

基于集对分析的野战管线部队保障效能评估

续源,吴家锋

(中国人民解放军陆军勤务学院,重庆 401311)

摘要:为解决保障需求和战场环境对野战管线部队保障效能评估带来的不确定性影响,运用集对分析理论建立了保障效能评估优化模型,通过分析影响保障效能的属性要素,计算属性权重,构建正、负理想效能,确定了野战管线部队保障效能与理想效能的联系度。实例分析表明,应用集对分析评估野战管线部队保障效能,可有效降低不确定因素对评估造成的不确定性影响。

关键词:集对分析;野战管线;保障效能;变异系数;联系度

本文引用格式:续源,吴家锋.基于集对分析的野战管线部队保障效能评估[J].兵器装备工程学报,2018(2):153-156.

Citation format:XU Yuan, WU Jiafeng. Support Effectiveness Evaluation of Field Pipeline Troops Based on Set Pair Analysis [J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2018(2):153-156.

中图分类号:E23

文献标识码:A

文章编号:2096-2304(2018)02-0153-04

Support Effectiveness Evaluation of Field Pipeline Troops Based on Set Pair Analysis

XU Yuan, WU Jiafeng

(Academy of Army Logistics of PLA, Chongqing 401311, China)

Abstract: In order to solve the uncertainty effect of the guarantee demand and battlefield environment on the field line troop support efficiency evaluation, the paper establishes the support evaluation optimization model by using the set pair analysis theory, and analyzes the attribute factors influencing the guarantee effectiveness, and calculates the attribute weight, and constructs the positive and negative ideal efficiency, and determines the relationship between the support efficiency and the ideal efficiency of the field pipeline troops. The example analysis shows that the application set pair analysis and evaluation of the field pipeline troops support effectiveness can effectively reduce the uncertainty impact on the evaluation.

Key words: set pair analysis; field pipeline; support effectiveness; coefficient of variation; degree of contact

野战管线部队保障效能的评估还停留在传统的文字论证阶段,对影响保障效能发挥的不确定性因素多是主观判断,误差较大,使得上级对各野战管线部队的保障能力难以掌握,本研究采用集对分析法,对确定性与不确定性影响因素展开数学运算和数学分析,对避免评估标准的主观性,降低不确定性因素的干扰,准确评估野战管线部队的保障效能

有重要意义。

1 野战管线部队保障效能的影响因素

野战管线部队保障效能受众多因素的影响和制约,必须充分考虑并分析各因素的构成和作用,为确定属性要素、拟

收稿日期:2017-09-19;修回日期:2017-10-11

作者简介:续源(1988—),男,硕士,上尉,主要从事油料勤务研究,E-mail:xuyuan370502@163.com。

通讯作者:吴家锋(1963—),男,教授,主要从事军事油料供应与管理研究。

定属性值、衡量权重作好铺垫。

野战管线部队保障效能的影响因素有：

1) 人员素质

人员素质主要包括人员的知识层次、训练水平、专业技能,协作能力、心理素质等,是提高保障效能的“软件”。优秀的人员素质,能减少操作失误率,迸发较高的作业效率,缩短作业时间,可显著提高油料保障效能。

2) 装备性能

油料装备性能是作战油料保障的“硬件”,其性能的好坏直接关系到油料供应水平的高低,装备技术性能越好,补给效率就越高,完成任务就越快,因此,是影响油料保障效能的直接因素。

3) 战备训练

野战管线部队战备训练水平的高低,也影响到人员素质和装备运用的能力,是加强野战管线部队协作配合能力,促进正规化建设,提高人员对未来可能发生的军事斗争的快速反应能力和战场适应能力最直接、最有效的途径。

