

doi: 10.7690/bgzdh.2021.03.014

# 基于 AHP 的装备保障虚拟训练效果评估方法

丁 平

(中国人民解放军 92941 部队, 辽宁 葫芦岛 125001)

**摘要:** 针对目前某型导弹虚拟训练系统培训效果的评估需求, 构建一种虚拟训练动态评价模型。分析虚拟训练影响因素, 利用层次分析法, 阐述具体评估方法, 并应用实例进行验证评估。结果表明: 该方法对人员实际能力水平的评估结果准确、可信, 可为完善装备虚拟训练工作与学员培训方案提供参考。

**关键词:** 虚拟训练; 综合评估; 层次分析法

**中图分类号:** TP391.98 **文献标志码:** A

## Evaluation Method of Equipment Support Virtual Training Effect Based on AHP

Ding Ping

(No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China)

**Abstract:** Aiming at the evaluation requirement of the training effect of a certain type missile virtual training system, a dynamic evaluation model of virtual training was constructed. Analyzes the influencing factors of virtual training, using analytic hierarchy process (AHP) to elaborate the specific evaluation method, and verifies the evaluation with an example. The results show that the method is accurate and reliable, and can provide reference for improving the virtual training of equipment and the training scheme of trainees.

**Keywords:** virtual training; comprehensive assessment; analytic hierarchy process

### 0 引言

为适应新时代备战需要, 弥补传统“实兵+实地+实装”<sup>[1]</sup>训练模式的不足, 促进保障能力的快速生成, 前期基于 Virtools 虚拟现实引擎研发了某型导弹虚拟训练系统。该系统为受训者提供了全方位知识支持, 通过实物建模, 使受训人员只需佩戴 VR 设备即可在虚拟环境中对该型号导弹拆卸、组装和测试, 并对测试设备进行维护保养及故障检修。通过在虚拟环境中的反复训练, 受训人员能熟练掌握型号理论知识, 高效提升保障水平, 达到很好的训练目的。

为检验培训效果, 改进培训计划, 提高培训针对性, 促进虚拟培训软件的优化升级, 采用合适的评估方法, 科学、客观、有效地评估受训对象的业务能力是虚拟训练研究中亟待解决的问题。

笔者从需求出发, 尝试运用层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP), 创建受训人员虚拟训练智能考核评估模型, 结合教练员主观评价与受训人自身因素, 对受训人成绩进行定性和定量的综合评判, 使培训评估的结果更加客观、全面、精确。

### 1 虚拟训练影响因素

武器保障训练效果的影响因素<sup>[2]</sup>很多, 根据虚拟训练的特点、规律、部队训练实际, 并结合有关教练员和保障专家的建议, 选取以下 5 种因素作为该型导弹虚拟训练效果等级的主要影响因素:

1) 受训对象基本素质( $u_1$ ): 受训对象能力素质包括学历水平、工作时间等。作为训练工作的直接参与者和训练效果的体现者, 其基本素质是培训效果的基础。

2) 受训对象训练表现( $u_2$ ): 受训对象的训练表现是实施武器保障训练的基础, 包括人员训练的态度、积极性、出勤率和学习时间等, 是培训效果的重要影响因素。

3) 受训对象学习能力( $u_3$ ): 学习能力培训工作中受训对象需要具备的基本能力, 包括知识接受力、理解力、思考力和创新力等, 其能力水平与培训效果直接相关。

