

# 基于综合集成研讨厅的对抗推演 训练系统开发

张训立,高桂清,俞坤东,李勇翔

(第二炮兵工程大学,西安 710025)

**摘要:**针对对抗推演训练系统开发交互性、复杂性和开放性特点,采用定性与定量相结合的系统工程应用技术和综合集成研讨方法,构建了对抗推演训练系统开发综合集成研讨厅体系,绘制了综合集成实现流程,并建立了专家意见集成模型,从而实现了人类群体智慧、计算机智能和经验知识体系的综合集成,优化了系统数据,改进了推演规则,提高了对抗推演训练系统的科学性和可信度。

**关键词:**综合集成研讨厅;对抗推演;训练系统;体系;流程

中图分类号:TP274

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2013)08-0111-04

## The Development of Confront Drilling Training System Based on HWME

ZHANG Xun-li, GAO Gui-qing, YU Kun-dong, LI Yong-xiang

(The Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** Aimed at the trait of mutual complicacy and opening about confront drilling training system, and based on systems engineering application and meta-synthetic method, HWME(Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering) of confront drilling system was established, and meta-synthetic flow was protracted, and expert idea integration model was established. At the same time, system data was optimized, and drilling rule was ameliorated. This enhances the quality of confront drilling training system and realizes the meta-synthesis of colony wisdom, computer wittiness and experience architectonic.

**Key words:** HWME; confront drilling; training system; system; flow

对抗推演训练系统开发包括需求分析、功能确定、构件设计、系统开发、盲推预推、试用反馈、优化完善等多个阶段,有着数百个要素、上千个变量和成千上万个参数描述,涉及政治、军事、社会、地理、气象、通信等多个方面,具有典型的交互性、复杂性和开放性特点<sup>[1-2]</sup>,对此,传统的只停留在思辩上的定性描述和议论上的经验假设,已不能从整体上回答这个问题。定性和定量相结合的系统工程应用技术和综合集成研讨方法,整合所有渠道信息资源,把人类群体智慧与计算机智能进行交互、分析、比较、处理和印证,实现经验、知识与人类智慧的综合集成,全面提高对抗推演训练系统性能和质量<sup>[3]</sup>。

### 1 对抗推演训练系统开发综合集成研讨厅体系

围绕对抗推演训练系统设计需求,采用专家体系、知识体系和机器体系相互协作的研究方法和工作方式,将对对抗推演训练系统设计中的各种因素和方法综合起来,对对抗推演训练系统设计方法、内容结构体系、具体规则描述、军事数据量化、推演结果裁决等进行优化,实现综合集成<sup>[4]</sup>。

#### 1.1 计算机与宽带网络

基于网络空间的分布式研讨环境是综合集成的支撑环境和工作平台,在对抗推演训练系统所涉及的不同领域、不

同层次和不同系统上,建立纵横互联的网络体系,将知识体系、专家体系和机器体系融合成一个整体,为群体协同工作提供一个先进的平台,包括高性能计算机、服务器、工作站、高速通讯网络、输入/输出设备等硬件和为用户直接查询、检索、模型的直接调用提供数据库资源以及装配系统所需的多媒体软件、电子会议系统软件及专家系统开发工具等软件。

### 1.2 综合集成研讨环境

综合集成研讨环境将分布式网络技术、多媒体及信息融合技术、综合集成技术、模型管理技术、数据技术、回路研讨技术、模糊决策及推理技术等综合起来,为对抗推演训练系统设计提供了一个便捷的沉浸式交互环境,满足研讨需求的数据库服务、会议管理服务和多媒体控制服务等,其主要功能有通信与安全管理、在线感知、白板共享、信息交流、应用程序共享与遥控、人机接口、模型调用、意见分析、信息推荐、会议管理等。

### 1.3 多元信息支撑环境

对抗推演训练系统结构的严谨性、规则的科学性、数据的精确性、系统的可推性和结果的合理性,对抗推演训练系统设计支撑信息提出了很高要求,必须综合各种知识、信息渠道,实现综合集成。其知识体系包括军事理论、军事历史、军事哲学和军事策略等知识,军队建设、军事装备、战争动员、战略后勤等知识,作战环境、危机处置,战争数据、实践经验、军事演习等知识,对抗推演经验、系统设计技巧、规则转化技能等知识,地理、气象、国情社情等情报与知识以及同软硬件系统和研讨结果相关的信息与知识。专家体系不仅

