

炮位侦察雷达模拟训练考核评估系统研究

王锐¹, 谢恺²

(1. 陆军炮兵防空兵学院 兵器工程系, 合肥 230031)

(2. 中山大学 电子与通信工程学院, 广东 深圳 518107)

摘要:为客观、准确、全面地反映受训者对某型炮位侦察雷达模拟训练系统的操作水平,针对其特殊功能需求,按照情报处置、侦察校射、操作流程等方面进行分类,分层构建了考核评估的指标体系,为炮位侦察雷达模拟训练考核评估奠定了基础。此外,提出了一种基于层次分析法的炮位侦察雷达模拟训练考核综合评估方法,在此基础上开发了炮位侦察雷达模拟训练考核评估系统。经验证,该系统在新型炮位侦察雷达模拟训练中取得了较好的效果。

关键词:炮位侦察雷达;模拟训练系统;评估

中图分类号: TN95 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-7859(2020)09-0017-04

引用格式:王锐, 谢恺. 炮位侦察雷达模拟训练考核评估系统研究[J]. 现代雷达, 2020, 42(9): 17-20.

WANG Rui, XIE Kai. A study on simulated training evaluation system of artillery location radar[J]. Modern Radar, 2020, 42(9): 17-20.

A Study on Simulated Training Evaluation System of Artillery Location Radar

WANG Rui¹, XIE Kai²

(1. Department of Armament Engineering, Army Academy of Artillery and Air Defense Forces, Hefei 230031, China)

(2. School of Electronics and Communication Engineering, Sun Yat-sen University, Shenzhen 518107, China)

Abstract:In order to reflect the trainees' operation level of a certain type of emplacement reconnaissance and calibration radar simulation training system objectively, accurately and comprehensively, according to its special functional requirements, classified by intelligence handling, emplacement reconnaissance and operation process. Furthermore, an evaluation index system was constructed in different levels, a comprehensive evaluation method for emplacement reconnaissance and calibration radar simulation training based on analytic hierarchy process is proposed, and an evaluation system is developed. The system is proved to be effective in radar simulation training.

Key words: emplacement reconnaissance and calibration radar; simulation training system; evaluation

0 引言

由于雷达装备训练中存在组织困难、训练效费比低等弊端,因而模拟训练系统成为了开展雷达日常训练的主要途径,而考核评估系统设计的合理与否,对于模拟训练系统整体训练水平的提升和模拟训练效益生成意义重大^[1]。

目前,对新型炮位侦察雷达而言,其模拟训练系统中的考核评估手段普遍比较单一,因而急需开展对炮位侦察雷达模拟训练考核评估系统的研究。

以下针对炮位侦察雷达的模拟训练系统的实际操作情况,构建考核评估体系指标,根据现有的考核评估机制,提出了一种基于层次分析法的综合考核评估手段,确定了指标的权重和计算方法,开发了考核评估系统。

1 炮位侦察雷达模拟训练系统

炮位侦察雷达模拟训练系统由导演控制计算机和便携式操控终端组成。主要完成模拟训练的任务计划、组织实施、过程导调、考核评估等。目标模拟软件根据导演控制计算机产生的目标生成指令,产生目标数据发送到便携式操控终端,并模拟雷达实控机、信息处理机、发射机等分系统响应终端模拟机的操作。其训练信息流程如图1所示。其中,考核评估环节是依据训练目的和要求,运用有效的评估手段和方法,对模拟训练所达到的训练效果给予科学的评判。

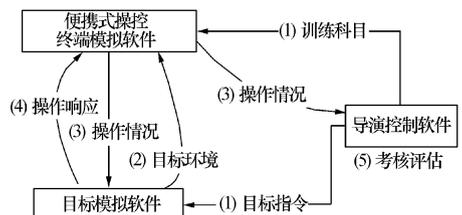


图1 某新型炮位侦察雷达模拟训练信息流程

基金项目:十三·五装备预研重点资助项目(3011020211)

通信作者:王锐

Email:candywang1102@126.com

收稿日期:2020-05-12

修订日期:2020-07-10

2 模拟训练考核评估指标

2.1 评估指标内容

为了充分发挥考核评估环节在模拟训练系统中的评价、诊断和导向作用,模拟训练考核评估系统应坚持实战标准,突出能力检验,满足科学性和规范化要求。其考核内容涵盖除雷达架设/撤收以外的所有科目,包括雷达开机、标定、初始化、侦察、校射、故障自检等内容。