4) 受训对象考核成绩( $u_4$ ): 根据虚拟训练系统的设置, 考核成绩分为理论与实操 2 部分, 是量化检验受训对象培训效果不可或缺的因素。

5) 受训对象应用能力( $u_5$ ): 应用能力包括沟通

收稿日期: 2020-10-30; 修回日期: 2020-12-24

作者简介: 丁 平(1982—), 女, 山东人, 硕士, 工程师, 从事电路与系统、虚拟训练研究。E-mail: mading\_2006@126.com。

表达能力、操作熟练程度、操作正确性、故障定位能力和故障排除能力等，是培训效果的最终体现。

将装备保障训练等级划分为 5 级，对应的分数值如表 1 所示。

表 1 保障训练等级评分标准

优秀	良好	中等	及格	不及格
≥90~100	≥80~<90	≥70~<80	≥60~<70	0~<60

以武器保障训练影响因素作为评估指标，采用合适的评估方法得出训练的总体评分值，进而结合表 1 中的训练等级评分标准，即可得到受训个人的训练评价结果。

### 2 评价指标体系的建立

根据虚拟训练效果的影响因素并遵循建立指标体系的系统性、客观性原则，笔者设计 5 项评价科目并分别下设了评价指标如图 1 所示。虚拟训练效果评估体系共有 3 个层次：第 1 层为目标层，即训练效果评估的最终目标；第 2 层(评价科目)为中间层；第 3 层(评价指标)为最底层，中间层可以根据具体评价需求纵向细化子集中间层，最底层各评价指标的得分结果可通过受训人员的日常训练情况记录及系统考核成绩等得出。

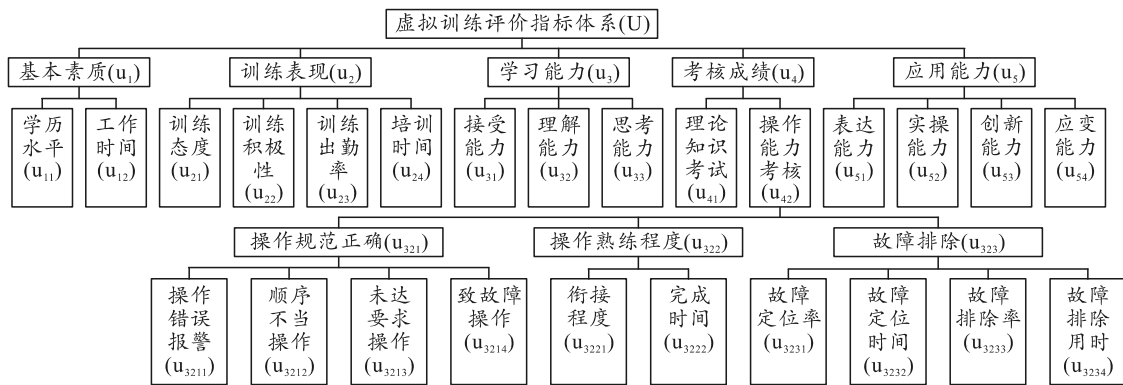


图 1 虚拟训练评估指标体系

### 3 训练效果模糊综合评估模型

培训效果指标体系建立后，用 AHP 对评估指标属性进行量化处理，然后对评估单元内评估指标进行合成处理；在完成对各个评估单元状态评估后，用模糊综合评估模型将具有层次性逻辑关系的评估单元状态予以合成，最终达到对培训效果进行评估的目的。

#### 3.1 一级因素集的判断矩阵

根据 AHP 法九标度规定的判断尺度<sup>[3]</sup>，通过专家打分进行各因素的两两重要性比较，然后整理可得一级因素集判断矩阵  $W_1$ ，如表 2、式(1)所示。

表 2 一级因素集判断矩阵

目标层判断项目	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_5$
$u_1$	1	1/7	1/8	1/9	1/9
$u_2$		1	1/6	1/9	1/9
$u_3$			1	1/5	1/5
$u_4$				1	2
$u_5$					1

$$W_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/8 & 1/9 & 1/9 \\ 7 & 1 & 1/6 & 1/9 & 1/9 \\ 8 & 6 & 1 & 1/5 & 1/5 \\ 9 & 9 & 5 & 1 & 2 \\ 9 & 9 & 5 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

通过计算可得该矩阵一致性比例  $C.R.=0.033 < 0.1$ <sup>[4]</sup>，属于合乎逻辑的排序，满足评估要求。

按照特征根法求解矩阵得到各考核科目的权重结果为

$$A = (0.048\ 3, 0.080\ 46, 0.180\ 8, 0.356\ 9, 0.329\ 4) \quad (2)$$

消除专家权重中由于专家知识背景及个人偏好带来的偏颇，可有效保证评价结果的客观合理。

#### 3.2 各级因素集权重的计算

同理建立各级因素集的判断矩阵，可得每组元素对其上一层中某个元素的相对权重向量。

假定已算出第  $i-1$  层前每层的元素对于目标层的总排序权重向量  $W_{(i-1)}$ ，第  $i$  层因素集总目标的相对权重为  $W_i = W_{(i-1)} W_{(i-2)} \cdots W_2$ 。由此自上而下将单准则下的权重进行合成即得到各评价指标对于总目标的权重<sup>[5]</sup>如表 3 所示。

