

doi: 10.7690/bgzdh.2020.06.017

## 分队战术模拟训练嵌入式评估

樊延平, 潘丽君, 黄俊卿

(陆军装甲兵学院演训中心, 北京 100072)

**摘要:** 为解决当前分队战术模拟训练中普遍存在的评估时效性差、量化水平不高等问题, 提出“传感器+网络+评估模块”的嵌入式评估方法。分析嵌入式评估的工作原理, 构建嵌入式评估的总体结构, 研究嵌入式评估的关键技术。应用实例表明: 该方法具有较强的实用性和有效性, 可为在分队模拟训练系统中构建嵌入式评估系统提供有效支撑。

**关键词:** 模拟训练; 训练评估; 嵌入式; 数据驱动; 实时

**中图分类号:** TJ0   **文献标志码:** A

## Embedded Assessment in Unit Tactics Simulation Training System

Fan Yanping, Pan Lijun, Huang Junqing

(Military Exercise & Training Center, Academy of Army Armored Force, Beijing 100072, China)

**Abstract:** In view of the general problem on the lower assessment timeliness and the poor quantitative models in the unit tactics simulation training system, a new embedded assessment method including sensors, network and assessment modules is proposed. The operational principle of this method is analyzed, the general system structure is built, and the key technologies are studied in detail. The example shows that this method is more practical and effective which can provide an effective support for constructing embedded assessment system in the unit tactics simulation training system.

**Keywords:** simulation training; training assessment; embedded system; data driven; real time

### 0 引言

利用分布交互式仿真技术构建网络化的分队战术模拟训练系统已经成为当前改善分队战术训练条件、提升分队战术训练水平的重要手段, 受到了各级各类训练部门的高度重视。在分队模拟训练的组织实施过程中, 通常按照训练准备、训练实施和训练评估 3 个阶段线性推进, 导致训练考评结果呈现不及时, 难以对受训对象的训练进程、训练操作起到有效的指导作用<sup>[1]</sup>。如果考评结果不理想, 往往需要在事后追溯训练实施过程中的缺陷与不足, 进而采取相应措施改进训练内容、方式或进度, 并组织实施重新训练, 既不利于发挥宝贵的模拟训练系统的综合效益, 又不利于受训人员尽快改正问题, 提高能力。为此, 笔者着眼于实施分队训练人员训练考评与训练实施的同步反馈, 以传统的离线式、事后评估模型为基础, 依托网络化技术和实时数据采集技术, 构建数据驱动式的嵌入式实时评估系统, 提供在线、伴随式的实时评估能力, 成为当前分队战术模拟训练系统亟待解决的重要问题。

### 1 嵌入式评估

#### 1.1 基本概念

不同于传统的事后评估或专家评估, 嵌入式评估是一种在线式、伴随式、数据驱动式和实时式的模拟训练评估方法。它通过嵌入各类操作训练终端的传感器, 实时获取参训人员的操作内容和动作, 实时感知操作设备的行为和状态变化, 并与模拟训练系统的战场环境、虚拟兵力系统相关联, 采用数据驱动的训练评估模型, 开展实时化的训练评估计算, 形成一种“传感器+网络+评估模块”的评估模式。美军在《聚焦作战的训练》(FM7-1)中提出训练是由“计划、实施、评估”3个基本环节构成的循环环路<sup>[2]</sup>, 通过训练评估, 不仅能够了解参训部队的能力水平, 为改进训练内容和科目提供依据, 而且能够通过及时主动的反馈推动参训人员战斗意识的形成。在我国, 围绕“能打仗、打胜仗”目标, 聚焦实战化训练, 构建嵌入式评估系统, 同样可以极大地改善训练评估对训练计划和训练实施的评价与指导作用, 缩短“计划、实施、评估”链路的处理时间, 提高“计划、实施、评估”的反应

收稿日期: 2020-03-09; 修回日期: 2020-04-13

作者简介: 樊延平(1980—), 男, 河南人, 博士, 讲师, 从事装备论证与装备仿真研究。E-mail: delphan2008@163.com。

能力, 进而提升训练的综合效益。

构建嵌入式评估系统的目的是提高模拟训练的时效性和精确性, 本质是数据驱动训练评估模型的自动计算, 核心是嵌入式感知模块设计和数据驱动的自动评估计算模型构建。其中, 嵌入式感知模块, 一般以硬件或软件模块的形式嵌入实装、指挥信息系统、半实物装备操作模拟器、模拟指控操作环境等, 实时获取参训人员的操作行为和操控平台的状态变化, 并通过网络系统实时传递到评估计算模块进行自动计算。数据驱动的自动评估计算模型, 一般以定量评估模型为主, 以嵌入式感知模块获取的实时行为和状态数据为基础, 综合采用解析计算、层次分析、综合评判和逻辑验证等手段, 对参训人员的操作及其影响作出客观评价, 是嵌入式评估功能构建的关键。

