

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.03.010

基于 Agent 的工程保障分队任务规划研究

冯柯¹, 郑伟¹, 李焕良¹, 孙伟², 马玉皓¹

(1. 解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京, 210007; 2. 总参谋部陆航研究所, 北京 101121)

摘要: 依据工程兵部分队所担负的工程保障任务, 提出了一种混合 Agent 结构 PCGFA。建立了工程保障分队 Agent 总体框架模型, 阐述了其工程保障分队 Agent 的工作流程, 运用自适应网络模糊推理系统 (ANFIS) 对工程保障分队 Agent 构筑指挥所掩蔽部作业进行推理、学习, 分析得出工程保障分队合理的作业方式。并根据筑城分队 Agent 某型推土机作业记录对推理系统进行验证。实验表明, 该系统具有较快的收敛速度和较好的精度, 对工程保障分队任务规划方面的研究提供了一种方法和思路。

关键词: 工程保障分队; Agent; 自适应网络模糊推理系统 (ANFIS); 任务规划

中图分类号: TP273+.2; N945.13 **文献标识码:** A

Research on Mission Planning for Engineering Support Element Based on Agent

FENG Ke¹, ZHENG Wei¹, LI Huan-liang¹, SUN Wei², MA Yu-hao¹

(1. Engineering College of Engineering Corps, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China;

2. General Staff of Army Aviation Research Institute, Beijing 101121, China)

Abstract: According to the engineering support task, a mixed Agent architecture PCGFA was presented. Frame architecture of engineering support element agent was built and the work process of engineering support element was expounded. Adaptive neural fuzzy inference system (ANFIS) was applied to reasoning, learning and analyzing the work of building field shelter. A reasonable operating way of engineering support element was got. The inference system in this article was verified through the task records of the fortification element. The results show that the system had fast convergence rate and good precision and provided a method and thought for researching on mission planning for engineering support element.

Keywords: Engineering support element; Agent; Adaptive neural fuzzy inference system (ANFIS); Mission planning

0 引言

工程保障分队 Agent 任务规划是指: 工程保障分队 Agent 根据作业任务和信息采集器得到的作业场地信息从专家知识中推理出合理的作业方式。

Agent 目前被广泛接受的定义是“如果一个实体可用信念、承诺、义务、意图等精神状态描述, 则该实体可视为一个 Agent”。而 Agent 的弱定义是“Agent 是具有自治性、社会能力、反应性和主动性的硬件或软件计算实体”。多 Agent 系统指: 为了克服单个 Agent 资源和能力的限制, 解决大规模复杂问题的求解, 将多个 Agent 松散地耦合在一起组成的系统。多 Agent 系统并不是多个 Agent 的简单集合, 而是具有一定的组织结构。系统中不同的 Agent 间能进行通信, 并能针对具体的问题协作^[1-2]。

计算机生成兵力 (CGF) 指在分布式仿真战场环境中由计算机生成和控制的仿真实体。通过对人类的作战行动的建模, 实体能够不需要人的交互而自动地对仿真战场环境中的事件和状态作出反应,

实现其在战斗中的角色和职能^[3]。故依据工程兵部分队所担负的工程保障任务, 建立工程保障分队 Agent 总体框架模型, 提出混合 Agent 结构 PCGFA。

1 工程兵工程保障分队 Agent 结构

战时工程兵主要遂行机动、反机动和生存工程保障任务。以工兵团为例, 在战时, 其担负的主要工程保障任务为: 构筑指挥所、构筑军用道路、构筑浮桥码头、构筑直升机起降场、布设雷场以及伪装等。根据工程保障任务, 其工程保障力量一般可分为筑城分队、道桥分队、舟桥分队、地爆分队、伪装分队等。依照上述分类及各分队之间的关系, 对工兵团进行 Agent 建模, 其总体结构如图 1。

