势,使其在 CGF 行为建模方面得到广泛的应用。本文介绍了基于 Agent 空袭目标流反应行为模型的框架、各主要模块及采用的相关技术。该模型的难点在于元级知识的获取和范例推理的环境匹配,由于尚未有成熟通用的元级知识获取算法,因此主要依靠人工从规则中抽取,效率较低;范例推理的处境描述复杂,难以精确匹配,一定程度上影响了模型的推理速度。此外,要使生成的空袭目标流能够应用于空防对抗仿真系统,还涉及到 MAS 系统、HLA 技术、物理建模、环境建模等,将这些先进建模方法和仿真技术结合起来,形成智能目标流生成系统(intelligence air-target stream system, IASS)是下一步要进行的工作。

### 参考文献

- 1 高 济. 基于知识的软件智能化技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000.
- 2 Hursh S R, McNally R E. Modeling Human Performance to Predict Unit Effectiveness[C]//Proc. of Army Science: the New Frontiers, Military and Civilian Applications, Saratoga. 1993: 309-328.
- 3 刘秀罗, 黄柯棣, 朱小俊. 有限状态机在 CGF 行为建模中的应用[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(5): 663-665.
- 4 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.
- 5 Aha D W, Waston I. Case-based Reasoning Research and Development[C]//Proceedings of ICCBR'01. 2001.
- 6 Petty M D. Computer Generated Forces in Distributed Interactive Simulation[C]//Proceedings of the Conference on Distributed Interactive Simulation System for Simulation and Training in the Aerospace Environment. 1995: 251-280.

(上接第 209 页)

当图像的光照情况变化,例如光照较强或较弱,甚至有遮挡时,本系统同样能够获得比较满意的效果,如图 13 所示。

对于图 14 中遮挡的情况,最后通过 Hough 变换断线相连的方法将这些断续的线连接了起来。

## 3 结论

本文提出了一种基于图像处理的铁轨自动检测方法,与经典的边缘检测算子相比,具有明显的优势。利用设计的 LLPD 算子,能够在不引入过多噪声的前提下,保留尽可能多的铁轨边缘,而传统的边缘检测方法例如 Sobel 算子和 Canny 算子很难实现这两方面的平衡。

同时,LLPD 算子不仅适用于铁轨图像。实验证明,当边缘没有剧烈弯曲并且未遭受污染的时候,LLPD 算子能够得到连续的边缘。

### 参考文献

- 1 Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 2 Sonka M, Hlavac V, Boyle R. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- 3 Princen J, Illingworth J, Kittler J. Hypothesis Testing: A Framework for Analyzing and Optimizing Hough Transform Performance[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, 16(4): 329-341.
- 4 Demigny D, Lorca F G, Kessal L. Evaluation of Edge Detectors Performances with a Discrete Expression of Canny's Criteria[C]//Proc. of International Conference on Image Processing, Los Alamitos, CA. 1995: 169-172.
- 5 William P K. Digital Image Processing[M]. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1991.