## 1.2 典型特征

嵌入式评估具有典型特征如下:

### 1) 基于模型自动评估。

针对不同训练科目、内容、专业等的评估需求, 建立相应的评估准则和模型<sup>[3]</sup>。当收到传感器采集到的各类训练操作数据后, 模型应能够按照预定的评估规则和计算模型, 实现评估数据的自动计算, 并给出相应的评估结果。通过构建基于模型的自动评估机制, 能够实现模拟训练的在线式、实时化评估, 加快“计划、实施、评估”训练环路循环速度并缩短循环时间。

### 2) 依托网络实时评估。

各类有线、无线通信技术的广泛应用, 为实时获取模拟训练操作数据提供了技术支撑。通过构建链接各类训练操作传感器的信息网络, 能够在参训人员操作训练设备或软件的同时, 及时获得参训人员的操作动作、行为和内容, 再利用相关的评估模型就可以实现近乎实时的评估, 改变传统的事后评估引起的延迟, 有利于训练人员和评估人员及时掌握训练效果, 并为改进训练内容与方法等提供最迅速的支持。

### 3) 训练评估并行同步。

在传统的模拟训练中, 通常采用事后、离线式评估, 既可以是基于模拟训练数据的评估, 又可以是定性经验式的评估, 评估过程往往滞后于训练实施过程, 评估结果对训练实施的反馈指导作用是非实时、非同步的。特别是对于较大型的模拟训练活动, 组织实施一次模拟训练活动难度较大、时间较

长, 如果反馈时间过长, 将不能对参训人员的训练过程起到有效的指导作用, 可能仅仅有参考作用。采用嵌入式评估模式, 由于数据采集的实时性和评估计算的自动化, 评估结果与训练操作近乎同步, 从而形成一种并行式的训练实施与训练评估运行模式, 最大程度地缩短“计划、实施、评估”环路的循环时间, 提高训练效益。

### 4) 立足数据精确评估。

嵌入式评估模型的自动执行, 要求评估人员尽可能少地参与评估过程, 尽可能基于数据开展评估。基于数据开展评估, 并非是抛弃专家的经验评估, 而是要广泛采用专家系统、决策支持、人工智能和大数据等技术<sup>[4]</sup>, 将专家经验和评估模型相结合, 建立相应的专家评估规则或专家评估大数据, 当训练操作数据采集后能够自动匹配相应的评估模型或规则, 进行包括数据解析模型和专家经验模型的自动计算, 既体现了专家经验评估的全面性, 又体现了数据解析计算的准确性, 进而全面提升模拟训练评估的科学性。

### 5) 过程结果综合评估。

传统的模拟训练评估主要包括过程评估和结果评估 2 种模式<sup>[5]</sup>。过程评估往往是对参训人员的操作程序及步骤的正确性、规范性和准确性作出评价, 但不能对模拟训练的战术和指挥意识进行科学评价。结果评估则往往是在事后根据模拟训练结果对参训人员的训练过程和训练效果进行评估, 时效性差。而以信息网络和先进计算技术为支撑, 构建嵌入式评估模式, 则能够实现在线式的过程评估与结果评估相结合, 既能对参训人员操作的正确性、规范性和准确性作出实时评价, 又能够借助大数据技术、仿真技术、预测技术等对参训人员当前操作可能引起的作战效果或对作战企图实现的价值作出实时评价, 从而弥补了传统的过程评估与结果评估相割裂、不连贯、实时性差的缺点。

## 2 嵌入式评估系统

### 2.1 工作原理

依托嵌入各类训练终端和导控平台的数据采集传感器<sup>[6]</sup>, 通过信息网络实时传输到评估服务器, 进行评估数据的处理、评估模型的计算和评估结果的分析, 并将评估结果反馈给各终端的训练人员和导调人员, 为参训人员调整战术和指挥策略以及导调人员调整训练内容提供依据。基本工作原理如图 1 所示。