工程保障分队 Agent 体系中, 个体的工程保障分队 Agent 属于平台级 Agent, 即仿真对象为工兵团的工程保障分队。平台级 CGF 在层次上处于底层, 需要具有灵活的反应能力, 对任务的理解能力和合理的动作规划能力。这里的理解和规划能力必须是快速的和面向行为的。采用反应型 Agent 能够

收稿日期: 2009-10-09; 修回日期: 2009-11-04

基金项目: 某型装备保障指挥仿真训练系统 (4241315Q)

作者简介: 冯柯 (1968-), 男, 江苏人, 博士, 教授, 从事工程装备管理、保障及信息化研究。

对平台级 CGF 实体行为进行描述, 但不具备理解和规划能力; 慎思型 Agent 基于符号的人工智能复杂度较高, 也不适合应用于对平台级 CGF 的规划^[4]。

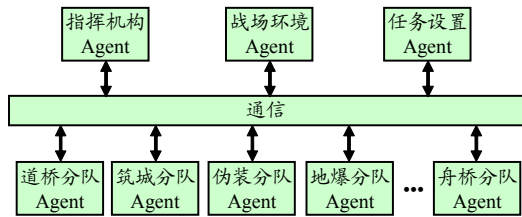


图 1 工程保障分队 Agent 体系结构图

因此, 提出一种面向平台级 CGF 的混合 Agent 结构 PCGFA, 其设计原则是:

- 1) 决策模块和知识模块都采用 2 层结构;
- 2) 采用自顶向下的决策过程, 上层对下层进行指导, 下层直接控制行为;
- 3) 每层都是混合型的, 即上下两层都分别具有学习、推理、判断能力和环境感知能力、反应能力;
- 4) 下层优先级高于上层。

工程保障分队多 Agent CGF 系统由各工程保障分队 Agent 组成。这些 Agent 能进行作业并能相互通信协作。个体工程保障分队 Agent 框图如图 2。

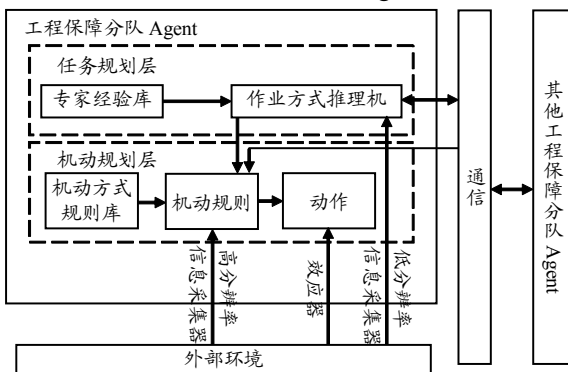


图 2 工程保障分队 Agent 框图

通信模块层与其他 Agent 进行信息交互, 其接收到的信息有 2 类: 一类是作业任务信息, 另一类是其他工程保障分队 Agent 发送的协作请求信息。对于第 1 类任务描述信息, 通信模块将其转换后转发给任务规划层; 而第 2 类协作请求信息则直接发送给机动规划 Agent。同时, 任务规划模块向其他工程保障分队 Agent 发送的协作请求信息也能通过通信模块进行转发和发送。

专家经验库存储了专家针对作业任务如何选择作业方式的描述, 这些描述一般是模糊的规则。

任务规划模块根据作业任务描述信息, 结合专家经验和低分辨率信息采集器得到的作业场地信息进行推理, 得到合理的作业方式。然后将推理结果

发送给机动规划模块。当推理结论中得到需要其他工程保障分队合作时, 任务规划模块生成协作请求并递交给通信模块。

工程保障分队 Agent 的运行过程如图 3。

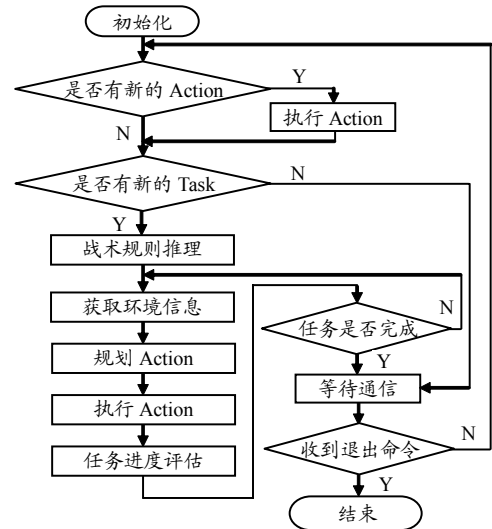


图 3 工程保障分队 Agent 运行流程

2 自适应网络模糊推理系统 (ANFIS)

