

doi: 10.7690/bgzdh.2020.11.003

基于改进 TOPSIS 法的实战化条件下部队装备器材保障方案评估

徐 其, 贾红丽

(陆军工程大学石家庄校区, 石家庄 050003)

摘要: 为准确合理评估实战化条件下部队装备器材保障方案的优劣, 提出基于改进 TOPSIS 法的装备器材保障方案评估方法。依据实战化条件下部队装备器材保障方案的特点建立评估指标, 采用灰色关联度确定各个评估指标的权重, 运用改进 TOPSIS 法对方案进行评估。结果表明: 该方法评价结果准确、评估过程步骤少、计算简单可靠, 能很好地反映实战化条件下装备器材保障能力。

关键词: 装备器材; 保障方案; 评估; 灰色关联度; TOPSIS

中图分类号: TJ0 **文献标志码:** A

Evaluation of Military Equipment Materiel Support Plan Under Actual Combat Conditions Based on Improved TOPSIS Method

Xu Qi, Jia Hongli

(Shijiazhuang Campus of PLA University of Army Engineering, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: In order to accurately and reasonably evaluate the strengths and weaknesses of military equipment material support programs under actual combat conditions, an evaluation method for equipment material support programs based on the improved TOPSIS method is proposed. Based on the characteristics of the army equipment material support plan under actual combat conditions, evaluation indicators are established, the gray correlation degree is used to determine the weight of each evaluation index, and the improved TOPSIS method is used to evaluate the plan. The results show that the method has accurate evaluation results, few steps in the evaluation process, simple and reliable calculation, and can well reflect the equipment material support capabilities under actual combat conditions.

Keywords: equipment material; support plan; evaluation; grey correlation; TOPSIS

0 引言

装备器材是实施装备保障的物质基础, 是武器装备保持战斗力的必要条件。进行实战化条件下装备器材保障能力评估, 有利于指挥员准确掌握部队装备器材保障能力, 对于增强部队装备保障能力和提高部队战斗力具有积极作用。

装备器材保障方案是装备器材保障的重要组成部分, 方案的好坏直接影响装备器材保障的效果。准确可行的装备器材保障方案有利于科学合理地利用装备器材, 便于各保障力量相互协调。目前关于装备器材保障方案评估的研究并不多, 而关于装备保障方案的评估研究有很多, 具有很好的参考和借鉴价值。在现有的研究中, 装备保障方案评估采用的方法有灰色理论^[1]、数据包络分析法^[2]、蒙特卡罗法^[3]、ABMS 法^[4]等。结合评估方法特点以及器材保障方案评估的实际情况, 笔者采取改进 TOPSIS 法对实战化条件下部队装备器材保障方案进行评估。一般的 TOPSIS 法采用主观赋权法, 通过计算

待评价方案与理想方案的欧几里得距离, 对方案优劣进行排序。改进的 TOPSIS 法采用双基准值, 使评估结果具有较高的可信度^[5]; 运用灰色关联度确定权重的赋权方法, 使得各指标权重更为合理, 方案的评价结果更为准确; 评估过程步骤较少, 计算方法简单可靠, 能够很好地反映实战化条件下装备器材保障能力。

1 部队装备器材保障方案评估指标体系

实战化条件下部队装备器材保障在遂行任务过程中具体任务会有变化, 担负不同任务所要求的保障能力会有所侧重。在选择评价指标体系时, 应该根据装备器材保障所担负任务的不同来确定不同评价指标, 以达到准确评估的目的。

1.1 评估指标

实战化条件下部队装备器材保障机构一般在筹划准备阶段进行器材的相关准备工作, 首要任务是制定合理可行的装备器材保障方案。准确可行的装

收稿日期: 2020-07-16; 修回日期: 2020-08-10

作者简介: 徐 其(1988—), 男, 湖北人, 学士, 从事军事装备管理理论与应用研究。E-mail: 2661524650@qq.com。

备器材保障方案有利于科学合理地利用装备器材，便于各保障力量相互协调。保障方案一般根据作战任务要求、装备损坏率及其分布、现有装备器材等情况制定，遵循保障重点、兼顾一般、灵活机动、高效实用等原则^[6]，以满足实战化条件下部队对器材、经费、技术资源的需求为依据，建立装备器材保障方案评估指标^[7-9]如表 1 所示。