为完成这些训练科目,需要制定相关的训练计划,以完成初始化训练、标定训练、炮位侦察和火炮校射等功能,支持模拟训练系统的训练和考核。

2.2 评估指标体系

在综合考虑炮位侦察雷达模拟训练系统的考核内容和构成要素的基础上,经过广泛的专家咨询和反复修订,建立了一套雷达模拟训练系统评估指标体系^[2-3],如图2所示。

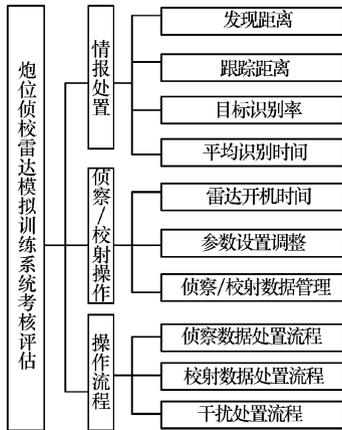


图2 模拟训练系统考核评估体系

(1)情报处置。该项指标可分解为发现距离、跟踪距离、目标识别率等,从距离、时间等不同维度对情报处置的效果进行度量。

(2)侦察/校射操作。该指标就是要满足及时准确地侦察、火炮校射的技能要求。具体分解为三个指标,即雷达开机时间、参数设置调整、侦察/校射数据管理。主要侧重于考核对象对侦察和校射操作处置能力的度量。

(3)操作流程。该指标具体分解为三种信号处置流程,即侦察数据处置流程、校射数据处置流程和干扰处置流程,侧重于对考核对象的处置规范性的度量。

3 模拟训练考核评估方法

按照考核评估机制的不同,模拟训练考核评估方法可分为单因素评估方法、综合评估方法以及智能评估方法^[4-5]。

由于炮位侦察雷达模拟训练系统考核评估涉及操作变量较多,操作过程复杂,训练效果评估难以简单评

价,具有分层交错评价指标的目标值,而且目标值又难于定量描述,因此引入层次分析法,将一个复杂的多目标决策问题的目标分解为多个目标或准则,进而分解为多指标(或准则、约束)的若干层次,通过定性指标模糊量化方法算出层次单排序(权数)和总排序,以作为目标(多指标)、多方案优化决策的系统方法。

考虑上述因素,本文提出运用层次分析法来对考核的指标权重、指标量化进行综合评估^[6-7]。

3.1 评估指标权重的确定

(1)结合评估指标体系构建层次分析法比较判断矩阵,邀请专家集中讨论,通过专家赋值对同层指标两两比较量化,构造层次分析法判断矩阵 A 。

(2)计算各个指标之间的相对权重

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: a_{ij} 为第*i*个指标相对于第*j*个指标的重要性。

(3)计算矩阵 A 的最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} \omega_i}{\omega_i} \right) \right] \quad (2)$$

式中: n 为判断判断矩阵 A 的阶数。

(4)进行一致性检验

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3)$$

式中: λ_{\max} 为判断矩阵的最大特性值; n 为判断判断矩阵 A 的阶数。

RI 是与矩阵阶数对应的一个常数,称为随机一致性指标(见表1),当 $CI/RI < 0.1$ 时,可认为判断矩阵具有满意的一致性,特征向量就是所确定的各因素权重;否则应对特征向量做适当修正。

表1 随机一致性指标

n	RI	n	RI
1	0	6	1.26
2	0	7	1.36
3	0.52	8	1.41
4	0.89	9	1.46
5	1.12	10	1.49

3.2 指标计算

根据评估因素确定的客观性、可操作性、完整性,建立炮位侦察雷达模拟训练考核评估指标体系^[8-10],首先确定各项指标的满分为100分,标准的计算就是确定受训者针对于评价指标所得的分数。

(1)操作完整性。操作完整性指标是检查受训者在科目操作过程中是否有疏漏环节。通过标准化操作与实际操作流程的对比,确定受训者的步骤完整性,从而计算受训者操作完整性指标的分数。