包括军事专家、推演专家、运筹学专家和计算机专家,还必须邀请政治、经济、民族、社会、地理、气象等其他专家临时或长期参加研讨,也可以利用另设网络征集各级机关、科研院所、作战部队等方面的意见和建议,借助于模型管理系统、数据库管理系统和知识处理系统,通过访问、利用、综合和处理,将专家经验、直觉、智慧、灵感等通过人机交互系统送入到信息融合模块,并通过多媒体及虚拟现实技术展现给回路中的专家,专家再利用研讨系统进行研讨,实现各种知识信息的综合集成。

### 1.4 多层次模拟仿真系统

模型库、数据库、知识库和方法库是系统各种资源的载体,集成了战争统计数据、实践经验数据、经典推演规则、武器装备特点、现代军事思想、系统设计方法等各种已有的信息、分析和解决问题的方法或算法以及各种相关的规则、知识等。可以在线调用各种模型,设定模型参数,查看模型运行结果;还可以动态调整现有模型的输入输出关系,整合成更大的模型级联,为专家的决策提供帮助。

## 2 对抗推演训练系统开发综合集成实现流程

军事专家、推演专家、用户和计算机专家利用存储在机器上的知识体系和基于高速网络的机器体系,针对需要解决的问题,检索和调集有关知识、数据和信息,开展民主讨论,启迪专家心智,激发群体智慧,实现综合集成,其综合集成实现流程如图1所示。

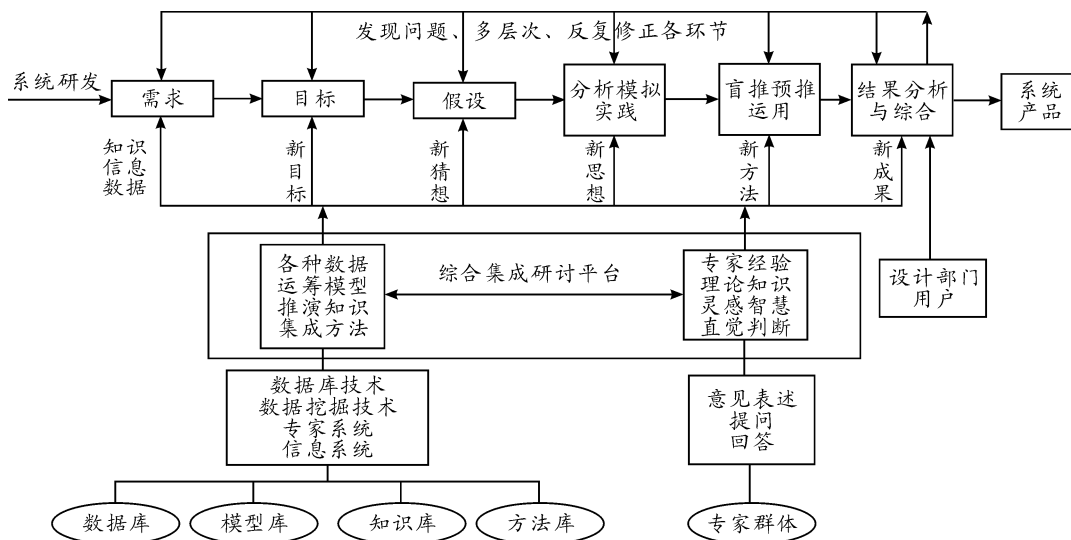


图1 对抗推演训练系统综合集成实现流程

1) 根据部队训练需求,针对特定的使用对象,明确开发什么样的系统、需要解决的问题、完成时限等,获取对抗推演训练系统设计需求,确定问题研讨流程,选择研讨专家,确定专家的角色、权限、权重与任务分工。

