

# 基于 G-AHP 的舰载机一体化训练系统支持能力评估

王保乳<sup>1</sup>, 陈春良<sup>2</sup>, 李培富<sup>3</sup>, 魏昌全<sup>1</sup>

(1. 海军航空工程学院研究生管理大队, 山东 烟台 264001; 2. 装甲兵工程学院 技术保障工程系, 北京 100072; 3. 65571 部队保障部, 吉林 四平 136000)

**摘要:** 一体化训练子系统 (ITS) 是自主式保障系统的核心组元之一, 引入 ITS 能够为舰载机保障人员训练提供强大的支持能力。在分析舰载机一体化训练系统基本构成的基础上, 深入分析了舰载机 ITS 的训练支持能力, 并运用灰色评估理论, 建立灰色评估模型, 进行了效能评估, 通过事例分析, 为舰载机保障人员培训引入一体化训练系统提供了决策支持。

**关键词:** 一体化训练系统; 自主式保障; 灰色层次分析法

**本文引用格式:** 王保乳, 陈春良, 李培富, 等. 基于 G-AHP 的舰载机一体化训练系统支持能力评估[J]. 四川兵工学报, 2014(8): 59-64.

中图分类号: E926.392

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2014)08-0059-06

## Support Ability Evaluation of the Carrier-based Aircraft Integrated Training System Based on G-AHP

WANG Bao-ru<sup>1</sup>, CHEN Chun-liang<sup>2</sup>, LI Pei-fu<sup>3</sup>, WEI Chang-quan<sup>1</sup>

(1. Administrant Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautical University, Yantai 264001, China;

2. Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;

3. The Security Department of The 65571 Army, Siping 136000, China )

**Abstract:** Integrated training system was one of the key components of the autonomic logistics system. The ITS could provide the strong support ability to train the carrier-based aircraft support personnel. Based on analyzing the basic composition of carrier-based aircraft integrated training system, the thesis analyzed the support ability of ITS and constructure model to evaluate efficiency by grey evaluation theory. Through example analysis to provide the decision support to introduce the ITS for training carrier-based aircraft support personnel.

**Keywords:** Integrated Training System; Autonomic Logistics; Grey Analytic Hierarchy Process

**Citation format:** WANG Bao-ru, CHEN Chun-liang, LI Pei-fu, et al. Support Ability Evaluation of the Carrier-based Aircraft Integrated Training System Based on G-AHP[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(8): 59-64.

自主式保障 (Autonomic Logistics) 是在美军 F-35 联合攻击机 (JSF) 项目研究过程中, 由波音公司提出的一种新型的保障方案, 目的就是要构建一种能实时自主管理和控制与其相关的备件器材采购、贮存, 装备设备的维修、保养, 人员

的培训, 技术资料的更新以及各子系统间物资运输、信息传递等的军事实体或系统<sup>[1]</sup>。一体化训练系统 (ITS) 作为自主式保障系统的关键组元之一, 能够提供高性能、一体化设计的软、硬件系统, 灵活有效的组训方式和先进的训练方案。

收稿日期: 2014-03-11

作者简介: 王保乳 (1981—), 男, 硕士研究生, 主要从事海军航空装备保障研究。

引入一体化训练系统(ITS)后,科学的训练体系,先进的训练理念、训练方式、训练保障和管理能力,能够为舰载机保障人员训练提供强大的支持和优化能力。

## 1 舰载机一体化训练系统的基本构成

舰载机保障人员一体化训练主要通过“训练管理和保障系统”对整个训练过程进行控制和管理,“训练管理和保障系统”主要由“训练管理子系统”、“配置管理和保障子系统”等构成<sup>[2]</sup>。“训练管理子系统”能够对人员训练过程进行系统建模,来预测训练人员规模和训练资源需求,提出辅助决策,优化保障方案设计和训练进度安排,评估训练效果;“配置管理和保障子系统”具有训练人员和保障资源可用度预测,训练保障资源管理,训练保障资源调配等功能。