#### 3.3 主观评估分数确定方法

对于需要教练员打分获得的评估科目分数，可以通过层次分析法中的模糊评估法获得<sup>[6]</sup>。

##### 3.3.1 各因素隶属度的确定

各专家按照评估标准，对各评估因素隶属等级进行评定打分，统计整理出每个因素隶属于 4 个等

级的专家人数，分别除以专家总数，即为 4 个等级的隶属度。

笔者邀请 10 位专家与教员组成专家组，在不了解操作人员情况的前提下，分别对参加考核的人员应用能力科目里的评估指标进行打分。某位参加考核人员成绩如表 4 所示。

表 3 各评级指标权重值

序号	指标编号	评价指标	权重
1	u <sub>11</sub>	学历水平	0.041 2
2	u <sub>12</sub>	工作时间	0.041 2
3	u <sub>21</sub>	训练态度	0.017 9
4	u <sub>22</sub>	训练积极性	0.022 9
5	u <sub>23</sub>	训练出勤率	0.024 1
6	u <sub>24</sub>	培训时间	0.028 0
7	u <sub>31</sub>	接收能力	0.039 2
8	u <sub>32</sub>	理解能力	0.058 6
9	u <sub>33</sub>	思考能力	0.071 5
10	u <sub>41</sub>	理论知识考试	0.144 6
11	u <sub>51</sub>	表达能力	0.057 2
12	u <sub>52</sub>	实操能力	0.099 2
13	u <sub>53</sub>	创新能力	0.073 5
14	u <sub>54</sub>	应变能力	0.104 3
15	u <sub>3211</sub>	操作错误报警	0.014 4
16	u <sub>3212</sub>	顺序不当操作	0.010 2
17	u <sub>3213</sub>	未达要求操作	0.015 2
18	u <sub>3214</sub>	致故障操作	0.035 5
19	u <sub>3221</sub>	衔接程度	0.026 0
20	u <sub>3222</sub>	完成时间	0.021 3
21	u <sub>3231</sub>	故障定位率	0.021 1
22	u <sub>3232</sub>	故障定位时间	0.009 0
23	u <sub>3233</sub>	故障排除率	0.017 2
24	u <sub>3234</sub>	故障排除用时	0.006 7

表 4 学员 1 应用能力评估表

指标名称	评定要求和标准	评语			
		优秀	良好	合格	不合格
表达能力 u <sub>51</sub>	答案正确	8	2	0	0
	表达完整				
	思路清晰				
实操能力 u <sub>52</sub>	工具使用准确	9	1	0	0
	规程正确				
	过程流畅				
创新能力 u <sub>53</sub>	发现问题	7	3	0	0
	分析问题				
应变能力 u <sub>54</sub>	突发故障	8	2	0	0
	反应情况				

### 3.3.2 评估矩阵的确定

从表 4 中可以得出： $R_{51}=(0.8,0.2,0,0)$ ， $R_{52}=(0.9,0.1,0,0)$ ， $R_{53}=(0.7,0.3,0,0)$ ， $R_{54}=(0.8,0.2,0,0)$ 。

由行向量  $R_{51}$ 、 $R_{52}$ 、 $R_{53}$ 、 $R_{54}$  可建立评估矩阵

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.7 & 0.8 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

### 3.3.3 评估结果处理

结合表 1 中的训练等级评分标准，选用模型(•,+)进行模糊综合评估，可以得出该学员应用能力中各项评价指标的得分

$$Q_5 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.9 & 0.7 & 0.8 \\ 0.2 & 0.1 & 0.3 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 92.5 \\ 80.0 \\ 67.5 \\ 30.0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 90.00 \\ 91.25 \\ 88.75 \\ 90.00 \end{bmatrix} \quad (4)$$

