

doi: 10.7690/bgzdh.2013.09.016

典型陆军观测装备效能对比分析

冷晓艳¹, 刘宇², 李敬魁¹, 温习¹

(1. 中国人民解放军 63961 部队, 北京 100012; 2. 北京系统工程研究所三室, 北京 100101)

摘要: 为全面客观地评估陆军观测装备效能, 增加同类型观测装备横向可比性, 利用层次分析法和指标标准化法评估观测装备的效能。以某典型观测装备类别中的 5 种装备型号为例, 建立观测装备的效能评估模型, 对效能评估进行对比分析。分析结果表明, 效能对比分析方法实用性强, 具有较大的实用价值。

关键词: 观测装备; 效能对比; 层次分析法

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Effectiveness Comparing and Analysis of Army Typical Observation Equipment

Leng Xiaoyan¹, Liu Yu², Li Jingkui¹, Wen Xi¹

(1. No. 63961 Unit of PLA, Beijing 100012, China;

2. No. 3 Research Center, Beijing System Engineering Research Institute, Beijing 100101, China)

Abstract: For evaluating effectiveness of army observation equipment comprehensively and objectively, and increasing the horizontal comparability of the same type observation equipment, this paper evaluate observation equipment effectiveness by using analytic hierarchy process method and index standardization method. With five observation equipment of certain typical category as an example, the observation equipment effectiveness evaluation model is set up, and the result of evaluation was relatively analyzed. The analysis results show that the contrast analysis method is practical, and has great practical value.

Key words: observed equipment; effectiveness analysis; analysis hierarchy process

0 引言

陆军观测装备种类繁多, 每一种观测装备都具有不同的特点和局限性, 为全面客观地评估陆军观测装备效能, 增加同类型观测装备横向可比性, 笔者采用层次分析法和指标标准化法, 对某类多种型号观测装备的效能进行对比评估^[1-2]。观测装备效能对比的研究, 能够为观测装备在不同级别侦察分队的编配提供定量依据, 能够指导观测装备在各类侦察任务中的灵活运用, 最大限度地发挥各种观测装备的效能^[3]。

1 层次分析法

层次分析法是一种简便、灵活、实用的效能评估方法, 其特点是在对复杂问题的影响因素及其内在关系等深入分析的基础上, 利用定量信息使评估过程数学化^[4-5]。层次分析法是将装备效能分解为若干指标, 各指标对于装备效能的“贡献”往往不同, 由分析各指标对装备效能作用的大小而得到装备的效能。实际操作时, 将装备指标按属性不同分为若干组, 以形成不同层次, 层次间一般是隶属或支配关系。每一层次包含的指标不应超过 10 个, 专家评

比时只需对各指标按 9 分制进行两两比较打分。层次分析法的核心是分 4 步建立装备效能评估模型:

- 1) 分析决定装备效能的各指标间关系, 建立装备系统的指标体系, 构建一个倒立的树型层次结构;
- 2) 对同一层次各指标关于上一层次中某一指标的重要性进行比较, 构造两两比较的判断矩阵;
- 3) 由判断矩阵计算被比较元素对于该准则的相对权重;
- 4) 计算各层次指标对系统目标的合成权重, 并进行排序, 依次得到数学模型的系数。

2 指标标准化法

武器装备的各指标一般具有不同的量纲, 为了消除由于指标量纲的不同而带来的不可测度性, 需将指标进行标准化处理^[6]。考虑到指标体系中的指标既有定性指标, 又有定量指标, 定量指标又分为效益型、成本型、固定型、区间型、偏离型和偏离区间型, 因此采用不同的标准化处理方法。

对定性指标可采用目标打分法。目标打分法是先把评价项目按优劣程度分为若干级, 分别制定各等级的评分标准, 然后再根据各评价对象对各项指标的实现程度, 按评分标准打分。