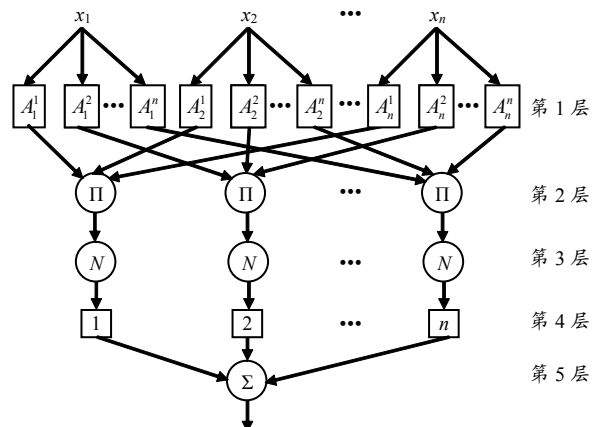


图 4 ANFIS 系统结构图

模糊系统和人工神经网络都是处理不确定性和非线性问题的有力工具。模糊系统必须人为选定模糊隶属函数和模糊推理规则, 对同个模糊问题, 不同的人可能有不同的认识和理解, 选择的隶属函数和规则不可能完全相同, 故确定和调整众多的隶属函数和模糊规则参数是模糊系统必须面对的问题^[5]。人工神经网络是在现代神经科学研究成果的基础上设计出的模拟人类神经系统对信息加工、记忆和处理方式的信息处理系统, 其优点是善于对网络参数进行自适应学习, 并具有并行处理及泛化能力。模糊神经网络系统具有学习和泛化能力, 以及模糊逻辑推理功能, 并能根据积累的经验知识自动

地改善系统的性能^[6]。将人工神经网络与模糊系统结合起来的模糊神经网络系统能综合两者的优点。

广泛使用的一种模糊神经网络系统是 Jyh-Shing R. Jang 提出的“自适应模糊神经推理系统”(Adaptive Neural Fuzzy Inference System, ANFIS)^[7]。该系统基于 T-S 模型,将变量的模糊化、模糊推理和反模糊化 3 个基本过程全部用神经网络来实现。典型的 ANFIS 网络结构图如图 4。方形节点表示带有可调参数的节点,圆形节点表示不带有可调参数的节点。

3 基于 ANFIS 的工程保障分队 Agent 作业方案规划

3.1 系统输入输出

图 5 为仿真构筑指挥所作业时指挥所组成工事参数设置界面。上有工事名称、工事数量、作业装备型号、工事基本参数及仿真效果图。图 5 所示的指挥所掩蔽部的构筑过程包括经始、挖掘、构筑、回填、伪装 5 个步骤。经始:用木桩(或白灰,白布条)标定各尺寸和轮廓线;挖掘:根据经始尺寸挖掘平底坑;构筑:构筑支撑结构及防护层;回填:利用挖掘土对掩蔽部周围进行回填;伪装:利用伪装网等伪装对作业场地进行伪装。



图 5 指挥所组成工事参数设置界面

以图 5 中筑城分队 Agent 构筑指挥所掩蔽部时挖掘平底坑作业为例进行作业方案的规划。选取平底坑长度(L)、平底坑宽度系数(W)、平底坑截面垂直系数(V)、场地通行系数(T)4 个变量作为系统输入。系统输出为作业方式类型 Y_s 。