学员 1 应用能力各项指标得分为：表达能力 90.00，实操能力 91.25，创新能力 88.75，应变能力 90.00。

按此方法，可以得出学习能力与训练表现评价科目中的各指标得分。

## 3.4 评价效果结果分数合成

通过累加因素体系中最底层因素的权重与得分的乘积，即可根据需要得到任意层次的评判结果和最终的综合评价结果。

## 4 应用实例

首先定义学历水平与工作时间的评分标准分别见表 5<sup>[7]</sup>、表 6<sup>[8]</sup>所示。

表 5 学员学历评分标准

初中	高中	本科	硕士	博士
75	85	90	95	100

表 6 学员工作时间评分标准

2 a 以下	2~9 a	10~19 a	20~30 a
79	80~89	90~94	95~100

虚拟阶段训练后 5 名代表性参训人员的各项考核评分成绩如表 7 所示，以验证评估模型的合理性。

综合评估得分数据表明：不同学历程度的受训学员，认真积极参加虚拟训练系统培训后，理论水平与实操能力都会有显著提升，且考核后会记录大量的数据。通过对数据的统计并结合综合评估方法，可以公正合理地反映受训人员的能力差别并给出合理化建议，制定更加完善的培训计划。

表 7 评分标准

考核内容	学员 1	学员 2	学员 3	学员 4	学员 5
学历水平	100.00	95.00	90.00	85.00	75.00
工作时间	79.00	79.00	79.00	85.00	92.00
训练态度	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
训练积极性	90.00	60.00	99.00	98.00	99.00
训练出勤率	98.00	100.00	100.00	100.00	100.00
培训时间	85.00	65.00	92.00	98.00	100.00
接收能力	92.00	95.00	93.00	85.00	75.00
理解能力	95.00	85.00	90.00	85.00	85.00
思考能力	95.00	90.00	90.00	86.00	80.00
理论知识考试	96.50	75.00	91.25	90.00	96.55
表达能力	90.00	90.00	90.00	90.00	80.00
实操能力	91.25	75.00	89.55	87.00	95.00
创新能力	88.75	75.00	85.25	83.85	85.00
应变能力	90.00	60.00	90.00	90.25	85.00
操作错误报警	90.00	82.00	92.58	90.00	93.45
顺序不当操作	92.00	70.00	92.00	90.25	98.00
未达要求操作	93.00	76.00	95.25	94.00	85.00
致故障操作	97.00	70.00	96.36	97.00	90.00
衔接程度	93.25	93.25	94.00	93.25	93.25
完成时间	85.00	77.00	89.65	80.00	90.00
故障定位率	97.00	75.00	92.25	89.56	80.00
故障定位时间	96.00	80.00	96.00	96.00	79.25
故障排除率	95.00	95.35	93.33	95.35	78.00
故障排除用时	92.55	83.45	95.00	94.45	86.00
综合评估得分	92.40	78.92	90.70	89.18	88.27
学员类型备注	博士积极型	硕士消极型	本科积极型	高中积极型	初中积极型

### 5 结束语

虚拟训练系统生动、形象、直观地演示了某型导弹内外结构、工作原理和使用维护过程中的各种故障现象，使受训学员达到实装培训效果，具有经济、实用的特点，是今后武器装备维修训练的发展趋势。

笔者基于层次分析法构建的综合评估模型，能够完成对评价受训人员培训后能力的客观描述。对软件知识结构的更新与人员培训计划的制定具有重要理论指导意义和实际应用价值。

### 参考文献：

[1] 林德江, 秦国伟, 王国德, 等. 基于 Unity 3D 技术的某装备便携式虚拟训练系统研究[J]. 火箭发射与控制学报, 2014, 35(4): 91-92.

[2] 崔凯旋, 张成, 石全. 装备保障训练评估方法及仿真分析[J]. 计算机仿真, 2013, 30(4): 331-332.

[3] 刘军, 莫利江, 吴朗, 等. 电子资源综合评价指标体系的构建探讨[J]. 情报杂志, 2010, 29(6): 136-137.

[4] 孙宏才, 田平, 王莲芬. 网络层次分析法与决策科学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 38-39.

[5] 张林林, 陈礼高. 一种军用飞机品质综合评估方法[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(3): 64-65.

[6] 王凤英, 刘天生. 毁伤理论与技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009: 209-220.

[7] 任晓梅. 某部航天发射参试官兵人格特点和胜任特征的研究[D]. 重庆: 第三军医大学公共卫生学院, 2015: 11.

[8] 盛卫超, 丁士拥, 刘俊雷. 军队院校干部轮训教育与学历教育、岗位培训融合问题分析与研究[J]. 中国科教创新导论, 2014(8): 9-10.