舰载机保障人员一体化训练通过采用先进的训练方案来确保训练科学高效,主要包括高级分布式学习方案、分布式任务训练模式和嵌入式训练环境。高级分布式学习方案通过训练内容的模块化设计,加强“可共享训练内容”的建设,使飞行员和保障人员的任务作业、训练学习能共享保障资源、技术数据和评估结果;分布式任务训练模式主要是通过联合训练中心、编队训练中心和基层级训练中心三级训练体系的构建,以及可运输的、可移动的训练中心的设计,并采用个人训练、小组训练和团队训练相结合的分布式协同训练方式,提高训练效能;嵌入式训练环境主要是通过使用先进的分布式仿真技术,提供真实的保障任务想定,将训练变成部队作战系统的组成部分。

舰载机一体化训练系统的具体构成如图1所示。

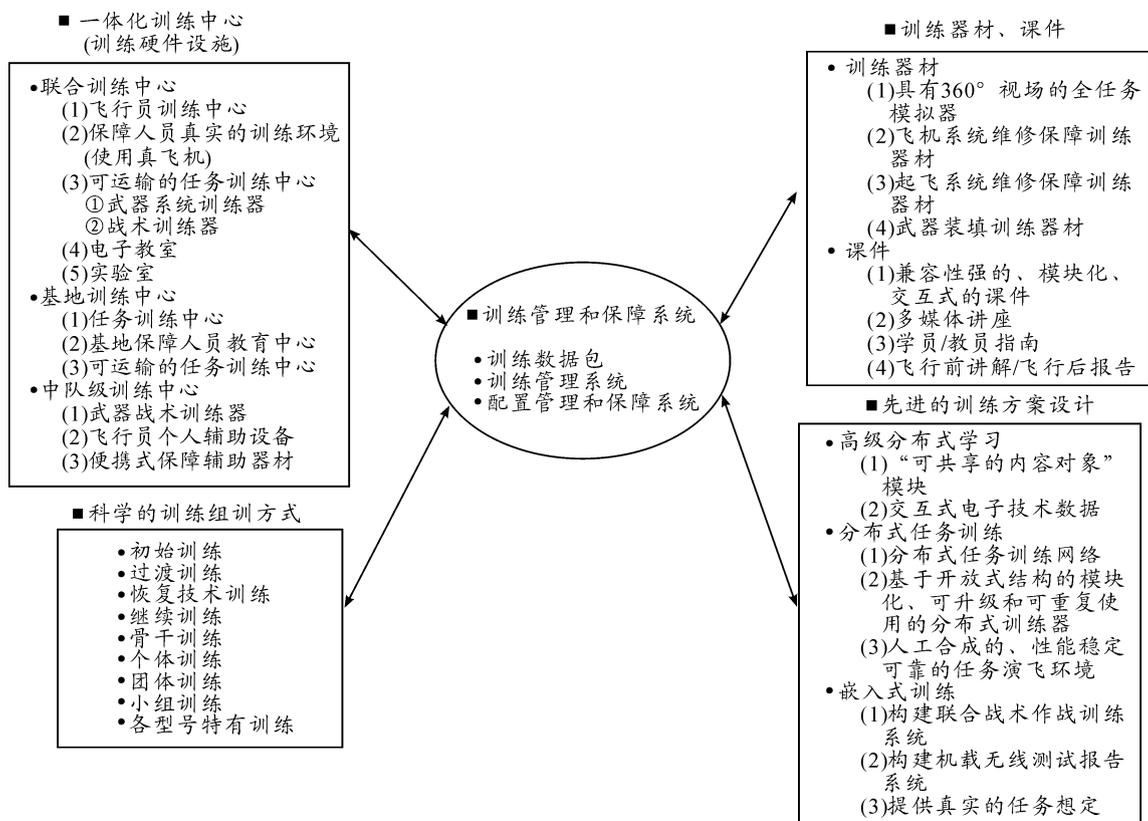


图1 舰载机一体化训练系统的基本构成

## 2 构建舰载机一体化训练系统的支持能力评估指标体系

舰载机一体化训练系统对人员训练的支持和优化能力<sup>[3]</sup>主要体现在以下几个方面:

### 2.1 人员职业能力训练子系统的支持能力

舰载机保障人员职业能力训练系统主要是指为实现提升人员职业能力的目标,通过软、硬件的合理配置,将训练环境、训练模式、训练过程等要素进行合理化、系统化的安排,

从而形成的训练系统,其支持能力主要体现在:

1) 虚拟训练环境的支持能力。通过采用先进网络化技术和虚拟现实建模语言(VRML),以及移植成熟的虚拟训练系统,可以比较方便地实施人员在回路中的虚拟训练。

2) 先进训练设备的支持能力。在一体化训练系统中,人员训练设备是由模块化和可升级的硬件和计算机软件组成,支持高保真度的虚拟训练,实现数据、信息、技术资料等的同步更新,并通过先进的训练设备支持,让“人”也成为“自主式响应机制”的一个组成部分,提升训练的响应能力。

3) 先进训练模式的支持能力。在一体化训练模式下,

通过采用个人训练、小组训练和团队训练相结合的先进训练模式,使个人训练成为整个训练系统的有机部分,强化团队训练,提供多个专业和岗位的一体化训练。

4) 科学训练过程的支持能力。在一体化训练模式下,通过初始训练、过渡训练、进修训练、持续训练和骨干训练逐级递进的训练过程,循序渐进地逐步提升人员职业能力,牢固人员每阶段训练的效果。

5) 人员职业能力鉴定结论的权威性。所有鉴定考核工作都使用真实的航空器或者高保真的训练器,确保鉴定结论的权威性。

## 2.2 先进训练方案的支持能力

一体化训练系统(ITS)采用了高级分布式学习(ADL)、分布式任务训练(DMT)和嵌入式训练(ET)等先进的训练方案,能够极大地提高舰载机保障人员的训练效能。其支持能力主要体现在:

1) “高级分布式学习”方案的支持能力。“高级分布式学习”体系设计的核心就是模块化设计,通过大量的“可共享的内容对象”模块,可以依据人员各自的背景、任务、作业环境和训练目标,对训练内容进行剪裁,以便最有效地满足不同个体的需要,从而提高训练的灵活性和科学性。

2) “分布式任务训练”方案的支持能力。设置分布式训练(DMT)网络,实现从联合训练中心、航母编队训练中心到基层级训练中心的连通,增强了数据交互、内容共享等功能,并通过基于开放式结构的模块化、可升级和可重复使用的分布式训练器,提供机动训练能力,满足特定保障任务所需要的技能训练。

3) “嵌入式训练”方案的支持能力。通过构建“联合战术作战训练系统”和“机载无线测试报告系统”,并将它们与其他系统平台进行有机结合,使训练变成部队作战系统的组成部分,从而提供真实的保障任务想定。

## 2.3 先进技术的支持能力

舰载机 ITS 的构建将采用“性能评估和智能代理技术”、“先进的舰载机维修技术”和“性能辅助技术”等一些创新性的技术,将对人员的训练效能产生积极的支持作用,主要体现在:

1) 性能评估和智能代理技术的支持能力。性能评估和智能代理技术主要是运用性能评估技术对保障人员学习和训练的过程、效果进行分析,再通过智能代理技术来对保障人员训练的内容、过程等进行智能指导和调整。

2) 先进的舰载机维修技术的支持能力。先进的视情维修技术、预测和健康管理技术等运用,可以极大地减少计划性维修和检查,提升故障检测、隔离和排除训练的效能,从而能缩短保障人员训练的时间,降低训练要求,减少训练费用。