设标准流程步骤 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n\}$, I_i 为第 i 步操作, v_i 代表第 i 步操作权重, 设 $\sum_{i=1}^n v_i = 1$, 如受训者在实际操作过程中遗漏了步骤 I_i , 则受训者在该项指标中的得分为 $S(I_i) = 100[1 - v_i]$ 。

(2) 操作熟练性。在实际操作训练中, 操作时间的长短直接反映受训者对训练科目的熟练程度, 在实际训练考核评估中要考虑完成整个操作所使用的时间。设标准化操作的时间为 T_s , 受训者实际操作流程所用时间为 T_a , 则受训者在操作时间指标项的得分为

$$S(I_2) = \begin{cases} 100 & T_a \leq T_s \\ 100 - m \frac{T_a - T_s}{n} & T_a > T_s \\ 0 & T_a - T_s > 3 \end{cases} \quad (4)$$

式中: n, m 为整数, 即当 $T_a > T_s$ 时, 每超出 n min 受训者的得分就减少 m 分, 如超出 3 min 后, 该项得分为 0, n, m 是专家给出的经验值。

(3) 操作准确性。在实际训练中, 操作步骤的不同会影响最终结果, 对操作准确性的评价, 采用实际操作和标准化操作的逆序来计算, 如果实际操作中逆序权值之和为 F_w , 则受训者在操作步骤指标项所得分数为

$$S(I_3) = 100(1 - F_w) \quad (5)$$

受训者最终考核评估结果则是上述三项指标得分之和, 受训者的所得总分数为

$$S = \sum_{i=1}^3 S(I_i) \quad (6)$$

运用该指标体系对受训者的实操能力进行考核评估, 可相对客观地反映受训者的操作水平。

4 考核评估系统开发

本文所设计的考核评估系统依据考核评估指标体系, 建立灵活、实用的评估规则库, 采用合理的知识表示方法将系统操作规则转化成计算机能识别并进行推理的应用知识, 即受训者的操作评估标准。操作考核主要是对受训者的操作进行自动跟踪, 自动记录考核时间, 实时获取受训者的操作动作和准确率, 记录受训者的操作内容, 并根据操作情况提供最后的评估结果。

在导演控制计算机设置的考核评估系统交互界面主要包括四个部分: 计划管理窗口、评估标准窗口、操作记录窗口、训练成绩窗口, 如图 3 所示。



图 3 操作考核评估系统的交互界面

考核评估系统的运行流程如图 4 所示。

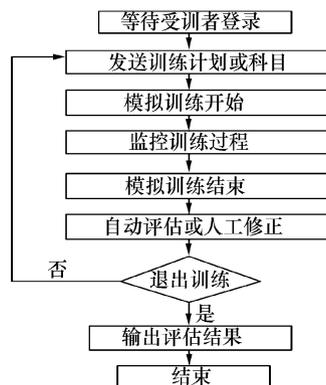


图 4 考核评估系统运行流程

5 结束语

为解决某新型炮位侦察雷达模拟训练系统考核评估难题, 本文构建了基于该雷达的考核评估指标体系, 阐述了基于层次分析法的考核评估方法, 并介绍了考核评估系统的软件界面和实际运行流程, 软件设计合理、可操作性强, 结果切合实际, 可很好地应用于炮位侦察雷达的模拟训练系统中。下一步, 相关应用成果可推广到其他雷达型号的模拟训练考核评估系统中。

参考文献

- [1] 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(4): 137-143.
LIN Meiqing. Study on combat operation evaluation method of passive radar simulation training[J]. Modern Defence Technology, 2018, 46(4): 137-143.
- [2] 卢雷, 史颖超, 尹振兴. 雷达装备保障系统效能综合评估[J]. 雷达科学与技术, 2017, 15(3): 276-280.
LU Lei, SHI Yingchao, YIN Zhenxin. Efficiency evaluation of radar equipment support system[J]. Radar Science and Technology, 2017, 15(3): 276-280.
- [3] 郭业波, 曾博韬, 郭贤生. 武器装备系统效能评估方法研究[J]. 宇航总体技术, 2017, 1(3): 61-70.

