

文章编号: 1001- 2486(2010) 06- 0153- 05

# 基于主观综合评判的作战仿真可信度评估方法研究\*

查亚兵<sup>1,2</sup>, 唐见兵<sup>1</sup>

(1. 国防科技大学 指挥军官基础教育学院, 湖南 长沙 410073;

2. 国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 可信度是作战仿真的生命线, 对作战仿真系统建设全生命周期进行校核、验证与确认 (verification, validation and accreditation, VV&A) 是确保其可信度的重要途径。合适的评估方法是进行可信度评估的前提条件。在全面分析与比较已有可信度评估方法基础上, 针对作战仿真可信度评估中突出主题专家作用的特点, 提出了一种基于主观综合评判的可信度评估方法, 重点设计了基于专长权的主题专家权重定量计算方法。这些方法都被应用于“××作战仿真系统”的可信度评估工作中。实践表明, 本文的研究对于作战仿真系统等复杂仿真系统的可信度评估非常有效。

**关键词:** 可信度评估; 作战仿真; 主观综合评判方法; 主题专家; 权重计算

中图分类号: TP391. 9 文献标识码: A

## Research on a Credibility Evaluation Method for Warfare Simulation Based on the Subject Integrate Judgment

ZHA Ya bing<sup>1,2</sup>, TANG Jiann bing<sup>1</sup>

(1. College of Basic Education for Commanding Officers, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. College of Mechatronics Engineering and Automation, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** The credibility is the lifeline for warfare simulation. To execute verification, validation and accreditation (VV&A) is an important approach to insure the credibility of warfare simulation system all the life circle. A proper method is the precondition for credibility evaluation. On the basis of analysis and comparison with existing evaluation methods, the subject integrated judgment method was put forward, aiming at the characteristics of giving prominence to the function of subject matter expert (SME) in the credibility evaluation for warfare simulation. Furthermore, a method of quantitative weights calculating based on SME was designed as the focal part of the research. These methods were applied in credibility evaluation of the warfare simulation system. The practice shows that the research is highly effective for complex system simulation, such as warfare simulation system.

**Key words:** credibility evaluation; warfare simulation; subject integrate judgment method; subject matter expert (SME); weight calculating

仿真可信度能否达到要求, 直接关系到仿真应用的成败<sup>[1]</sup>。国内外仿真界有共识: 没有经过校核与验证的模型没有任何价值, 没有经过可信度评估的仿真系统也没有任何价值<sup>[2-3]</sup>。作战仿真具有多层次性、多要素性、整体涌现性、不确定性、病态性以及模型粒度多样性等复杂性特点<sup>[4]</sup>, 从而影响到它的可信度。因此, 为了获取作战仿真的可信度, 必须对系统建模与仿真(M&S)的全过程进行可信度评估<sup>[5-6]</sup>。

本文在对已有的几种可信度评估方法进行分析和比较的基础上, 针对作战仿真可信度评估的特点, 提出基于主观综合评判的可信度评估方法, 并加以应用。

### 1 已有可信度评估方法分析与比较

目前, 仿真可信度评估方法主要有层次分析法、模糊综合评判法、模糊层次分析法、灰色综合评估

\* 收稿日期: 2010- 09- 07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60904055); 国家部委重点基金项目(9140A04010110KG0110)

作者简介: 查亚兵(1968—), 男, 教授, 博士, 博士生导师。

法、相似度评判法、基于置信度评估法、基于逼真度评估法和人工神经网络方法等,文献[7-11]对这些可信度评估方法进行了较为系统的研究。通过分析,这些方法可以从定性与定量、主观与客观、是否需要计算权重、是否单因素评判以及在作战仿真全过程中的适用情况等方面进行比较,结果如表1。

表1 已有可信度评估方法比较

Tab. 1 Comparison of existing credibility evaluation methods

评估方法	定性/定量	主观/客观	计算权重	单因素评判	适用情况
相似度评判法	定量	客观	√	√	模型
基于置信度评估法	定量	客观	×	√	模型
人工神经网络法	定量	客观	×	√	模型
层次分析法	定性与定量	主观与客观	√	×	子/分系统
模糊综合评判法	定性与定量	主观与客观	√	√	子/分系统
模糊层次分析法	定性与定量	主观与客观	√	×	子/分系统
灰色综合评估法	定性与定量	主观与客观	√	×	模型、子/分系统
基于逼真度评估法	定性与定量	主观与客观	√	×	模型、子/分系统