表 1 实战化条件下部队装备器材保障方案评估指标

一级指标	二级指标
需求预测能力	预测合理性 a_1
	预测准确性 a_2
	预测完整性 a_3
	资源掌握程度 a_4
供应分配能力	经费使用效率 a_5
	器材利用率 a_6
	器材分配合理性 a_7
战场抢修能力	损伤评估方案科学性 a_8
	抢修方案科学性 a_9
	器材保障机构编配合理性 a_{10}

1.2 评价指标权重确定方法

采用组合赋权法确定指标权重，即灰色关联度确定指标权重的方法，步骤^[9-10]如下：

1) 确定母指标和子指标。

设现有 n 个待评估方案，共有 m 个评估指标，一般情况下选用对评估方案影响最大的指标作为母指标，把母指标对应的指标值记为 A_1 ，选取其他评估指标为子指标，记为 A_j ，如下所示：

$$A_1 = (a_{11}, a_{21}, \dots, a_{n1})^T; \quad (1)$$

$$A_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})^T, \quad j=2, 3, \dots, m. \quad (2)$$

2) 对指标数据进行无量纲化。

$$\text{令 } a'_{i1} = \frac{a_{i1}}{a_{11}}, \quad a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{1j}}, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=2, 3, \dots, m;$$

可得初值化矩阵：

$$A = (A_0, A_j) = \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1m} \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nm} \end{pmatrix}.$$

3) 计算关联度。

计算 A_j 与 A_1 的关联系数

$$r_{ij} = \frac{\min_{1 \leq j \leq m} \min_{1 \leq i \leq n} |a'_{i1} - a'_{ij}| + \eta \max_{1 \leq j \leq m} \max_{1 \leq i \leq n} |a'_{i1} - a'_{ij}|}{|a'_{i1} - a'_{ij}| + \eta \max_{1 \leq j \leq m} \max_{1 \leq i \leq n} |a'_{i1} - a'_{ij}|}. \quad (3)$$

式中： $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; \eta$ 为分辨系数，在 $(0, 1)$ 内取值，通常 η 取 0.5。

可得关系系数矩阵

$$R = (r_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{n2} \end{pmatrix}.$$

记关联度为 r_j ，则

$$r_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij}, \quad j=1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

关联度 r_j 越大，说明 j 指标对评估方案的影响越大。

4) 计算指标权重。

第 j 个指标的权重为：

$$w_j = r_j / \sum_{j=1}^m r_j, \quad j=1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

2 改进 TOPSIS 法的步骤

1) 构造初始数据矩阵。

设有 n 个评价对象，每个评价对象包含 m 个评价指标，采集数据形成的原始数据矩阵可表示为：

$$A' = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}.$$

评估指标可分为极大型、极小型、中间型等类型：例如装备器材品种保障程度，其指标值越大越好，属于极大型指标；装备器材缺损率指标值越小越好，属于极小型指标^[11]。将不同类型的指标转化为同类型指标，转化后第 i 个方案的第 j 个指标值记为 Z_{ij} ，并将转化后的数据规范化，令

$$x_{ij} = Z_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^2}, \quad i=1, 2, \dots, n; \quad j=1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

式中 x_{ij} 为第 i 个评价对象的第 j 个评价指标规范化值。

所形成的规范化矩阵为

$$A = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} e^{i\theta}.$$

2) 计算各指标的权重。

由灰色关联度确定指标权重的方法可以得到权重为：

$$w_j = (w_1, w_2, \dots, w_m).$$

3) 计算加权规范化值。

根据计算出的各指标权重 $w_j=(w_1,w_2,\dots,w_m)$, 计算得到加权规范化值 Y_{ij} 为:

$$Y=(Y_{ij})_{nm}=(w_jx_{ij})_{nm} \quad (7)$$

式中 $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$ 。

4) 计算正负理想解。

根据加权规范化值, 取各个指标值的最优解和最劣解, 得到正理想解 Y^+ 和负理想解 Y^- :

$$Y^+=(Y_1^+,Y_2^+,\dots,Y_m^+)=\max\{Y_{ij} \mid i=1,2,\dots,m\}; \quad (8)$$

$$Y^-=(Y_1^-,Y_2^-, \dots, Y_m^-)=\min\{Y_{ij} \mid i=1,2,\dots,m\}。 \quad (9)$$

5) 计算待评估方案欧几里得距离 D_i :

$$D_i^+=[\sum_{j=1}^n(Y_{ij}-Y_j^+)^2]^{1/2}, \quad i=1,2,\dots,n; \quad (10)$$

$$D_i^-=[\sum_{j=1}^n(Y_{ij}-Y_j^-)^2]^{1/2}, \quad i=1,2,\dots,n。 \quad (11)$$

6) 计算相对贴近距离^[5]。

以各评价方案的正负理想解(D_i^+,D_i^-)构建 2 维数据空间 E , 并设点 $C(\min(D_i^+),\max(D_i^-))$ 为参照点, 计算各方案与该点的相对贴近距离

$$D_i=\sqrt{[D_i^+-\min(D_i^+)]^2+[D_i^--\max(D_i^-)]^2} \quad (12)$$

式中 $i=1,2,\dots,n$ 。

7) 根据各方案的相对贴近距离 D_i 进行排序。

将相对贴近距离按由大到小排序, 最大的相对贴近距离对应的方案为最优。若出现评价目标到参照点的相对贴近距离一致的情况, 则可以采取比较 D_i^-/D_i^+ 的值来判定, 比值越大, 方案越越。

3 实例应用

实战化条件下部队装备器材保障需要制定准确可行的器材保障方案, 方案的优劣关系到任务完成的好坏。设有 5 个待评估方案, 邀请专家组对实战化条件下装备器材保障方案相关评价指标进行打

$$A = \begin{pmatrix} 0.472 & 485 & 0.428 & 242 & 0.435 & 081 & 0.484 & 343 & 0.437 & 439 & 0.439 & 013 & 0.470 & 125 & 0.410 & 296 & 0.469 & 022 & 0.454 & 949 \\ 0.467 & 511 & 0.466 & 674 & 0.450 & 62 & 0.463 & 733 & 0.448 & 375 & 0.439 & 013 & 0.454 & 098 & 0.415 & 694 & 0.469 & 022 & 0.439 & 261 \\ 0.442 & 644 & 0.433 & 732 & 0.440 & 261 & 0.396 & 749 & 0.503 & 055 & 0.439 & 013 & 0.438 & 071 & 0.502 & 072 & 0.438 & 762 & 0.449 & 72 \\ 0.407 & 829 & 0.466 & 674 & 0.492 & 056 & 0.391 & 597 & 0.421 & 035 & 0.462 & 119 & 0.406 & 017 & 0.464 & 282 & 0.428 & 676 & 0.481 & 096 \\ 0.442 & 644 & 0.439 & 222 & 0.414 & 363 & 0.489 & 496 & 0.421 & 035 & 0.456 & 342 & 0.464 & 782 & 0.437 & 289 & 0.428 & 676 & 0.407 & 885 \end{pmatrix}。$$

2) 计算加权矩阵。

$$Y = \begin{pmatrix} 0.041 & 125 & 0.057 & 721 & 0.048 & 636 & 0.041 & 426 & 0.040 & 164 & 0.050 & 042 & 0.042 & 346 & 0.039 & 774 & 0.041 & 185 & 0.045 & 601 \\ 0.040 & 692 & 0.062 & 901 & 0.050 & 373 & 0.039 & 663 & 0.041 & 168 & 0.050 & 042 & 0.040 & 902 & 0.040 & 297 & 0.041 & 185 & 0.044 & 028 \\ 0.038 & 528 & 0.058 & 461 & 0.049 & 215 & 0.033 & 934 & 0.046 & 189 & 0.050 & 042 & 0.039 & 458 & 0.048 & 671 & 0.038 & 528 & 0.045 & 077 \\ 0.035 & 497 & 0.062 & 901 & 0.055 & 005 & 0.033 & 493 & 0.038 & 658 & 0.052 & 676 & 0.036 & 571 & 0.045 & 007 & 0.037 & 642 & 0.048 & 222 \\ 0.038 & 528 & 0.059 & 201 & 0.046 & 320 & 0.041 & 867 & 0.038 & 658 & 0.052 & 018 & 0.041 & 864 & 0.042 & 391 & 0.037 & 642 & 0.040 & 884 \end{pmatrix}。$$