- GUO Yebo, ZENG Botao, GUO Xiansheng. Research of weapons equipment systems effectiveness evaluation methods [J]. Astronautical Systems Engineering Technology, 2017, 1(3): 61-70.
- [4] JALILZADEHAZHARI E, JOHANSSON P, HOHANSSOM J, et al. Application of analytical hierarchy process for selecting an interior window blind [J]. Architectural Engineering and Design Management, 2017, 13(4): 308-324.
- [5] DARKO A, CHUEN CHAN A, AMEYAW E E. Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction [J]. International Journal of Construction Management, 2019, 19(5): 436-452.
- [6] KUMAR S, TRIPATHI B K. Modelling of threat evaluation for dynamic targets using Bayesian network approach [J]. Procedia Technology, 2016, 24: 1268-1275.
- [7] EZGI C N. Design and thermodynamic analysis of an H2O-LiBr AHP system for naval surface ship application [J]. International Journal of Refrigeration, 2014, 48: 153-165.
- [8] LI Zheng, ZHOU Jiawei, HU Haibao, et al. Operational effectiveness analysis of cluster submarine formation torpedo weapon system based on fuzzy AHP comprehensive evaluation [C] // Proceedings of the 2019 World Symposium on Software Engineering. Wuhan: Wuhan University Science and Engineering Institute, 2019: 18-22.
- [9] NARISWARI N P A, Dehe B. Testing an AHP model for aircraft spare parts [J]. Production Planning & Control, 2019, 30(4): 329-344.
- [10] WANG Yuyang, XU Luyan, HONG Yan, et al. Fuzzy analytical hierarchy process methods for evaluating the comfort of textiles [C] // Proceedings of 2015 Seventh International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. Nanchang: IEEE Press, 2015: 502-505.

作者简介:

王锐 女, 1981年生, 硕士, 副教授, 研究方向为雷达与电子对抗;

谢恺 男, 1980年生, 博士, 副教授。研究方向为雷达与电子对抗。

(上接第 16 页)

References

- [1] COOK C E, BERNFELD M. Radar signals: an introduction to theory and applications [M]. New York: Academic Press, 1967.
- [2] ACKROYD M H, CHANI F. Optimum mismatched filters for sidelobe suppression [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1973, 9(2): 214-218.
- [3] ZORASTER S. Minimum peak range sidelobe filters for binary phase coded waveforms [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1980, 16(1): 112-115.
- [4] BADEN J M, COHEN M N. Optimal peak side lobe filters for biphasic pulse compression [C] // Proceedings of IEEE International Conference on Radar. Arlington: IEEE Press, 1990: 249-252.
- [5] 张仕元, 吴乐南. 基于 RLS 的脉压雷达数字旁瓣抑制滤波器设计方法 [J]. 测控技术, 2006, 25(7): 79-82.
- ZHANG Shiyuan, WU Lenan. Design of digital sidelobe suppression filter based on RLS method [J]. Measurement & Control Technology, 2006, 25(7): 79-82.
- [6] BLUNT S D, GERLACH K. Adaptive pulse compression via MMSE estimation [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2006, 25(7): 78-82.
- [7] 王飞雪, 欧钢. 恒增益处理损失的最佳编码旁瓣抑制滤波器 [J]. 电子学报, 2003, 31(9): 1418-1421.
- WANG Feixue, OU Gang. Optimal code sidelobe suppression filters with constant loss in process gain [J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 31(9): 1418-1421.
- [8] AKBARIPOUR A, BASTANI M H. Range sidelobe reduction filter design for binary coded pulse compression system [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2012, 48(1): 348-359.
- [9] STOICA P, HE H, LI J. New algorithms for designing unimodular sequences with good correlation properties [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2009, 57(4): 1415-1425.
- [10] 李风林, 赵宜楠, 乔晓林. 抑制特定区间距离旁瓣的恒模波形设计方法 [J]. 电子与信息学报, 2013, 35(3): 532-536.
- LI Fengcong, ZHAO Yinan, QIAO Xiaolin. Constant modular waveform design method for suppressing range sidelobes in specified intervals [J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2013, 35(3): 532-536.

作者简介:

周毅 男, 1976年生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为雷达信号处理;

李品 男, 1982年生, 博士, 高级工程师, 研究方向为雷达信号处理。