2) 针对需要开发的对抗推演训练系统,用户、军事专家会同推演专家、计算机专家,利用知识体系和机器体系,研

讨、确定对抗推演训练系统体系结构、推演平台、系统构件、规则体系、属性指标等需要研讨的任务,在决策目标、约束条件、决策时限、异常情况处置等方面形成对所要完成的具体认识,并根据研讨任务结构,对任务进行分解,分析子任务的决策目标,研究子任务的问题特征,明确子任务的约束条件等。

3) 根据具体任务,专家群体从多元信息支撑环境中或外界,有针对性地搜集、整理和调阅与问题有关的知识、数据、模型、方法、案例和情报,认真了解情况,利用计算机网络平台,结合专家自己的经验和直觉,对问题进行分析和研究,通过研讨,得出对问题结论的定性判断和经验性假设,获得对对抗推演训练系统设计相关问题的初步认识。

4) 召集有关专家,在问题求解系统的帮助下,对问题进行分组研讨,依靠专家的经验 and 形象思维,通过个人意见表述、提问和回答,提出问题解决方案,并结合领域知识和前人经验,利用领域知识表达与可视化工具、领域数据与建模支持工具、数据挖掘与分析工具等,采用群体意见统计集成方法,对推演训练系统各层次行动和因素的定性判断、数据特征及相互关系,建立各层次、各部分、各变量之间的模型,通过专家研讨和计算机模拟、仿真、试验与验证,把问题逐步或者逐级量化,上升到定量描述,完成对问题的定量认识。

5) 针对量化或者半量化的分析结果,融合各小组的意见,利用概念系统结构融合工具、跨领域关系分析工具和跨学科模型集成工具,建立问题的计算机局部模型或全局模型,运用头脑风暴法、名义群体法、德尔菲法、层次分析法等群体决策方法,专家群体对这些局部模型和全局模型进行研讨,得到认可后,讨论如何合成这些模型以生成系统模型;

6) 系统模型建立后,专家群体和机器体系评价验证模型的可靠性,如果群体对模型不满意,重复上述的3)-6),通过反复比较、反复修正,逐次逼近,最终得出较为满意的解决方案和研讨结论。

7) 召集有关专家和使用人员,反复进行系统推演,比较、分析推演系统结构、产品功能、要素设置、内容设计、规则拟制、推演过程和结果与部队实际情况的贴近程度,如果不能满足需求,重复上述2)-7),反复推演,反复修正,直至满足部队训练需求或达到令人满意的程度。

对抗推演训练系统综合集成相当复杂,即使掌握了大量的定性、定量认识,也不是通过几个步骤、几次处理就能研发出高质量的推演训练系统,在此过程中,需要多层次的反馈。

### 3 对抗推演训练系统开发专家意见集成模型

专家意见集成就是在专家初始意见的基础上,以专家对每一个方案的评价为对象,通过寻求形成一致性意见的方法,在可调范围内对专家意见进行搜索,从而找到群体的最优解或满意解。本文以德尔菲法为基础,探讨专家意见综合集成问题。

#### 3.1 组织各位专家对方案进行评价,并给出相应的可调范围

假设专家在评价之前,获取并掌握了研究问题的所有信息,并经过了充分的交流和长时间的独立思考,给出的结果代表专家本质看法,评价值以直接打分的方法给出。

设  $m$  个专家对  $N$  个方案进行评价,评价向量  $X_i = (X_{i1},$

$X_{i2}, \dots, X_{iN}), i = 1, 2, \dots, m$ , 其中  $X_{in}$  是专家  $i$  对方案  $n$  的评价值,  $n = 1, 2, \dots, N$ 。

对于主观臆断的偏差,与会专家愿意采取合作的态度,并允许在一定范围内对其给出的评价进行调整,最大调整量  $h_i$  由专家在给出评价的同时给出,  $h_i > 0$ 。该指标代表了专家对其意见的坚持程度,  $h_i$  越小,专家对其意见越肯定或坚持;反之,越不肯定或支持程度越低。

#### 3.2 计算一致性指标,判断是否满足结束搜索条件

为有效衡量专家群体意见的一致性程度,发现分歧之所在,发掘个体见解,鼓励发表不同意见,采用群体一致性算法。定义如下概念<sup>[5]</sup>:

1) 个体强一致性指标  $IAI_i$ : 第  $i$  个专家的评价向量结果  $X_i$  与群体其他成员评分向量  $(X_1, X_2, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_m)$  间的一致水平,即第  $i$  个个体与群体中其他成员间的一致水平;

2) 个体强不一致指标  $IDI_i$ : 第  $i$  个专家的评价向量结果  $X_i$  与群体其他成员评分向量  $(X_1, X_2, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_m)$  间的不一致水平,即第  $i$  个个体与群体中其他成员间的不一致水平;

3) 群体强一致性指标  $GAI$ : 群体中成员一致水平的计算值;

4) 群体强不一致指标  $GDI$ : 群体中成员不一致水平的计算值。

用向量之间的夹角表示向量之间的接近程度。定义两向量之间夹角的余弦:  $AG_{i,j} = (X_i \cdot X_j) / (\|X_i\| \cdot \|X_j\|)$ 。

给每个参加研讨的专家设定一个权值  $\omega_i$ ,  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ 。考虑

每个专家的权值后,定义两向量之间夹角的余弦:  $AG_{i,j} = (\omega_i + \omega_j) \times \frac{m}{2} \times (X_i \cdot X_j) / (\|X_i\| \cdot \|X_j\|)$ 。定义: 个体

强一致性指标:  $IAI_i = \sum_{j \in M, j \neq i} \eta(i, j) / (m - 1)$ 。群体强一致性

指标:  $GAI = \sum_{i=1}^m IAI_i / m$ 。

根据实际情况设置阈值  $\sigma$ , 如果  $AG_{i,j} \geq \sigma$ , 则认为两个向量方向一致, 即  $\eta(i, j) = 1$ ; 反之, 则认为两个向量方向不一致, 即  $\eta(i, j) = 0$ 。

$IAI_i$  越大则说明  $X_i$  一致性水平越高,  $IAI_i$  越小则  $X_i$  一致性水平越差; 同样,  $GAI$  越大则说明群体一致性水平越高,  $GAI$  越小则群体一致性水平越差。

设经过第  $k$  次迭代后, 专家  $i$  的评价向量为  $X_i^k = (X_{i1}^k, X_{i2}^k, \dots, X_{iN}^k), k = 0, 1, 2, \dots$ 。按照公式 2.4-4 计算群体一致性指标  $GAI^k$ ,  $\gamma$  为整体一致度因子, 如果  $GAI^k \geq \gamma$ , 则执行步骤 4); 如果  $GAI^k < \gamma$ , 则执行步骤 3)。

#### 3.3 进行迭代<sup>[6-8]</sup>

计算  $IAI_i^k$ , 存在  $r$ , 使得  $IAI_i^k = \max(IAI_i^0, IAI_i^1, IAI_i^2, \dots, IAI_i^k)$ , 则经  $k$  次迭代, 专家  $i$  搜索到的最佳方案  $P_{ibest}^k = X_i^k$ , 个体最佳方案向量  $(P_{i1}^k, P_{i2}^k, \dots, P_{iN}^k)$ 。

令  $\overline{IAI}_i^k = \sum_{i=0}^k IAI_i^k$ , 存在  $l$ , 使得  $\overline{IAI}_i^k = \max(\overline{IAI}_i^1, \overline{IAI}_i^2, \dots,$

$|AI_m^k|$ ), 则经  $k$  次迭代, 专家群体搜索到的最佳方案  $P_{gbest}^k = P_{best}^k$ , 全局最佳方案向量  $(P_{g1}^k, P_{g2}^k, \dots, P_{gN}^k)$ 。

$X_i^k$  在  $N$  空间上的迭代方程:

$$\begin{cases} V_{in}^k = \alpha_1 \beta_1 (P_{in}^k - X_{in}^k) + \alpha_2 \beta_2 (P_{gn}^k - X_{in}^k) \\ X_{in}^{k+1} = X_{in}^k + V_{in}^k \end{cases}$$