3) 性能辅助技术的支持能力。随着保障辅助资源的利用,使训练在工作地点即可完成,不需脱岗到固定地点进行训练,提高训练效益;通过任务执行和训练过程中的性能监控,可提高保障人员成功获取技能和知识的能力。

## 2.4 训练管理和保障的支持能力

“训练管理和保障系统”是管理保障人员训练内容、训练进展过程等的工具,它能有效地控制软、硬件的配置和优化,保证训练中使用合适的系统和数据,跟踪训练过程进展和人员表现,并为保持和提升训练效能提供所需的工具。其训练支持能力主要体现在训练管理子系统和配置管理和保障子系统的支持能力。

1) 训练管理的支持能力。通过课程及教学大纲管理、课件管理、训练预测建模、进度安排保障、人员信息管理、技能获取管理等功能,对训练效能进行优化。

2) 配置管理和保障的支持能力。通过资源配置管理、任务活动管理、训练资产管理和行政管理等,来对训练进行支持和优化。

通过以上分析,可以构建舰载机一体化训练系统支持能力评估指标体系,如图 2 所示。

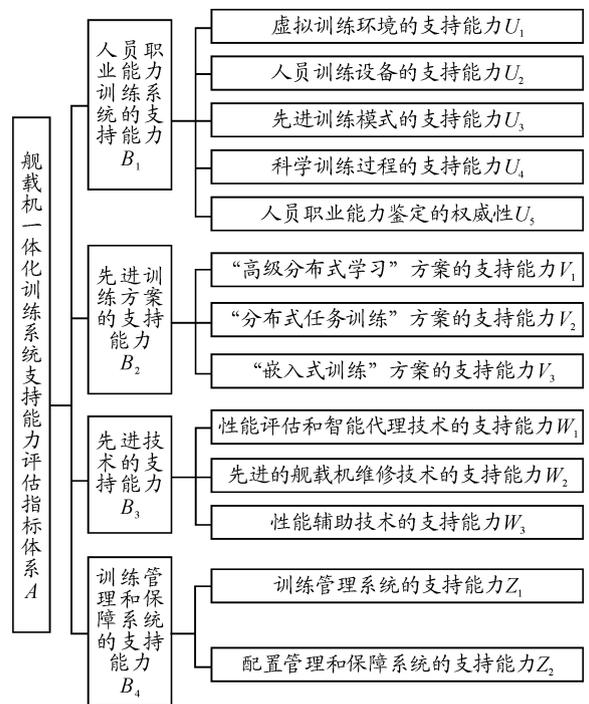


图 2 舰载机一体化训练系统支持能力评估指标体系

## 3 舰载机一体化训练系统支持能力评估

### 3.1 基于层次分析法(AHP)的评估指标权重计算

采用层次分析法,通过评价指标间两两重要性的比较建立判断矩阵 A(表示同一层次各指标相对重要性的标度值,判断标度采用 1~9 标度。)[4] 依据上述评估指标体系,通过组织专家,对各指标进行两两比较打分,将专家每项打分的分值求平均值,得到比较判断矩阵,通过求解比较判断矩阵,得出矩阵的特征向量,然后进行一致性检验,验证通过则该特征向量即为相应评估指标的重要性权重。

具体计算方法如下:

1) 计算判断矩阵每一行元素( $a_{ij}$ 为判断矩阵 A 的元素)

的乘积

$$M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij} (i = 1, 2, \dots, n)$$

2) 计算  $M_i$  的  $n$  次方根  $\bar{\omega}_i$

$$\bar{\omega}_i = \sqrt[n]{M_i}$$

3) 对其进行归一化,求得特征向量的近似值,即为各元素的相对权重值。

4) 计算判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{n\bar{\omega}_i}$$

5) 根据下列公式,确定一致性比例  $CR$ ,检验其一致性

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

其中,  $RI$  值是通过表 1, 根据矩阵阶数, 查询求得。

表 1 平均一致性指标  $RI$

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
$RI$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41