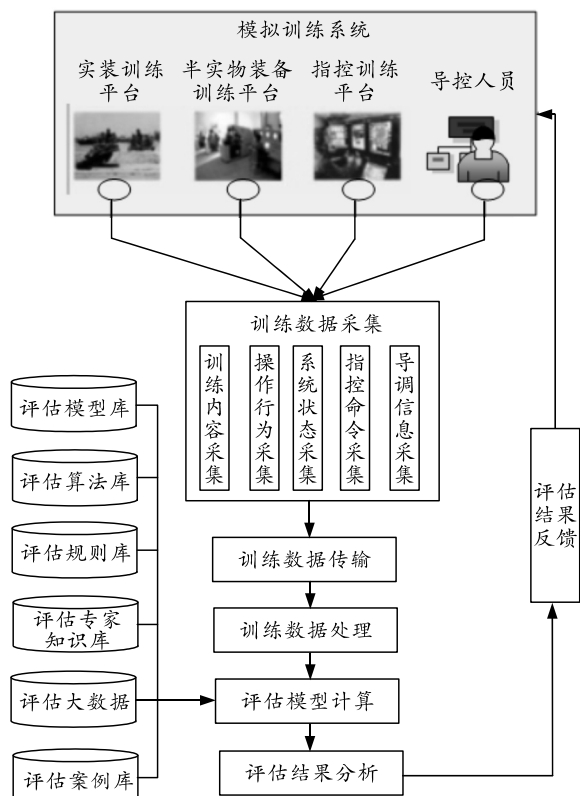


图 1 嵌入式评估工作原理

1) 嵌入式训练数据采集。

在实装、半实物装备模拟器、指挥控制操控终端以及导调平台分别加载相应的传感器，用以实时获取各类参训人员的操作行为、内容以及训练设备的状态信息，并实时获取导调平台的导调信息，为开展基于导调数据和训练数据的实时评估提供有效的数据来源<sup>[7]</sup>。

2) 训练数据传输。

模拟训练系统的形态有集中式、分布式之分，不同模拟训练模块之间的网络互联既可以是有线网络，又可以是无线网络。在嵌入式评估中，要根据模拟训练系统的形态，综合采用无线和有线 2 种方式，构建训练数据实时传输链路，确保传感器模块采集到的训练数据能够实时传输到评估服务器。

3) 训练数据处理。

由于评估数据来源、类型、内容不同，采集到的训练数据格式往往不一致，不能够直接用来进行评估模型的计算，需要进行训练数据的预处理和数据分析。其中数据预处理主要是对训练数据检验和相关清理，包括数据完整性检验、数据异常值检验、数据有效性检验、数据一致性检验、空值处理、噪声数据处理和归一化梳理等。数据分析则主要采用相对分析、相差分析、描述性分析、回归分析、聚

类分析和因子分析等方法，进行训练的水平分析、统计性分析以及因子变量分析，为把握训练数据分布并研究影响训练结果的关键因子提供方法手段。

4) 评估模型计算。

以处理后的训练数据为基础，以评估模型库、评估算法库、评估规则库、评估专家知识库、评估大数据和评估案例库为支撑，开展数据驱动式的评估模型自动计算，得到不同训练时节、节点的过程评估结果和作战影响情况。

5) 评估结果分析。

根据训练目标和要求，按照训练人员分类和训练科目内容，对评估模型计算得到的评估结果进行分类显示，根据参训人员的操作给出当前操作可能引起相应结果的因果关系图，形成关于训练操作的评估结论报告。

6) 评估结果反馈。

通过信息网络，将评估结论报告实时传递给各类参训人员和导调人员，为参训人员和导调人员调整训练策略及内容提供决策支持。

2.2 系统结构

如图 2 所示，典型的嵌入式评估系统结构包括基础层、支撑层、功能层和应用层。

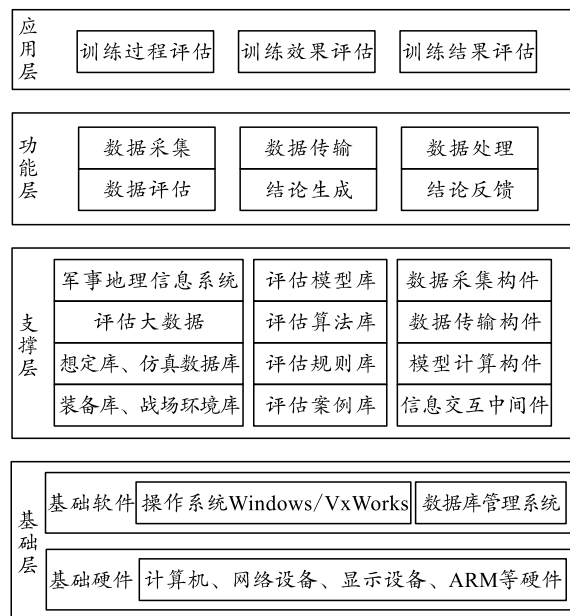


图 2 嵌入式评估系统总体结构

1) 基础层。

主要包括硬件环境、基础软件。其中：硬件环境是整个系统运行的载体和物理环境，包括计算机、网络交换机、显示设备和 ARM 等；基础软件是软件系统的底层平台，包括操作系统和数据库管理系