其中, $W = \frac{W_p}{W_c}$, W_p 为平底坑宽度、 W_c 为推土机铲刀宽度;

$V = \sin \theta$, θ 为平底坑截面梯形腰与水平面夹

角;

$$T = \frac{\min(d_1, d_2, d_3, d_4)}{r}$$

r 为作业推土机最小转弯半径、 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 意义如图 6。(W_c 和 r 根据所选装备型号确定)。

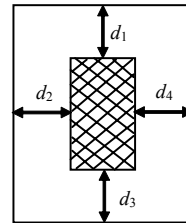


图 6 场地通行性示意图

输入的基本论域分别为: $L \in [5,50]$, $W \in [1,2]$, $R \in [0.7,1]$, $T \in [0.5,5]$ 。定义输入的词集分别为:

$$T(L) = \{NOTLONG, LONG, VERYLONG\}$$

$$T(W) = \{NOTWIDE, WIDER, FARWIDER\}$$

$$T(V) = \{NOTVERT, NEARVERT, VERT\}$$

$$T(T) = \{SMALL, MEDIUM, LARGE\}$$

3.2 隶属度函数

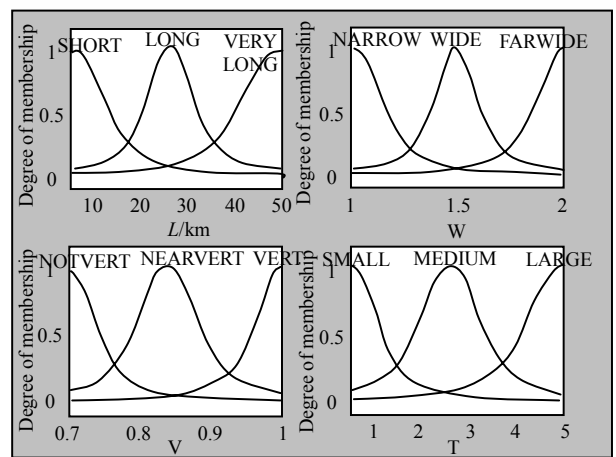


图 7 输入隶属度函数

每个输入与 3 个模糊集合相联,模糊集合的隶属度函数均采用 GBELLMF 隶属度函数:

$$\mu_{A_i^m}(x_i) = \frac{1}{\left(1 + \left| \frac{a_{im}}{(x_i - c_{im})} \right|^{2*b_{im}}\right)}$$

条件参数集 $\{c_{im}, \sigma_{im}\}$ 的初始取值根据输入范围确定,保证各输入的语言值能够充分重叠;输出成员函数有 10 个,其结论参数初始值由专家经验确

定。其中确定后输入隶属度函数如图 7。

3.3 推理规则

ANFIS 不能共享规则, 因此, 规则数必须与输出的成员函数数量相同。根据专家经验知识确定了 10 条推理规则:

$R1$: If (L is $SHORT$) and (W is $NARROW$) and (V is $NEARVERT$) and (T is $SMALL$)Then (Ys is $mf1$)(1);

$R2$: If (L is $SHORT$) and (W is $NARROW$) and (V is $NEARVERT$) and (T is $MEDIUM$)Then (Ys is $mf2$)(1);

.....

$R10$: If (L is $LONG$) and (W is $WIDE$) and (V is $NEARVERT$) and (T is $LARGE$)Then (Ys is $mf10$)(1) .