求得  $CR$  值后, 当  $CR < 0.10$  时, 认为判断矩阵的一致性是可以接受的, 否则应对判断矩阵作适当修正。

### 3.2 灰色评估模型构建

由于目前舰载机 ITS 的训练支持能力无法通过实际数据的收集和观测, 来进行评估, 所以, 运用对于信息不完善、不充分、不全面的效能评估具有较强处理能力和比较优势的灰色理论评价方法, 来构建评估模型, 进行舰载机 ITS 的训练支持能力评估。

1) 灰色评估理论的基本思想

在灰色理论中, 用“黑”表示信息未知, 用“白”表示信息完全明确, 用“灰”表示部分信息明确, 部分不明确。在应用中, 灰数实际上指的是在某一个区间或者某一个一般的数集内取值的不确定数。通常用“ $\otimes$ ”表示灰数<sup>[5]</sup>。

灰色白化权函数聚类法, 就是根据灰数的白化权函数将一些观测指标或对象聚集成若干个可以定义类别, 将系统归入某灰类的过程, 用于检测对象是否属于事先设定的不同类别, 以便区别对待。

2) 灰色白化权函数分析

灰类的白化权函数, 是用定量描述评估对象隶属于某个灰类的程度。常用的白化权函数通常有典型白化权函数、下限测度白化权函数、上限测度白化权函数和适中测度白化权函数等 4 类<sup>[6]</sup>, 用图形表示如图 3 所示。

3) 制定评估等级标准

依据定性指标量化标尺<sup>[7]</sup>, 将评估指标划分为“优”、“良”、“中”、“差”、“很差”5 级, 并相应的分别赋予一定的分值。为简化专家打分的过程, 将优、良、中、差、很差 5 个等级相应的赋予准确的分值为 9, 7, 5, 3, 1。介于各等级之间的情况

下, 可赋予 8, 6, 4, 2, 0 的分值。

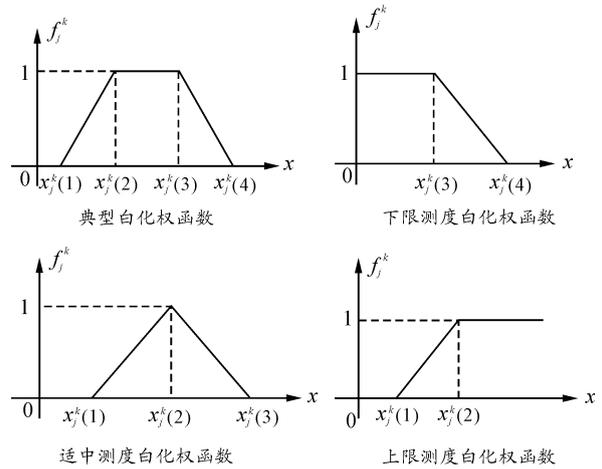


图 3 白化权函数

假设有  $p$  组人员参与评价, 第  $k$  组人员对评价指标  $V_i$  给出的评分是  $d_{ik}$ , 则指标的评价样本矩阵为

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1k} & \cdots & d_{1p} \\ d_{21} & \cdots & d_{2k} & \cdots & d_{2p} \\ d_{31} & \cdots & d_{3k} & \cdots & d_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{i1} & \cdots & d_{ik} & \cdots & d_{ip} \end{bmatrix}$$

4) 构建灰色白化权函数模型

依据灰色白化权函数的分类和性质, 分别构建优、良、中、差、很差 5 个等级的灰色白化函数。对于“优”类采用上限测度白化权函数、对于“良”、“中”、“差”采用适中测度白化权函数, 对于“很差”采用下限测度白化权函数。具体情况如下所示:

第 1 类“优”, 设定灰数  $\otimes_1 \in [0, 9, \infty)$ , 白化权函数为  $f_1$

$$f_1(x) = \begin{cases} \frac{x}{9} & x \in [0, 9] \\ 1 & x \in [9, \infty) \\ 0 & x \in (-\infty, 0) \end{cases}$$

第 2 类“良”, 设定灰数  $\otimes_2 \in [5, 7, 9]$ , 白化权函数为  $f_2$

$$f_2(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{2} & x \in [5, 7] \\ \frac{9-x}{2} & x \in [7, 9] \\ 0 & x \notin (5, 9) \end{cases}$$

第 3 类“中”, 设定灰数  $\otimes_3 \in [3, 5, 7]$ , 白化权函数为  $f_3$

$$f_3(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{2} & x \in [3, 5] \\ \frac{7-x}{2} & x \in [5, 7] \\ 0 & x \notin (3, 7) \end{cases}$$

第 4 类“差”,设定灰数  $\otimes_4 \in [1,3,5]$ ,白化权函数为  $f_4$

$$f_4(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{2} & x \in [1,3] \\ \frac{5-x}{2} & x \in [3,5] \\ 0 & x \notin (1,5) \end{cases}$$

第 5 类“很差”,设定灰数  $\otimes_5 \in [0,1,3]$ ,白化权函数为  $f_5$

$$f_5(x) = \begin{cases} 1 & x \in [0,1] \\ \frac{3-x}{2} & x \in [1,3] \\ 0 & x \notin (0,3) \end{cases}$$

### 3.3 灰色评估算法

#### 1) 灰色评估系数的计算方法

对评估指标  $V_i$ ,第  $s$  个受评者属于第  $e$  个评估灰类的灰色评估数称为灰色评估系数  $x_{ie}^{(s)}$ ,其计算公式为  $x_{ie} =$

$$\sum_{k=1}^p f_e(d_{ik})。$$

对评估指标  $V_i$ ,第  $s$  个受评者属于各个评估灰类的总灰

色评估数记为  $x_i = \sum_{e=1}^g x_{ie}。$

#### 2) 构建灰色评估向量及评估矩阵

所有评估者就评估指标  $V_i$ ,对受评者主张第  $e$  个灰类的灰色评估数记为  $r_{ije}$ ,则有

$$r_{ie} = \frac{x_{ie}}{x_i}$$

考虑到有  $g$  个评估灰类,即  $e=1,2,3,\dots,g$ ,便有受评者的评估指标  $V_i$  对于各灰类的灰色评估向量  $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{ig})。$  则灰色评估矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1g} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2g} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{ng} \end{bmatrix}$$

#### 3) 计算综合评估值的方法

若权重向量为  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ,则综合评价结果为:

$$B = W \cdot R。$$

## 4 应用事例分析

### 4.1 评估对象和过程分析

不同类型人员对不同指标的了解程度有差异,通过制定相应的问卷调查表,由不同类型的人员对于不同的指标参考评价标准进行打分。分别选取 4 组人员对二级指标  $U_1 \sim U_5, V_1 \sim V_3, W_1 \sim W_3, Z_1 \sim Z_2$  进行打分,第 1 组人员由 10 名舰载机使用和保障人员组成、第 2 组人员由 10 名舰载机指挥管理人员组成、第 3 组人员由 5 名舰载机领域的专家组成、第 4 组人员也是由 5 名舰载机领域的专家组成。通过专家德尔斐法(Delphi),对每组人员的打分情况进行综合处理,