注:打“√”表示适用,打“×”表示不适用。

原则上,已有评估方法都可以应用于作战仿真可信度评估中。但是,由于作战仿真具有作战领域的专业性、仿真结果的不确定性和多样性以及缺乏对照数据源等特点,这些方法在使用过程中不能满足作战仿真的军事需求、军事概念模型、逻辑模型、包含经验参数较多的数学模型以及高层作战仿真结果等的可信度评估要求。因为这些评估项目都需要很强的专业知识,而且评估过程中主要依赖于主题专家的主观定性判断,很难找到一种客观的、定量的可信度评估方法。主题专家进行评判时,他们的知识结构和经验水平经常相差较大,导致评判的结果存在很大的差异,如果都采用相同的专家权重,势必影响到评估结果的准确性和客观性。因此,必须计算主题专家的权重。现有可信度评估方法中,大都没有考虑这一点。基于此,本文提出一种基于主观综合评判的可信度评估新方法。

## 2 主观综合评判方法

主观综合评判方法就是充分利用主题专家的经验 and 知识,对某一个评估对象的各个因素进行评价,然后综合运用层次分析法、模糊综合评判法或模糊层次分析法等方法,对整个仿真系统进行可信度综合评估,从而得到系统的可信度。该评估方法重点突出主题专家的作用以及他们权重的客观性。

### 2.1 主观综合评判方法的一般步骤

一般地,主观综合评判方法可以分为以下几个步骤:

第一步,分析仿真系统中各因素间的关系,提出系统的可信度评价指标,建立其多层次递阶结构。

第二步,确定具体被评估项(主要指各个阶段的模型)的可信度评价指标。

评价指标的选择由评价目标与实际情况共同决定,具体选择应注意以下几点:

- (1) 评价指标必须与评价目的和目标密切相关;
- (2) 评价指标应当构成一个完整的体系,即全面反映所需评价对象的各个方面;
- (3) 评价指标总数应尽可能少,以降低评价负担。

第三步,计算主题专家的权重。

第四步,主题专家对可信度评价指标进行评价。评价时,主题专家可以定量给出可信度值,也可以以“优、良、中、差”的方式进行定性评判。如果定性评判,还需要进行模糊处理。

第五步,计算单个被评估项的可信度。

第六步,采用模糊综合评判法、模糊层次分析法、灰色综合法、基于逼真度评估法或其他方法,对单个被评估项的可信度向上综合处理,便得到整个系统的可信度。

以上步骤中,第三步是关键,而在其他评估方法中专家的权重是事先给定,缺乏一定的科学依据。因此,论文着重研究主题专家的权重计算,其他步骤与层次分析法等方法类似,就不再阐述。

如果只是对单个的军事需求、军事概念模型等进行可信度评估, 主观综合评判方法可以简化为三步: ①计算主题专家的权重; ②主题专家对各个评估项进行可信度评判; ③将所有的主题专家的权重与相应的可信度相乘, 并加权求和, 便可以得到该评估项的可信度。

## 2.2 主题专家的权重计算

专家权重是他的权力大小的数量表示。在可信度评估活动中, 专家权力的分布影响着评估的模式、速度和质量。专家权力依来源可以分为法定权力、奖励权力、强制权力、专长权力和模范权力五种<sup>[2]</sup>。因此, 在执行特定的可信度评估任务  $\tau$  时, 专家的权重  $P(\alpha, \tau)$  是上述 5 种权力的函数:

$$P(\alpha, \tau) = F[L(\alpha, \tau), H(\alpha, \tau), C(\alpha, \tau), E(\alpha, \tau), M(\alpha, \tau)]$$

其中,  $L(\alpha, \tau)$ 、 $H(\alpha, \tau)$ 、 $C(\alpha, \tau)$ 、 $E(\alpha, \tau)$  及  $M(\alpha, \tau)$  分别为专家  $\alpha$  被赋予的法定权力、奖励权力、强制权力、专长权力及模范权力。

在作战仿真可信度评估过程中, 主要从技术的角度来考察专家的权力, 起主要作用的是专家的专长权。因此, 专家的权重  $P(\alpha, \tau)$  可以近似为他的专长权, 即  $P(\alpha, \tau) = E(\alpha, \tau)$ 。