4) 信息化水平

野战管线部队信息化水平决定其在保障过程中的感知与反应、精确配送、数据通信等各项能力值高低,是保障能力的拓展和延伸,与保障效能能否在未来战场上正常发挥有直接联系。

5) 保障需求

现代战争模式是信息化条件下的联合作战,保障对象种类多、数量多、油料需求量各有不同,诸多变量使得油料保障的过程充满不确定性,但又是影响野战管线部队保障效能的关键因素。

6) 战场环境

战场环境包含敌情、我情、社情、自然环境等多因素,每一项内容都对保障效能的发挥有一定影响。但是战场环境的不确定性很大,相应的对作业效能的影响就很大。

2 野战管线部队保障效能评估模型

野战管线部队保障效能能否正常发挥,与人员素质、装备性能、战备训练、信息化水平、保障需求和战场环境息息相关,但保障需求和战场环境面临的情况是随机的,对保障效能的高低产生不确定性影响。应用集对分析法对野战管线部队保障效能进行评估就能很好地解决随机变量对保障效能影响的不确定性。

2.1 集对分析

集对分析是在有特定问题的背景下,将集对中两个集合的确定性和不确定性及确定性与不确定性的相互作用进行系统的数学分析。设有两个集合 A 和 B , 组成集对 $H = (A, B)$, 对集对中的 A, B 两个集合作特性分析时,假定共有 M 个特性,通过比对,集合 A, B 在 X 个特性上是相互共有、同一的;在 Y 个特性上是相互对立、矛盾的;在 Z 个特性上既没

有同一性,也没有对立性,然后写成“联系数”的形式: $U = \frac{X}{M}$

+ $\frac{Z}{M}I + \frac{Y}{M}J$, 该式可简化为 $U = \alpha + \beta I + \gamma J$ 。其中 $\frac{X}{M} = \alpha$,

$\frac{Z}{M} = \beta, \frac{Y}{M} = \gamma$, 且满足归一化条件 $\alpha + \beta + \gamma = 1$, I 表示差异,

J 表示对立,在需要计数时,将 I 和 J 赋相应的数值;这里要明确 J 代表何种对立,例如当所论问题涉及的是“正负型对立($1 \times (-1) = -1$)”,则取 $J = -1$,与此同时 I 在 $[-1, 1]$ 区间取值;由此可见, I 是 J 的函数, J 又是问题 (W) 的函数, I 是问题 (W) 的复合函数, U 同时反映了集对 H 的确定性和不确定性,在此基础上开展适当的数学运算和数学分析,确定问题最终导向。

2.2 模型建立

2.2.1 确定属性要素

首先将各个影响因素确定为属性要素,根据计算需要,对其量化赋值。设人员素质为 Z_1 、装备性能为 Z_2 、战备训练 Z_3 、信息化水平 Z_4 、保障需求 Z_5 和战场环境 Z_6 , 如图 1 所示。

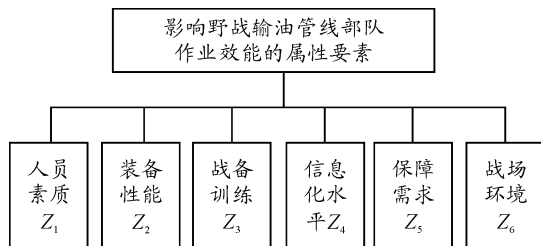


图 1 影响野战管线部队保障效能的属性要素

2.2.2 标准化处理属性值

假设各野战管线部队保障效能有 n 个评估结果,构成集合 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$, 每个评估结果包含的属性集为 $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_j, \dots, Z_m\}$, 对应的属性权重集为 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_m\}$, 并假设各评估结果 A_i 对应属性 B_j 的属性值为 $r_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 。

为了对不同量纲的属性进行比较分析,须对保障效能评估结果包含的属性值进行标准化处理。对于影响保障效能的属性而言,按属性值取值优势趋向可以分为越高越好和越低越好的属性值两类。

对于越高越好的属性,其标准化公式为

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{\max}(j)} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

对于越低越好的属性,其标准化公式为

$$f_{ij} = \frac{r_{\min}(j)}{r_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