分, 得到原始数据矩阵如下:

$$A' = \begin{pmatrix} 95 & 78 & 84 & 94 & 80 & 76 & 88 & 76 & 93 & 87 \\ 94 & 85 & 87 & 90 & 82 & 76 & 85 & 77 & 93 & 84 \\ 89 & 79 & 85 & 77 & 92 & 76 & 82 & 93 & 87 & 86 \\ 82 & 85 & 95 & 76 & 77 & 80 & 76 & 86 & 85 & 92 \\ 89 & 80 & 80 & 95 & 77 & 79 & 87 & 81 & 85 & 78 \end{pmatrix}。$$

根据专家组的评判和意见, 选取预测准确性指标作为评价装备器材保障方案的母指标, 分辨系数 η 取 0.5, 根据灰色关联度法可计算出各指标的关联度如表 2 所示。

表 2 实战化条件下部队装备器材保障方案影响因素关联度

影响因素	预测合理性	预测准确性	预测完整性	资源掌握程度	经费使用效率
关联度 r_j	0.645 766	1	0.829 355	0.634 562	0.681 199
影响因素	器材利用率	器材分配合理性	损伤评估方案科学性	抢修方案科学性	器材保障机构编配合理性
关联度 r_j	0.845 697	0.668 266	0.719 214	0.651 485	0.743 644

从关联度的结果来看, 各评估指标对装备器材保障方案的影响由小到大依次为: 预测准确性、器材利用率、预测完整性、器材保障机构编配合理性、损伤评估方案科学性、经费适用效率、器材分配合理性、抢修方案科学性、预测合理性、资源掌握的程度。

由式(5)可得各评估指标的权重为:

$$(w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) = (0.645 766, 0.134 786, 0.111 785, 0.085 53, 0.091 816);$$
$$(w_6, w_7, w_8, w_9, w_{10}) = (0.113 988, 0.090 073, 0.096 94, 0.087 811, 0.100 233)。$$

下面依据改进 TOPSIS 法的步骤, 对 5 个待评估器材保障方案进行评估:

1) 计算评估指标的数据矩阵。

由式(6)可得规范化值矩阵为:

$$Y = \begin{pmatrix} 0.041 & 125 & 0.057 & 721 & 0.048 & 636 & 0.041 & 426 & 0.040 & 164 & 0.050 & 042 & 0.042 & 346 & 0.039 & 774 & 0.041 & 185 & 0.045 & 601 \\ 0.040 & 692 & 0.062 & 901 & 0.050 & 373 & 0.039 & 663 & 0.041 & 168 & 0.050 & 042 & 0.040 & 902 & 0.040 & 297 & 0.041 & 185 & 0.044 & 028 \\ 0.038 & 528 & 0.058 & 461 & 0.049 & 215 & 0.033 & 934 & 0.046 & 189 & 0.050 & 042 & 0.039 & 458 & 0.048 & 671 & 0.038 & 528 & 0.045 & 077 \\ 0.035 & 497 & 0.062 & 901 & 0.055 & 005 & 0.033 & 493 & 0.038 & 658 & 0.052 & 676 & 0.036 & 571 & 0.045 & 007 & 0.037 & 642 & 0.048 & 222 \\ 0.038 & 528 & 0.059 & 201 & 0.046 & 320 & 0.041 & 867 & 0.038 & 658 & 0.052 & 018 & 0.041 & 864 & 0.042 & 391 & 0.037 & 642 & 0.040 & 884 \end{pmatrix}。$$