收稿日期: 2013-04-11; 修回日期: 2013-05-07

作者简介: 冷晓艳(1976—), 女, 山东人, 硕士, 工程师, 从事装备软件、装备技术保障研究。

对于定量指标，设定量指标 i 的值为 f_i 。如果指标 i 是效益型指标，设 f_{\min} 、 f_{\max} 为指标 i 的最小值和最大值，则其标准化方法为

$$y_i = (f_i - f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \quad (1)$$

如果定量指标 i 是成本型指标，设 f_{\min} 、 f_{\max} 为指标 i 的最小值和最大值，则其标准化方法为

$$y_i = (f_{\max} - f_i) / (f_{\max} - f_{\min}) \quad (2)$$

如果定量指标 i 是固定型指标，越接近某固定值越好，设固定值为 a_i ， f 为指标 i 的所有可能取值，则其标准化方法为：

$$y_i = 1 - |f_i - a_i| / \max |f - a_i| \quad (3)$$

如果定量指标 i 是区间型指标，越接近某固定区间(包括落入)越好，设固定区间为 $[q_1, q_2]$ ， f_{\min} 、 f_{\max} 为指标 i 的最小值和最大值，其标准化方法为

$$y_i = \begin{cases} 1 - y_i / q_1, & y_i \in [f_{\min}, q_1] \\ 1, & y_i \in [q_1, q_2] \\ 1 - (y_i - q_2) / f_{\max}, & y_i \in [q_2, f_{\max}] \end{cases} \quad (4)$$

如果定量指标 i 是偏离型指标，越偏离某固定值越好，设固定值为 b_i ， f 为指标 i 的所有可能取值，则其标准化方法为

$$y_i = \frac{|f_i - b_i| - \min |f - b_i|}{\max |f - b_i| - \min |f - b_i|} \quad (5)$$

如果定量指标 i 是偏离区间型指标，越偏离某固定区间越好，设固定区间为 $[b_1, b_2]$ ，则其标准化方法为

$$y_i = \begin{cases} \frac{\max\{b_1 - f_i, f_i - b_2\}}{\max\{b_1 - f_{\min}, f_{\max} - b_2\}}, & y_i \notin [b_1, b_2] \\ 0, & y_i \in [b_1, b_2] \end{cases} \quad (6)$$

3 典型观测装备效能评估模型

以陆军观测装备中最基础、最典型的可见光观测装备为例，利用层次分析法建立对陆军可见光装备的效能评估模型。

3.1 构造指标体系

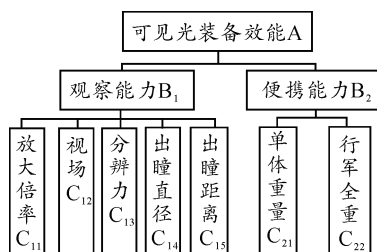


图 1 望远镜的指标体系

构建可见光装备的指标体系，如图 1 所示。

3.2 构造判断矩阵

用 1~9 标度的专家赋值进行两两比较，构造两两比较的判断矩阵。通过征求专家意见，判断矩阵 A 、 B_1 、 B_2 ，如表 1~3 所示。

表 1 判断矩阵 A

A	B_1	B_2
B_1	1	7
B_2	1/7	1

表 2 判断矩阵 B_1

B_1	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}
C_{11}	1	5	6	7	7
C_{12}	1/5	1	3	5	5
C_{13}	1/6	1/3	1	3	3
C_{14}	1/7	1/5	1/3	1	1
C_{15}	1/7	1/5	1/3	1	1

表 3 判断矩阵 B_2

B_2	C_{21}	C_{22}
C_{21}	1	1/2
C_{22}	2	1

3.3 计算相对权重

根据算法求解判断矩阵 A 、 B_1 、 B_2 的最大特征根和特征向量，结果为：

判断矩阵 A ： $\lambda_{\max} = 2$ ， $W = [0.875 \ 0 \ 0.125 \ 0]$ ， $C.R. = 0$ ，符合一致性检验。

判断矩阵 B_1 ： $\lambda_{\max} = 5.2683$ ， $W = [0.5601 \ 0.2239 \ 0.1134 \ 0.0513 \ 0.0513]$ ， $C.R. = 0.0599$ ，符合一致性检验。