统等常用软件。

#### 2) 支撑层。

主要包括各类数据库(军事地理信息系统、评估大数据、想定库、仿真数据库、装备库、战场环境库、评估模型库、评估算法库、评估规则库、评估案例库等)、信息交互中间件、数据采集构件、数据传输构件和模型计算构件等。

#### 3) 功能层。

主要包括数据采集、数据传输、数据处理、数据评估、结论生成和结论反馈等功能模块。

数据采集模块,通过加载在训练终端的传感器,实时获取参训人员的操作行为、终端设备的状态变化以及参训人员的训练内容等信息。

数据传输模块,通过有线或无线网络信息,将采集到的训练数据传输到数据处理服务器。

数据处理模块,采用数据预处理方法和数据分析方法,对采集到的各类数据进行数据检验、冗余处理和一致性处理等,确保采集的数据一致性、有效性和关联性。

数据评估模块,以各类数据库为基础,根据训练内容和评估节点的评估要求,选择合适的评估模型、算法和规则等,利用高性能计算设备快速生成评估计算结果。

结论生成模块,根据评估模型的计算结果,按照相应评估内容的结论分析要求,以结论生成模板为基础,生成相应的结论分析报告。

结论反馈模块,通过信息网络将实时形成的评估报告分发给训练人员的导调人员,供训练人员调整指挥策略、战术运用和装备操作行为提供依据,为导调人员有针对性地调整训练内容、进程和训练背景提供依据。

#### 4) 应用层。

以功能层的系统功能模块为基础,提供支撑训练过程评估、训练效果评估和训练结果评估等的训练效果评估能力,支撑模拟训练过程中的过程、效果和结果评估。

### 3 关键技术

聚焦嵌入式评估的实时性和精确性要求,应着力突破训练设备状态采集、自动评估模型构建和评估指标体系构建等关键技术。

#### 3.1 训练数据实时采集

模拟训练终端包括真实装备、半实物仿真装备

和指控操作终端 3 类,在不同类型训练终端上加载数据采集传感器技术难度存在较大不同。

##### 1) 真实装备训练数据实时采集。

在真实装备上:一方面由于装备系统自身的复杂性及其对可靠性、维修性、保障性等技术指标的高要求,在已列装的真实装备上加载数据采集传感器模块往往面临着较大的安全风险,严重时可能导致装备的故障;另一方面,训练采集的部分数据,可能面临着在真实装备上无法采集的窘境,因为装备设计时并没有考虑相应的训练数据采集需求。

##### 2) 半实物仿真装备训练数据实时采集。

在半实物仿真装备上,往往容易加载相应的传感器模块,因为半实物仿真装备在研制建造过程中,为了模拟真实装备的真实状态,往往设置有相应的技术指标采集点,在模拟训练时可以直接从这些技术指标采集点获取相应的训练数据。

##### 3) 指控操作终端训练数据实时采集。

在指控操作终端上,包括直接采用指控软件装备作为模拟训练终端的指控操作环境、模拟训练仿真的指控操作终端,前者往往也存在着与真实装备类似的困境,导致训练数据采集面临一定的困难;后者则可以在研制时设置相应的数据采集点,以便于在模拟训练时实时采集相应的训练数据信息。

#### 3.2 基于数据的自动评估计算

嵌入式评估要求开展基于数据和模型的自动智能化评估,尽可能减少人在环的评估,保证“计划、需求、评估”训练环路的循环速度。这就要求在建立自动评估模型时,应在科学继承传统的专家经验评估的基础上,建立数量化、结构化评估的思维模式,广泛利用大数据、人工智能、案例推理和解析计算等多种评估计算技术,构建以数据为基础的、能够自动计算和推理的评估模型。

##### 1) 基于作战能力的解析计算评估模型构建。

要统筹考虑武器装备战术技术性能指标、作战训练内容、作战训练效果和人员操作逻辑等因素,构建以武器装备作战能力、分队作战能力和参训人员能力为基础的解析计算评估模型,如在模拟训练评估中对机动路线正确性、机动时间、火力运用有效性的评估,均可构建相应的解析计算评估模型<sup>[8]</sup>。