其中, $r_{\max}(j)$ 、 $r_{\min}(j)$ 为第 j 个属性的最大值和最小值。

2.2.3 确定属性要素权重

为了避免主观因素造成的评估误差,客观地反映属性的重要程度,此处选择变异系数法确定属性的权重。变异系数法是通过保障效能各结果的属性值的变异程度所描述的信息量大小确定权重,能够较好反映保障需求和战场环境对属

性要素影响的客观特征。

变异系数为

$$\lambda_j = \frac{S_j}{\bar{r}_j}$$

其中 \bar{r}_j 和 S_j 分别为第 j 项的平均值和均方差。

属性权重为

$$w_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{i=1}^m \lambda_j}, \sum_{j=1}^m w_j = 1$$

2.2.4 确定联系度

假设保障效能的正、负理想效能分别为

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_m\}$$

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m\}$$

其中 $X_j = \max_{1 \leq i \leq n} f_{ij}$, $Y_j = \min_{1 \leq i \leq n} f_{ij}$, 则集对 $\{f_{ij}, X_j\}$ 在相对接近程度下的联系度可表示为

$$U_{ij}^+ = \frac{f_{ij}}{X_j} + \left(\frac{X_j - f_{ij}}{X_j} \right) J$$

式中:若联系度的差异度为 0, f_{ij} 越接近正理想效能, 同一度越大, 对立度就越小。若 $X_j = f_{ij}$, 则 $U_{ij}^+ = 1$, 此时集对完全确定。

综上所述, 保障效能的各个结果与正理想效能 X 构成的集对 $\{A_i, X\}$ 在相对接近程度下的联系度为

$$U_i^+ = \sum_{j=1}^m w_j \frac{f_{ij}}{X_j} + \left(\sum_{j=1}^m w_j \frac{X_j - f_{ij}}{X_j} \right) J \quad (1)$$

同理, 集对 $\{f_{ij}, Y_j\}$ 在相对接近程度下的联系度可表示为

$$U_{ij}^- = \frac{Y_j}{f_{ij}} + \left(\frac{f_{ij} - Y_j}{f_{ij}} \right) J \quad (2)$$

保障效能的各个结果与负理想效能 Y 构成集对 $\{A_i, Y\}$ 在相对接近程度下的联系度为

$$U_i^- = \sum_{j=1}^m w_j \frac{Y_j}{f_{ij}} + \left(\sum_{j=1}^m w_j \frac{f_{ij} - Y_j}{f_{ij}} \right) J \quad (3)$$

由于保障效能的各个结果在接近正理想效能的同时不一定都远离负理想性结果, 为了降低这种情况的干扰, 用 f_{ij} 在区间 $[Y_j, X_j]$ 上接近 X_j 而远离 Y_j 的联系度描述理想效能的综合联系度:

$$U_{ij} = \alpha_{ij} + \beta_{ij} I + \gamma_{ij} J \quad (4)$$

由于式(1)中的同一度表示 f_{ij} 接近 X_j , 式(3)中的对立度表示 f_{ij} 远离 Y_j , 因此, 可以用 α_{ij} 来评价 f_{ij} 对 X_j 的接近程度和对 Y_j 的远离程度, 用 γ_{ij} 来评价 f_{ij} 对 X_j 的远离程度和对 Y_j 的接近程度, 则有

$$\alpha_{ij} = \frac{f_{ij}}{X_j} \times \frac{f_{ij} - Y_j}{f_{ij}} = \frac{f_{ij} - Y_j}{X_j} \quad (5)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{X_j - f_{ij}}{X_j} \times \frac{Y_j}{f_{ij}} = \frac{Y_j}{f_{ij}} - \frac{Y_j}{X_j} \quad (6)$$