判断矩阵 B_2 ： $\lambda_{\max} = 2$ ， $W = [0.3333 \ 0.6667]$ ， $C.R. = 0$ ，符合一致性检验。

则 B_1 、 B_2 对于 A 的权重向量为 $W = [0.875 \ 0 \ 0.125 \ 0]$ ， C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} 、 C_{14} 、 C_{15} 、 C_{21} 、 C_{22} 对于 B_1 的权重向量为 $W = [0.5601 \ 0.2239 \ 0.1134 \ 0.0513 \ 0.0513]$ ， C_{21} 、 C_{22} 对于 B_2 的权重向量为 $W = [0.3333 \ 0.6667]$ 。

3.4 计算合成权重

B_1 、 B_2 、 C_{11} 、 C_{12} 、 C_{13} 、 C_{14} 、 C_{15} 、 C_{21} 、 C_{22} 的合成权重分别为 w_{B_1} 、 w_{B_2} 、 $w_{C_{11}}$ 、 $w_{C_{12}}$ 、 $w_{C_{13}}$ 、 $w_{C_{14}}$ 、 $w_{C_{15}}$ 、 $w_{C_{21}}$ 、 $w_{C_{22}}$ ，则有：

$$w_{B_1} = 0.875 \ 0, \quad w_{B_2} = 0.125 \ 0, \quad w_{C_{11}} = 0.490 \ 1, \\ w_{C_{12}} = 0.195 \ 9, \quad w_{C_{13}} = 0.099 \ 2, \quad w_{C_{14}} = 0.044 \ 9,$$

$$w_{C_{15}} = 0.0449, w_{C_{21}} = 0.0417, w_{C_{22}} = 0.0833。$$

由此得到可见光装备的效能评估模型:

$$A = w_{C_{11}} \times C_{11} + w_{C_{12}} \times C_{12} + w_{C_{13}} \times C_{13} + w_{C_{14}} \times C_{14} + w_{C_{15}} \times C_{15} + w_{C_{21}} \times C_{21} + w_{C_{22}} \times C_{22} = 0.4901 \times C_{11} + 0.1959 \times C_{12} + 0.0992 \times C_{13} + 0.0449 \times C_{14} + 0.0449 \times C_{15} + 0.0417 \times C_{21} + 0.0833 \times C_{22} \quad (7)$$

4 典型观测装备效能对比

可见光装备的放大倍率、视场、出瞳直径、出瞳距离是效益型指标, 越大越好; 分辨力、行军全重、单体重量是成本型指标, 越小越好。指标标准化后的评估模型如下:

$$A = 0.4901 \times C_{11} + 0.1959 \times C_{12} + 0.0992 \times C_{13} + 0.0449 \times C_{14} + 0.0449 \times C_{15} + 0.0417 \times C_{21} + 0.0833 \times C_{22} = 0.4901 \times \frac{f_{C_{11}} - f_{C_{11_min}}}{f_{C_{11_max}} - f_{C_{11_min}}} + 0.1959 \times \frac{f_{C_{12}} - f_{C_{12_min}}}{f_{C_{12_max}} - f_{C_{12_min}}} + 0.0992 \times \frac{f_{C_{13_max}} - f_{C_{13}}}{f_{C_{13_max}} - f_{C_{13_min}}} + 0.0449 \times \frac{f_{C_{14}} - f_{C_{14_min}}}{f_{C_{14_max}} - f_{C_{14_min}}} + 0.0449 \times \frac{f_{C_{15}} - f_{C_{15_min}}}{f_{C_{15_max}} - f_{C_{15_min}}} + 0.0417 \times \frac{f_{C_{21_max}} - f_{C_{21}}}{f_{C_{21_max}} - f_{C_{21_min}}} + 0.0833 \times \frac{f_{C_{22_max}} - f_{C_{22}}}{f_{C_{22_max}} - f_{C_{22_min}}} \quad (8)$$