3) 计算理想解。

$$Y^+ = (0.041\ 125\ 0.062\ 901\ 0.055\ 005\ 0.041\ 867\ 0.046\ 189\ 0.052\ 676\ 0.042\ 346\ 0.048\ 671\ 0.041\ 185\ 0.048\ 222);$$

$$Y^- = (0.035\ 497\ 0.057\ 721\ 0.046\ 32\ 0.033\ 493\ 0.038\ 658\ 0.050\ 042\ 0.036\ 571\ 0.039\ 774\ 0.037\ 642\ 0.040\ 884).$$

4) 计算欧几里得距离。

$$E = (D_i^+, D_i^-)^T = \begin{pmatrix} 0.014\ 03 & 0.012\ 183 & 0.012\ 455 & 0.014\ 758 & 0.061\ 143 \\ 0.013\ 053 & 0.012\ 493 & 0.013\ 449 & 0.013\ 8 & 0.010\ 966 \end{pmatrix}.$$

可选取最理想参照点为

$$C = (\min(D_i^+), \max(D_i^-)) = (0.012\ 183, 0.013\ 8).$$

5) 计算相对贴近距离。

由式(7)可得到理想参照点的距离为：

$$D_i = (D_1, D_2, D_3, D_4, D_5) = (0.001\ 993, 0.001\ 307, 0.000\ 444, 0.002\ 576, 0.049\ 042).$$

D_i 值越小，表示离理想参照点越近，所代表的方案更准确可行。所得结果表示方案 5 最合理，然后依次是方案 4、方案 1、方案 2、方案 3。评价结果与实际数据基本相符，从而表明评估方法具有较高的可行性。

4 结论

针对实战化条件下部队装备器材保障方案的评估问题，本文的创新点在于运用灰色关联度的方法确定各评估指标的权重，能够较好克服单独使用主观赋权法或客观赋权法带来的不利影响，使评估结果具有较好的可信度；根据对关联度的分析，能比较清楚地了解各评估指标对评估方案的重要程度；采用改进的 TOPSIS 法对实战化条件下部队装备器材保障能力进行评估，方法简单，步骤较少，从评估结果来看具有较高的可行度。不足之处在于：采用的数据大多由专家打分确定，耗费时间较长且对人员专业素养要求较高，在下一步的研究中需要对

由式(8)、式(9)可得正负理想解为：

由式(10)、式(11)可得

数据采集的方法加以改进。

参考文献：

- [1] 蔡敬标. 基于灰色理论和效费比的装备保障方案优选[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(11): 231-235.
- [2] 刘永红, 谢骏. 基于 DEA 的随船备件保障方案评价方法[J]. 装备制造技术, 2015(11): 222-223.
- [3] 王利明, 史凤隆, 祝华远, 等. 基于蒙特卡罗法的装备保障方案评估[J]. 兵工自动化, 2016, 35(1): 23-27.
- [4] 蒲玮, 李雄, 刘中炬. 基于 ABMS 的网络化装备保障方案决策分析方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2016, 30(5): 5-15.
- [5] 邱玉婷, 李济沅, 邓旭, 等. 基于改进 TOPSIS-RSR 法的电能质量综合评价[J]. 高压电器, 2018, 54(1): 44-49.
- [6] 高崎. 军械维修器材管理学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 161-162.
- [7] 冷宣兵. 舰船装备技术保障能力评估方法研究[D]. 武汉: 海军工程大学, 2008: 43-45.
- [8] 罗兵, 张胜生, 韩祎, 等. 基于 AHP 与灰色理论的军用车辆器材保障能力评价方法[J]. 军事交通学院学报, 2014, 16(6): 27-31.
- [9] 尹富. 基于灰色关联分析的航空装备技术保障能力评价模型[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(8): 104-109.
- [10] 石全, 史宪铭, 赵美, 等. 系统决策与建模[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 197-198.
- [11] 于娜. 通用武器装备维修器材保障能力评估方法研究[D]. 石家庄: 军械工程学院, 2006: 32-34.