根据归一化条件 $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 得

$$\beta_{ij} = 1 + \frac{2Y_j - f_{ij}}{X_j} - \frac{Y_j}{f_{ij}} \quad (7)$$

保障效能各种结果 A_i 与理想效能的综合联系度为

$$U_i = \sum_{j=1}^m w_j \alpha_{ij} + \sum_{j=1}^m w_j \beta_{ij} I + \sum_{j=1}^m w_j \gamma_{ij} J \quad (8)$$

综合式(5)~式(7)得, 保障效能的各个结果 A_i 与理想效能的:

同一度:

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^m w_j \alpha_{ij} = \sum_{j=1}^m \left(w_j \frac{f_{ij} - Y_j}{X_j} \right) \quad (9)$$

差异度:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^m w_j \beta_{ij} = \sum_{j=1}^m w_j \left(1 + \frac{2Y_j - f_{ij}}{X_j} - \frac{Y_j}{f_{ij}} \right) \quad (10)$$

对立度:

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^m w_j \left(\frac{Y_j}{f_{ij}} - \frac{Y_j}{X_j} \right) \quad (11)$$

2.2.5 计算贴程度

野战管线部队保障效能与理想效能的相对贴程度是其同一度和对立度的综合反映, 因此, 贴程度为

$$\varphi_i = \frac{\alpha_i}{(\alpha_i + \gamma_i)}$$

贴程度 φ_i 的值越大, 表示保障效能的结果 A_i 与理想效能越贴近, 对应的野战管线部队保障效能评估结果就越接近。

3 实例分析

为检验野战管线部队油料保障效能, 需要对我军 5 支野战管线大队在各自担负的保障任务中的作业效能进行评估。本次保障效能检验 A_1 野战管线大队、 A_2 野战管线大队、 A_3 野战管线大队、 A_4 野战管线大队、 A_5 野战管线大队 5 支大队。各种结果的属性要素如图 1 中 $Z_1 \sim Z_7$ 所示, 除“人员素质(Z_1)”、“装备性能(Z_2)”、“战备训练(Z_3)”、“信息化水平(Z_4)”的属性值越大越好以外, 其他属性值均是越小越好。各野战管线大队保障效能影响因素的属性描述如表 1 所示。

表 1 各野战输油管线大队保障效能影响因素的属性描述

部队效能	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
A_1	较高	较差	很高	较差	较高	较小
A_2	很高	一般	较高	一般	很高	很大
A_3	较高	较差	较高	一般	较高	较大
A_4	一般	较好	一般	较好	一般	一般
A_5	较低	较好	一般	很好	较低	很小

表 1 中各个大队的属性值均为定性语言描述, 为便于量化分析, 采用专家评分法, 对属性值赋予相应的分值, 通过和相关领域专家的沟通, 最终根据很差(很低、很小)、较差(较低、较小)、一般、较好(较高、较大)、很好(很高、很大)5 个等级, 并对应赋予 1~5 分。

将属性值按上述方法进行转换,得到属性值矩阵

$$R = (r_{ij})_{5 \times 6}:$$

$$R = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 5 & 2 & 4 & 2 \\ 5 & 3 & 4 & 3 & 5 & 5 \\ 4 & 2 & 4 & 3 & 4 & 4 \\ 3 & 4 & 3 & 4 & 3 & 3 \\ 2 & 4 & 3 & 5 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

对属性值矩阵进行标准化处理:

$$f = \begin{bmatrix} 0.80 & 0.50 & 1.00 & 0.40 & 0.50 & 0.50 \\ 1.00 & 0.75 & 0.80 & 0.60 & 0.40 & 0.20 \\ 0.80 & 0.50 & 0.80 & 0.60 & 0.40 & 0.25 \\ 0.60 & 1.00 & 0.60 & 0.80 & 0.67 & 0.33 \\ 0.40 & 1.00 & 0.60 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