取整数,得到 4 组二级指标的评估矩阵  $D_1, D_2, D_3, D_4:$

$$D_1 = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 7 & 9 \\ 7 & 8 & 8 & 8 \\ 8 & 8 & 8 & 8 \\ 7 & 8 & 9 & 7 \\ 7 & 9 & 8 & 9 \\ 8 & 6 & 9 & 7 \end{bmatrix}; D_2 = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 9 & 7 \\ 9 & 7 & 8 & 8 \\ 9 & 9 & 8 & 8 \\ 9 & 8 & 9 & 8 \\ 9 & 9 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

$$D_3 = \begin{bmatrix} 9 & 8 & 9 & 8 \\ 9 & 8 & 8 & 8 \\ 9 & 8 & 9 & 8 \end{bmatrix}; D_4 = \begin{bmatrix} 9 & 8 & 9 & 8 \\ 9 & 9 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

### 4.2 计算评估矩阵

计算灰色评估系数,对评价指标  $B_i$ ,受评系统属于第  $e$  个评价灰类的灰色评价系数  $x_{ie}:$

$$e = 1, x_{11} = f_1(8) + f_1(9) + f_1(7) + f_1(9) = 3.667$$

$$e = 2, x_{12} = f_2(8) + f_2(9) + f_2(7) + f_2(9) = 1.500$$

$$e = 3, x_{13} = f_3(8) + f_3(9) + f_3(7) + f_3(9) = 0.000$$

$$e = 4, x_{14} = f_4(8) + f_4(9) + f_4(7) + f_4(9) = 0.000$$

$$e = 5, x_{15} = f_5(8) + f_5(9) + f_5(7) + f_5(9) = 0.000$$

$V_1$  属于各个评价灰类的灰色评价系数为

$$x_1 = x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 5.167$$

其他的评价系数,同理求得,从而求得评估矩阵如下:

$$R_{11} = \begin{bmatrix} 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \\ 0.6326 & 0.3674 & 0 & 0 \\ 0.6400 & 0.3600 & 0 & 0 \\ 0.4943 & 0.5057 & 0 & 0 \\ 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{12} = \begin{bmatrix} 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \\ 0.5610 & 0.4390 & 0 & 0 \\ 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{13} = \begin{bmatrix} 0.4827 & 0.4138 & 0.1035 & 0 \\ 0.6326 & 0.3674 & 0 & 0 \\ 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{14} = \begin{bmatrix} 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 \\ 0.8861 & 0.1139 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

### 4.3 评估结果及分析

#### 4.3.1 一级评判结果对比分析

##### 1) 计算评估结果

在一体化训练系统下,人员职业能力训练系统的支持能力的评估结果如下:

$$B_1 = A_1 \cdot R_{11} = [0.272 \quad 0.274 \quad 0.134 \quad 0.175 \quad 0.145]$$

$$\begin{bmatrix} 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \\ 0.6326 & 0.3674 & 0 & 0 \\ 0.6400 & 0.3600 & 0 & 0 \\ 0.4943 & 0.5057 & 0 & 0 \\ 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.6415 \quad 0.3585 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

在一体化训练系统下,先进训练方案的支持能力的评估结果如下:

$$B_2 = A_2 \cdot R_{12} = [0.389 \quad 0.264 \quad 0.347]$$

$$\begin{bmatrix} 0.7097 & 0.2903 & 0 & 0 \\ 0.5610 & 0.4390 & 0 & 0 \\ 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.6704 \quad 0.3296 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

在一体化训练系统下,先进技术的支持能力的评估结果如下:

$$B_3 = A_3 \cdot R_{13} = [0.376 \quad 0.438 \quad 0.186] \cdot \begin{bmatrix} 0.4827 & 0.4138 & 0.1035 & 0 & 0 \\ 0.6326 & 0.3674 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.5906 \quad 0.3705 \quad 0.0389 \quad 0 \quad 0]$$

在一体化训练系统下,训练管理和保障系统支持能力的评估结果如下:

$$B_4 = A_4 \cdot R_{14} = [0.493 \quad 0.507] \cdot \begin{bmatrix} 0.7907 & 0.2093 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8861 & 0.1139 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.7991 \quad 0.2009 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