其中:  $\alpha_1, \alpha_2$  为加速因子, 即分别向全局和个体最好方案调节的最大步长;  $\beta_1, \beta_2$  为  $(0, 1)$  之间的随机数;

$X_{in}^k$  为第  $k$  次迭代中专家  $i$  对方案  $n$  的评价值;  $V_{in}^k$  为第  $k$  次迭代中方案  $n$  的调整速度。如果  $|X_{in}^{k+1} - X_{in}^0| > h_i$ , 则令  $X_{in}^{k+1} = X_{in}^k$ , 即调整值不能超过专家给定的调整范围。

返回执行步骤 2)。

### 3.4 确定最优方案

经过  $k$  次迭代, 专家评价向量  $X_i^k$  的可靠度  $\rho(X_i^k) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \xi(X_{in}^k)$ , 专家群体可靠度  $\theta^k = \sum_{i=1}^m \omega_i \rho(X_i^k)$ ,  $\xi(x)$  为  $(-\infty, +\infty)$  上的连续函数,  $\xi_{in} = \xi(X_{in}^k)$  表示  $X_{in}^k$  的可信度。 $X_n = \sum_{i=1}^m \xi_{in} X_{in}$ 。由此得到  $X^k = (X_1^k, X_2^k, \dots, X_N^k)$ , 进行归一化处理, 即可得出最优结果。并对可信度高的评分向量进行分析处理, 最终得到满意的结果。

## 4 结束语

将综合集成研讨厅运用于对抗推演训练系统开发, 突破了部门、地域、时间的束缚, 整合所有渠道的信息资源, 实现各领域专家和利益相关者的无缝交流和资源共享, 把人类群体智慧与计算机智能进行交互、分析、比较、处理和印证, 将专家知识与战争统计、战争实践与实兵演练、军事常识与装

备性能、仿真模拟与靶场试验等数据充分融合, 实现了经验、知识与人类智慧的综合集成, 精化了系统数据, 改进了推演规则, 增强了对抗推演训练系统的科学性和可信度, 对全面提升对抗推演训练系统质量具有很强的现实意义。

## 参考文献:

- [1] 韩志军, 柳少军, 唐宇波, 等. 计算机兵棋推演系统研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(4): 10-13.
- [2] 徐晓东. 计算机兵棋人机交互平台的研究与实现[D]. 东北大学电子科学与技术研究所, 2008.
- [3] 李耀东. 综合集成研讨厅设计与实现中的若干问题研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2003.
- [4] 张家才. 综合集成研讨厅支撑环境的设计与实现[D]. 北京: 中国科学院自动化研究所, 2004: 15-16.
- [5] 金鑫, 毕义明. 空间军事系统研讨厅中专家意见集成模型研究[J]. 指挥控制与仿真, 2009, 31(1): 9-12.
- [6] Parsopoulos K E, Vrahatis M N. Particle swarm optimization method for constrained optimization problems [C]// Intelligent Technologies: from Theory to Applications. Amsterdam: IOS Press, 2002: 214-220.
- [7] Parsopoulos K E, Vrahatis M N. Recent approaches to global optimization problems through particle swarm optimization [J]. Natural Computing, 2002(2-3): 235-306.
- [8] 李爱国, 覃征等. 粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(21): 101-104.

(责任编辑 周江川)

(上接第 110 页)

- [5] Kolundzija B M, Ognjanovic J S, Sarkar T K. WIPL-D: Electromagnetic Modeling of Composite Metallic and Dielectric Structures Software and User's Manual[M]. 1332, Artech House, 2007.
- [6] Balanis C A. Antenna Theory [M]. John Wiley & Sons, Inc., 1997: 387396.
- [7] Chen C J, Chu T H. Accuracy Criterion for Matrix Reconstruction Transforms on Multiport Networks[J]. IEEE trans-

actions on microwave theory and techniques, 2011, 59(9): 2331-2340.

- [8] Michalski J J, Kowalczyk P. Efficient and Systematic Solution of Real and Complex Eigenvalue Problems Employing Simplex Chain Vertices Searching Procedure [J]. IEEE transactions on microwave theory and techniques, 2011, 59(9): 2197-2206.

(责任编辑 周江川)