现有 5 种型号可见光装备: A 型望远镜、B 型望远镜、C 型望远镜、D 型望远镜和 E 型望远镜。按式 (1) 对效益型指标进行标准化, 按式 (2) 对成本型指标进行标准化。放大倍率; 视场, (°); 分辨力, ("); 出瞳直径, mm; 出瞳距离, mm; 行军全重, kg。经过标准化处理后指标值转化为无量纲数值, 所得结果如表 4 所示。

表 4 标准化处理后的指标值

指标	A 型望远镜	B 型望远镜	C 型望远镜	D 型望远镜	E 型望远镜
放大倍率	0	0	0.125	0.625	1
视场/(°)	0.6579	0.9211	1	0.3947	0
分辨力/(")	0.3333	0.3333	0	0.8333	1
出瞳直径/mm	1	0.6276	0.1171	0.0521	0
出瞳距离/mm	0.3066	1	0.1971	0.3358	0
行军全重/kg	0.1412	0.1412	1	0.4471	0
单体重量	0.2	0.2	1	0.52	0

根据效能评估模型式 (8) 和标准化指标值表 (4), 可分别计算 5 型望远镜的观测能力评估值。最终结果如表 5 所示, 所得的定量效能值的排序, 与专家对其观测能力的定性评价排序一致。

表 5 望远镜观测能力评估结果

观测能力	A 型望远镜	B 型望远镜	C 型望远镜	D 型望远镜	E 型望远镜
评估值	0.2433	0.3092	0.3963	0.5456	0.5893
效能值	5	4	3	2	1
定量排序	5	4	3	2	1
定性排序	5	4	3	2	1

利用 Matlab 软件建立望远镜装备的效能评估模型, 并带入该 5 型装备的指标值, 得到直方图如图 2 所示, 由图 2 可直观对比各型装备的效能差距。

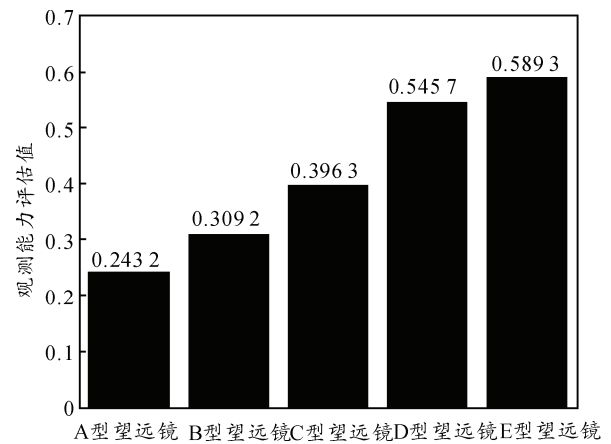


图 2 可见光观测装备效能对比结果

5 结束语

一项观测任务通常是由多种类型观测装备共同参与完成的, 其总体作战效能由参与这项任务的各种观测装备的效能决定。因此, 在多个装备型号的对比论证基础上, 才能开展装备体系规模、结构、配比关系的权衡分析。笔者利用层次分析法和指标标准化法, 对陆军观测装备中最基础、最典型的望远镜装备进行效能对比, 利用 Matlab 建模计算出 5 型望远镜装备的效能值。结果表明, 该方法实用性强, 具有较大的参考实用价值。

参考文献:

- [1] 程浩, 王雪琴, 谢鹏翔. 基于 SEA 方法的远程火箭炮系统效能对比分析[J]. 舰船电子工程, 2010(1): 49-52.
- [2] 王京鸣, 高树滋, 刘建军. 牵引火炮的系统效能对比分析[J]. 弹道学报, 2000(3): 88-92.
- [3] 宋朝河, 王雪琴. 基于灰色层次分析法的侦察装备效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008(8): 65-68.
- [4] 王旭赢, 王春艳, 周江. 基于灰色层次分析的雷达组网效能评估[J]. 雷达与对抗, 2008(1): 13-16.
- [5] 周伟兴, 赵梅. 基于灰色层次分析法的航空相机侦察效能评估[J]. 长春理工大学学报, 2009(12): 668-671.
- [6] 陆凡, 谢晴. 高技术武器装备维修保障力量建设之思考[J]. 兵工自动化, 2012(5): 13-15.