根据标准化矩阵,可以确定出野战管线部队保障效能的正、负理想效能:

$$X = \{1.00 \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00\}$$

$$Y = \{0.40 \quad 0.50 \quad 0.60 \quad 0.40 \quad 0.40 \quad 0.20\}$$

各属性的权重集为

$$W = \{0.135 \quad 0.142 \quad 0.094 \quad 0.143 \quad 0.181 \quad 0.304\}$$

将上述结果代入式(9)~式(11)联立求解,得到各野战管线部队的同一度、差异度、对立度如表2所示。

表2 各野战管线大队保障效能的联系度

联系度	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
α	0.201	0.164	0.117	0.244	0.509
β	0.449	0.174	0.291	0.401	0.324
γ	0.350	0.662	0.592	0.355	0.167

由表2计算可得,各野战管线大队保障效能与理想效能的贴近期

$$\varphi_1 = 0.365, \varphi_2 = 0.199, \varphi_3 = 0.165, \varphi_4 = 0.407, \varphi_5 = 0.753。$$

根据贴近期大小,对5支野战管线大队保障效能进行排序: $A_5 > A_4 > A_1 > A_2 > A_3$ 。得出结论: A_5 野战管线大队在所担负的保障任务中作业效能最高,其他部队力量在不同层次上有待加强。

4 结论

基于集对分析的野战管线部队保障效能评估,结合各部队建设实际,综合考虑了多方面影响因素对评估结果带来的不确定性,有效融合了评估过程中各主、客观信息,可靠性较高。案例分析表明,通过集对分析评估野战管线部队保障效能,可有效降低不确定性因素对评估造成的不确定性影响,

为掌握野战管线部队保障能力,加强保障力量建设提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 顾佼佼,赵建军,徐海峰,等.基于SPA及PSO的超视距空战态势评估[J].系统工程与电子技术,2014,36(4):691-696.
- [2] 马洪文,魏俊,高艳章,等.基于集对分析的战时车辆装备保障方案评估[J].科学技术与工程,2010,33(14):3546-3548.
- [3] 赵克勤.集对分析及其初步应用[M].杭州:浙江科技出版社,2000.
- [4] 白向华,陶凤和,贾长治.基于集对分析的保障能力薄弱环节改进模型研究[J].计算机与数字工程,2011,39(2):6-10.
- [5] 张峰,谢振华,程江涛,等.改进集对分析的多属性决策方法在通信干扰目标威胁排序中的应用[J].海军航空工程学院学报,2014,29(2):183-186.
- [6] 宋占岭,王忠武,王锐.基于集对分析联系数的主要防御方向选择[J].电子设计工程,2017,25(10):51-53.
- [7] 田丽娟,张矢宇,蔡爱国.集对分析法在长江干线水上交通安全上的应用[J].船海工程,2013,42(3):199-203.
- [8] 闫华锋.基于SPA的综合评判决策方法[J].计算机技术与发展,2014,24(2):176-178.
- [9] 宋占凌,吕涛,张德强.基于集对分析TOPSIS法的掩护目标优选[J].电子设计工程,2013,21(6):52-54.
- [10] 陆思锡,王帅,周庆忠,等.基于集对分析的海上油料补给方法选择优化[J].后勤工程学院学报,2015,31(4):41-46.
- [11] 汪明武,金菊良.集对分析耦合方法与应用[M].北京:科学出版社,2014.
- [12] 赵克勤,米红.非传统安全与集对分析[M].北京:知识产权出版社,2014.
- [13] 朱斌,金炜东,朱建渠,等.复杂体制雷达辐射源信号特征的集对分析[J].计算机应用研究,2014,319(10):31-33.
- [14] 舒畅,姚安林,刘帅锋,等.集对分析在海底管道失效可能评价中的应用[J].中国安全科学学报,2017,27(1):86-91.
- [15] 罗景峰.集对分析-可变模糊改进方法及其应用[J].哈尔滨商业大学学报,2017,32(2):242-245.

(责任编辑 唐定国)