专长权来源于专家在执行特定的可信度评估任务时所具有的知识 and 技能, 是一种个人权力, 与他在组织中所担任的职务无关, 但与群体成员的知识(包括技能)与可信度评估任务所需要的专业素质的贴近程度以及他在相关专业领域中的地位有关系。在执行可信度评估任务时, 某个专家的专长与这个任务所需要的专业素质越贴近, 在相关领域的地位越高, 则专长权越大, 相应的权重越大; 反之, 则专长权越小, 权重也越小。因此, 在执行任务  $\tau$  时, 某个专家的专长权的权重  $E(\alpha, \tau)$  可表示为

$$E(\alpha, \tau) = l^{h(\alpha)r(\alpha, \tau)}$$

式中:

(1) 专长等级系数  $h(\alpha)$  为不小于 1 的整数, 即  $\alpha$  的专业地位等级, 最低层为 1, 每高一层递增 1。

(2) 专长关联度  $r(\alpha, \tau)$  的取值范围为  $[0, 1]$ , 表示  $\alpha$  的专业领域与可信度评估任务所需知识之间的关联程度。当  $\alpha$  所专长的领域覆盖了可信度评估任务所需要的全部知识时, 关联度最高,  $r(\alpha, \tau) = 1$ ; 当  $\alpha$  所专长的领域与可信度评估所需要的知识无关时, 关联度最低,  $r(\alpha, \tau) = 0$ 。

确定专长关联度的方法如下:

①确定组织可能面临的可信度评估任务的类型。

②建立各类可信度评估任务的所需知识集合。

某个领域的知识可以被视为一些“知识点”的集合, 这些知识点可以用关键词来表示, 记作  $T_i = \{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_{n_i}^i\}$ ,  $T_i$  为组织的第  $i$  类可信度评估任务的所需知识的关键词集合,  $\omega_j^i (j = 1, 2, \dots, n_i)$  为描述该类任务知识领域的关键词,  $n_i$  为  $T_i$  的关键词数量。

③建立各个专家的专长数据库。数据库的内容包括专家擅长的领域、工作业绩、学术成果等。

④根据可信度评估任务关键词集合与专家专长数据的匹配程度计算专长关联度。

设可信度评估任务  $\tau_i$  所需知识的关键词集合为  $T_i = \{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_{n_i}^i\}$ , 则计算专家  $\alpha^j$  的专长关联度的算法如图 1 所示。

算法: 计算专家  $\alpha^j$  的专长关联度

输入: 关键词  $\omega_k^i$ , 专长数据库; 输出: 计算专家  $\alpha^j$  执行任务  $Y_i$  的专长关联度。

(1) 令  $k = 1, s = 0$ ;

(2) 用关键词  $\omega_k^i$  在专长数据库中搜索某专家  $\alpha^j$  的数据, 查找是否有与  $\omega_k^i$  相等的词汇, 如果存在这样的词汇, 则停止搜索, 令  $s = s + 1$ , 转向步骤(3);

(3) 若  $k < n_i$ , 则令  $k = k + 1$ , 转向步骤(2), 否则执行步骤(4);

(4) 计算专家  $\alpha^j$  执行可信度评估任务  $Y_i$  的专长关联度  $r(\alpha^j, \tau_i)$ , 得  $r(\alpha^j, \tau_i) = s/n_i$ 。

图 1 专家的专长关联度计算算法

Fig. 1 The algorithm of calculating relation level for expert's specialty

(3)  $l > 1$  称为组织专长权力基数, 表明组织因专长等级而导致的权力集中程度。为了让专家能够

平等参与可信度评估活动,参与者的权重不宜差距过大,专长关联度和组织专长权力基数一般都会取较小的值。通常地,组织专长权力基数  $l$  取 2。

### 3 应用举例

“××作战仿真系统”是一个基于 HLA 的分布式仿真系统,它由模型和仿真平台两部分组成。其中,模型部分包括作战模型、环境模型及毁伤模型,它们分别构成若干个联邦成员。作战模型联邦成员由各军种作战模型组成,环境模型包括地理环境模型和气象水文环境模型等,各军种作战模型构成相应的作战集团;仿真平台部分包括运行支撑软件 RTI、想定、态势显示、控制与管理、资源管理、实时统计分析 & 评估分析等六个分系统。该作战仿真系统的联邦结构如图 2 所示。