##### 2) 基于案例的智能推理评估模型构建。

通过构建训练程序案例库、装备操作案例库、战术运用案例库和指挥决策案例库,建立训练内容、训练操作与设备状态之间的相似关系,从已知的训

练案例中匹配相应的相似案例，并将匹配的相似案例的评估结果作为当前训练的评估结果<sup>[9]</sup>。

### 3) 基于规则的智能推理评估模型构建。

以规则推理为基础，构建装备操作训练评估规则、战术运用评估规则、指挥决策评估规则，通过将训练内容、操作行为和设备状态与规则条件的匹配，由推理机给出当前训练的评估结果。

### 4) 基于大数据的评估决策模型构建。

大数据以相关关系模型为基础，发挥大数据“全样本分析”和“相关性分析”的特征<sup>[10]</sup>，摆脱传统的“随机样本调查”和“因果逻辑关系”决策原理，突破了传统“数据—信息—知识—智慧”的价值传递链条，形成了“数据—智慧”扁平化价值传递链条。在嵌入式评估中，基于大数据技术，能够建立训练内容、装备操作和设备状态与训练效果、训练结果之间的关联关系，并根据大数据的关联结果给出当前训练的评估结论。

## 3.3 评估指标体系构建

评估指标体系是模拟训练评估标准的集中体系，是对模拟训练过程中参训人员各类训练内容、训练操作对应的考核点的具体化。评估指标体系构建的合理程度将直接影响着嵌入式评估的实时性和精确性。通常，从模拟训练的内容看，评估指标体系应区分有技能模拟训练评估指标体系、战术模拟训练评估指标体系和指挥对抗模拟训练评估指标体系等3类；从评估的价值视角看，通常包括训练过程评估、训练结果评估和训练效果评估3种基本形式；在构建模拟训练评估指标体系时，应根据模拟训练内容及其要求，恰当构建相应的评估指标体系。同时，在嵌入式评估中，要着眼于基于数据和模型的自动化的实时评估，建立可量化的评估指标体系，确保各个指标能够通过相应的规则或模型进行推理或计算。

## 4 结束语

嵌入式评估方法在分队模拟训练中的广泛应用，将极大地改变训练评估的模式和评估结果的效用，是提高分队模拟训练效益、提升模拟训练能力的重要支撑。由于分队战术运用的复杂性和灵活性，分队模拟训练系统中的许多模型还不能实现所有过程数据和对抗结果的结构化及数量化，还不足以全面支撑以数据驱动和自动计算为特征的嵌入式评估的高效运行，需要在分队模拟训练系统的模型精化、数据细化以及各类智能化、自动化评估模型的构建方面开展深入研究。

## 参考文献：

- [1] 王泽璞, 王建国, 石又新, 等. 火控系统嵌入式训练数据分析方法[J]. 火力与指挥控制, 2018, 43(5): 153-157.
- [2] 贺宇, 陈煜, 令孤昌应. 美军联合训练评估的特点[J]. 国防大学学报, 2010, 25(5): 99-100.
- [3] 朱祥玲, 吴钦章, 胡志宏. 一种基于多模型的航天试验效果实时评估方法[J]. 测控技术, 2015, 34(1): 153-156.
- [4] 刘博元, 王焕钢, 范文慧, 等. 基于大数据的复杂生产线系统健康度实时评估方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2014, 54(10): 1377-1383.
- [5] 蔺美青. 无源雷达战斗操作模拟训练考核评估方法[J]. 现代防御技术, 2018, 46(2): 137-145.
- [6] 王军, 耿振余. 嵌入式仿真技术及其在军事训练中的应用研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(11): 56-60.
- [7] 刘永易, 贾彪, 西光旭, 等. 某战术训练模拟器快速校准数据采集系统[J]. 火力与指挥控制, 2016, 41(12): 165-168.
- [8] 朱枫, 韩晓明, 南海阳. 防空导弹反临近空间武器作战能力评估[J]. 火力与指挥控制, 2017, 42(3): 8-13.
- [9] 封超, 郭晓. 基于 CBR 的应急情报智能决策支持系统研究[J]. 情报杂志, 2017, 36(10): 36-40.
- [10] 王贺, 任玉梅, 王华. 基于大数据分析的运动风险评估方法研究[J]. 现代电子技术, 2018, 41(10): 140-143.