3.4 学习过程

因为网络结构已经确定, 只需调整条件参数 $\{a_{im}, b_{im}, c_{im}\}$ 和结论参数 $\{p_i^0, p_i^1, \dots, p_i^n\}$ 即可完成对控制器的参数 D 的学习。采用混合算法进行 ANFIS 网络学习, 即条件参数采用反向传播算法, 而结论参数采用最小二乘法进行求解。每一次迭代时输入信号首先沿网络正向传递至第 4 层, 保持条件参数不变, 采用最小二乘估计算法调节结论参数; 然后, 信号继续沿网络正向传递至输出层, 再将获得的误差信号沿网络反向传播, 然后调节条件参数。采用混合学习算法, 对于给定的条件参数, 可得到结论参数的全局最优点, 这样不仅能降低梯度法中搜索空间的维数, 还能大大提高参数的收敛速度。

3.5 实验验证

为了对推理系统进行验证, 根据筑城分队 Agent 某型推土机作业记录取得样本 80 组。取 55 组作为训练样本, 其余 25 组作为测试样本。利用 MATLAB 工具包进行仿真^[8], 结果如图 8, 表明系统具有较快的收敛速度和较好的精度。

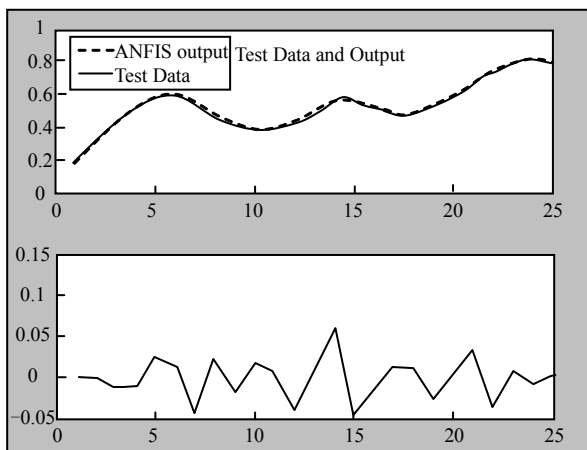


图 8 仿真结果

4 结束语

理论分析和仿真实验结果表明, 所采用的推理系统具有较快的收敛速度和较好的精度, 满足设计要求, 对工程保障分队任务规划提供了方法和思路。

参考文献:

- [1] 张明智, 胡晓峰, 司光亚, 等. 基于 Agent 的体系对抗仿真建模方法研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(11): 2785-2788.
- [2] 宋一兵. 计算机生成兵力中智能体技术与应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.
- [3] 郭齐盛, 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: 10.
- [4] Petty M D. Computer generated forces in distributed interactive simulation. Critical Reviews of Optical Science and Technology, 1995, CR58: 251-280.
- [5] Buragohain M, Mahanta C. A novel approach for ANFIS modeling based on full factorial design[J]. Applied soft Computing Journal, 2007(3): 1-33.
- [6] Qin H, Yang S X. Adaptive neuro-fuzzy inference systems based approach to nonlinear noise cancellation for images[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2007(1): 1036-1063.
- [7] 孙伟. 军用工程机械分布式虚拟训练关键技术研究[D]. 南京: 解放军理工大学, 2008.
- [8] 李国勇. 智能控制及其 MATLAB 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [9] 赵钰, 徐涛, 陈红军. 炮兵营火力分配的二阶动态规划算法[J]. 四川兵工学报, 2009(9): 70-71.

(上接第 23 页)

4 结论

基于 Grafact 建立了通用的虚拟维修训练过程控制模型, 监控和评估了受训人员的交互行为(主要是针对虚拟维修操作)并为受训人员在操作错误时提供帮助和提示信息, 同时, 该模型能支持学习、训练、考核等多种模式。实例证明, 虚拟维修训练过程控制模型能很好地规范和控制受训人员在虚拟维修系统中进行维修训练的操作流程及信息表现, 提高了训练效果。

参考文献:

- [1] 谭继帅. 虚拟维修训练系统的交互设计研究[D]. 石家庄: 石家庄军械工程学院, 2007: 8-13.
- [2] 王寿光, 等. 基于 Grafact 的电梯控制系统建模[J]. 系统仿真学报, 2007, 19: 263-270.
- [3] 胡新革, 等. 基于 PN 的系统故障率分析[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(增刊): 552-554.
- [4] 甄红涛, 齐晓慧. 雷达伺服系统的模糊自适应 PID 控制器设计[J]. 四川兵工学报, 2009(6): 12-14.