## 2) 数据对比分析

在评估矩阵和评估结果中,每一个行向量的5个值分别代表该向量对应指标的评价等级是“优”、“良”、“中”、“差”、“很差”的程度,哪一项的数值最大,其就为该向量对应指标的评价等级。从一级评判的数据看 ITS 训练支持能力的评估情况如下:

人员职业能力训练系统的支持能力、先进训练方案的支持能力、先进技术的支持能力、训练管理和保障系统的支持能力4个指标的评估结果都为灰类“优级”,并且只有先进技术的支持能力存在“中级”的评价。

从灰类“优级”的评分结果来看,0.7991 > 0.6704 > 0.6415 > 0.5906,所以,4个指标对训练效能提升的支持能力由大到小的顺序分别为:训练管理和保障系统的支持能力、先进训练方案的支持能力、人员职业能力训练系统的支持能力、先进技术的支持能力。

### 4.3.2 二级评判结果对比分析

#### 1) 计算评价结果

$$B = A \cdot R, \text{其中}, A = [0.235 \quad 0.209 \quad 0.181 \quad 0.375]$$

$$B = A \cdot R = A \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} = [0.235 \quad 0.209 \quad 0.181 \quad 0.375] \cdot \begin{bmatrix} 0.6415 & 0.3585 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6704 & 0.3296 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5906 & 0.3705 & 0.0389 & 0 & 0 \\ 0.7991 & 0.2009 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = [0.6974 \quad 0.2955 \quad 0.0071 \quad 0 \quad 0]$$

$$Z = B \cdot C^T = [0.6794 \quad 0.2955 \quad 0.0071 \quad 0 \quad 0] \cdot [9 \quad 7 \quad 5 \quad 3 \quad 1]^T = 8.6761$$

## 2) 数据对比分析

从总体评价结果看,舰载机 ITS 训练支持能力的最终综合评分为 8.6761 分,接近于灰类“优级”。可以得到结论,从问卷调查结果来看,舰载机使用和保障人员、舰载机指挥管理人员和舰载机领域专家对于舰载机 ITS 训练支持能力的综合评价比较高,认为其能够显著提升舰载机使用和保障人员的训练效能。

## 5 结束语

舰载机保障引入自主式保障系统(ALS)后,其子系统一体化训练系统(ITS)强大的训练支持能力,可以使舰载机使用和保障人员的训练效能将得到极大的提高,对于 ITS 的支持能力进行评估,可以更直观、更客观地体现其优越性。由于条件限制,无法收集实验数据,所以,对于 ITS 训练支持能力的评估可看成是一个含有灰色信息的决策问题,通过采用 G-AHP 的评估方法,对 ITS 的训练支持能力优势进行评估,为优化现有舰载机保障人员训练系统和引入一体化训练系统提供决策支持。

## 参考文献:

- [1] Bolkcom C. Joint Strike Fighter (JSF) Program: Background, Status, and Issues[R]. Congressional Research Service, Washington, DC. 2002:20-25.
- [2] Anastasios Tsoutis. An Analysis of the Joint Strike Fighter Autonomic Logistics System[D]. Naval Postgraduate School, MONTEREY, CALIFORNIA, 2006.
- [3] 装甲兵工程学院. 装甲装备自主式保障模式研究(内部资料)[R]. 北京:装甲兵工程学院,2009:156-220.
- [4] 熊立. 层次分析法中数字标度的选择与评价方法研究[J]. 系统工程理论与实践,2005(3):72-79.
- [5] 胡笙煌. 主观指标评价的多层次灰色评价法[J]. 系统工程理论与实践,1996(1):53-62.
- [6] 董奋义. 灰色系统教学中白化权函数的构造方法分析[J]. 华北水利水电学院学报,2010,31(3):97-99.
- [7] Hwang C L, Yoon K S. Multiple Attribute Decision Making [M]. Berlin: Springer Verlag, 1981:29-56.

(责任编辑 杨继森)