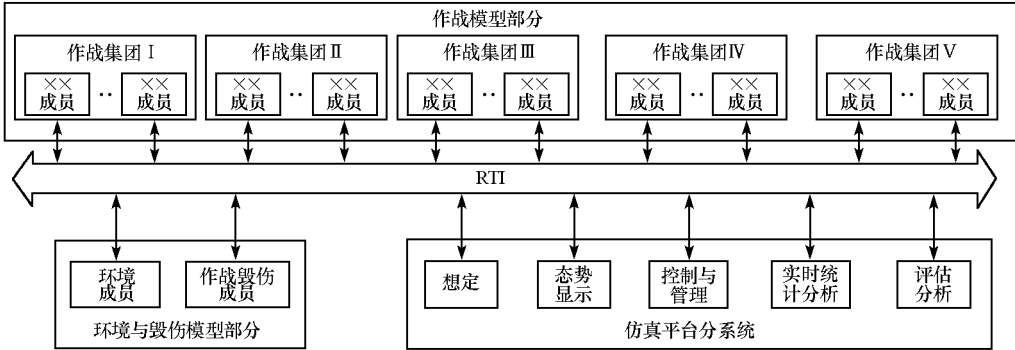


图 2 ××作战仿真系统的联邦结构

Fig. 2 The federation structure of the warfare simulation system

该作战仿真系统具有结构复杂、模型种类众多、评估内容丰富、评估阶段较多等特点,为了评估该作战仿真系统的可信度,大部分评估工作依赖于主题专家的主观评判。因此,应用主观综合评判方法对该仿真系统建设的各个阶段进行可信度评估。

(1) 通过分析,绘出该作战仿真系统的可信度评估树如图 3,所有评估工作将围绕此层次结构树展开。

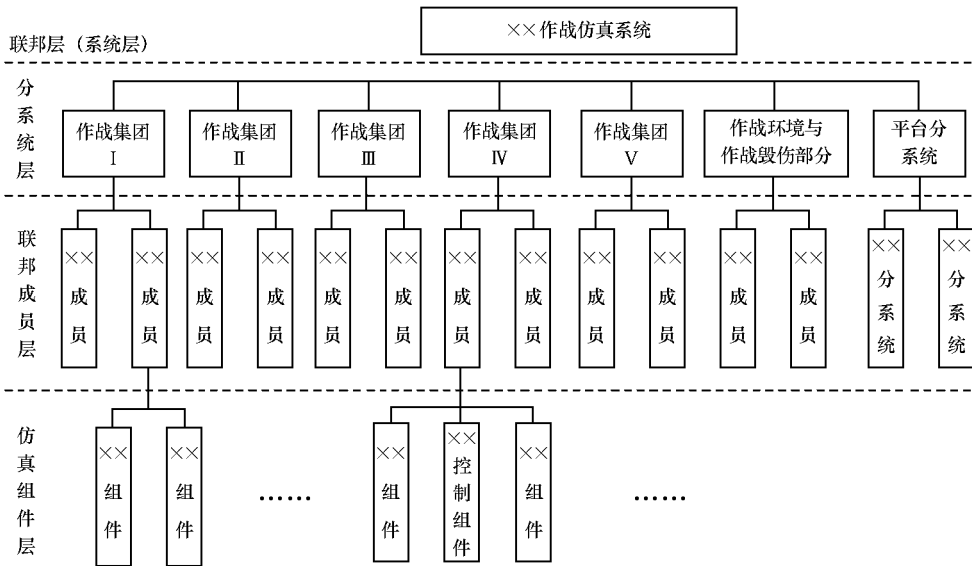


图 3 ××作战仿真系统可信度评估树

Fig. 3 The credibility evaluation tree for the warfare simulation system

(2) 对于该仿真系统的不同阶段及不同的作战集团,分别聘请不同的专家执行相应的可信度评估任务。例如,聘请 A~F 六位专家执行军事需求的可信度评估任务。按照前面介绍的方法可以确定他们的权重,计算结果如表 2。有时为了评估工作的需要,可以聘请更多专家,专家权重计算方法与此相同。

表 2 基于专长权的专家权重计算

Tab. 2 Calculating the expert's weight based on specialty

专家小组成员	专长等级系数 $h(\alpha)$	专长关联度 $r(\alpha, \tau)$	$l=2$ 时的专家权重 ( $\omega_i$ )
A( 中级仿真技术人员)	1	1/5	1.414(10.6%)
B( 高级仿真技术人员)	2	2/5	1.741(13.1%)
C( 中级军事人员)	1	1/5	1.414(10.6%)
D( 高级军事人员)	2	2/5	1.741(13.1%)
E( 资深仿真技术人员)	3	3/5	3.482(26.2%)
F( 资深军事人员)	3	3/5	3.482(26.2%)

(3) 主题专家根据评价指标体系对该作战仿真系统的各个阶段产品进行评价。如图 4 为军事需求的可信度评估结果, 根据主题专家的综合意见, 将各个分系统的需求权重都定为一, 综合评定该作战仿真系统的军事需求的可信度为 0.858。由于篇幅的原因, 其他阶段评估结果就不再给出。

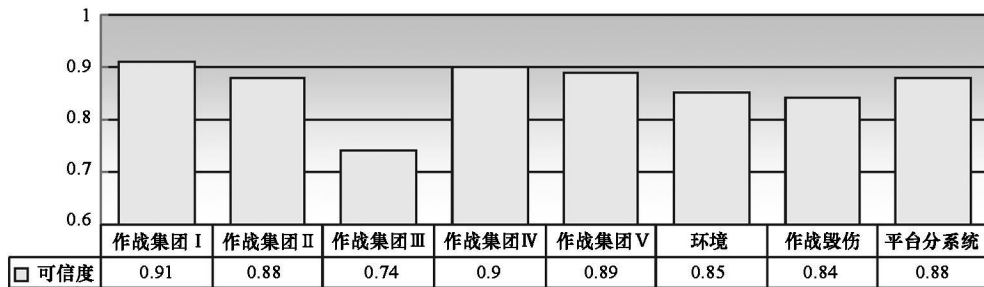


图 4 × × 作战仿真系统军事需求的可信度评估结果

Fig. 4 The credibility evaluation result of military requirement for the warfare simulation system

(4) 采用模糊层次分析法等其他评估方法, 对各个阶段的可信度评估结果向上综合, 便得到整个仿真系统的可信度为 0.835。仿真系统的总体可信度可以通过公式  $C = \sum_{i=1}^n \omega_i C_i$  求出, 其中  $\omega_i$  是各主指标的权重,  $C_i$  是各主指标的可信度,  $n$  是主指标数量。

## 4 结束语

伴随作战仿真全过程进行可信性研究是仿真系统建设的一个重要环节, 可信度是衡量系统建设质量的一个重要指标。合适的可信度评估方法有助于可信度评估工作准确、真实、有效, 本文在全面分析与比较已有可信度评估方法基础上, 针对作战仿真可信度评估的特点, 提出了一种比较实用的主观综合评判方法, 并应用于“× × 作战仿真系统”的可信度评估工作中, 取得了预期效果。

## 参考文献:

- [1] 王子才, 张冰. 仿真系统的校核、验证与验收(VV&A): 现状与未来[J]. 系统仿真学报, 1999, 11(5): 321- 325.
- [2] Balci O, Ormsby W F. Expanding Our Horizons in Verification, Validation and Accreditation Research and Practice[C]// Proceedings of Winter Simulation Conference, 2002: 653- 663.
- [3] Sargent R G, Nance R E, Overstreet C M, et al. The Simulation Project Life cycle: Models and Realities[C]// Winter Simulation Conference, 2006: 863- 871.
- [4] 胡晓峰, 司光亚. 战争模拟引论[M]. 北京: 国防大学出版社, 2004.
- [5] U.S. Defense Modeling and Simulation Office (DMSO). Verification, Validation and Accreditation (VV&A) Recommended Practices Guide[EB]. <http://vva.dmsomil.mil>, Build 2.5, 2004.
- [6] Doherty V T, Lewis R O. Verification, Validation, and Accreditation (VV&A) Process Overlay for the FEDEP[C]// Spring SIW (03S- SIW - 085). April 2003.
- [7] 唐见兵. 作战仿真系统可信性研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2009.
- [8] 孙世霞. 复杂大系统建模与仿真的可信性评估研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2005.
- [9] 唐见兵, 焦鹏, 黄晓慧, 等. 基于仿真组件构建的HLA 仿真系统 VV&A 研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(9): 2478- 2481.
- [10] 唐见兵, 黄晓慧, 焦鹏, 等. 复杂大系统仿真的 VV&A 理论及过程研究[J]. 国防科技大学学报, 2009, 31(3): 122- 126.
- [11] 廖英, 邓方林, 梁加红. 系统建模与仿真的校核、验证与确认(VV&A) 技术[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2006.
- [12] 顾基发, 王浣尘, 唐锡晋, 等. 系统集成方法体系与系统学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2007.