

doi: 10.7690/bgzdh.2018.02.015

# 基于云模型和层次分析法的油料保障能力评估

龚 杰<sup>1,2</sup>, 雍歧东<sup>1</sup>, 于 力<sup>1</sup>, 张晓峰<sup>1</sup>

(1. 后勤工程学院油料应用与管理工程系, 重庆 401311; 2. 中国人民解放军 96201 部队, 昆明 650200)

**摘要:** 为保证油料保障能力评估过程的科学性和评估结果的可靠性, 在建立油料保障能力评估指标体系的基础上, 利用层次分析法获取指标权重, 构建基于云模型和层次分析法的评估模型, 并结合实例分析验证。结果表明: 该方法能直观准确地反映油料保障能力, 有效克服模糊性和随机性对评估的影响, 为油料保障能力评估提供了理论参考。

**关键词:** 云模型; 层次分析法; 油料保障能力; 指标体系; 评估

**中图分类号:** TJ06 **文献标志码:** A

## Evaluation of POL Support Ability Based on Cloud Model and AHP

Gong Jie<sup>1,2</sup>, Yong Qidong<sup>1</sup>, Yu Li<sup>1</sup>, Zhang Xiaofeng<sup>1</sup>

(1. POL Application & Management Engineering Department, Logistics Engineering University, Chongqing 401311, China; 2. No. 96201 Unit of PLA, Kunming 650200, China)

**Abstract:** To ensure the scientific and reliability evaluation result of POL support ability evaluation process, based on establishing POL support ability index system, use AHP to get the index weight and concrete the evaluation model based on cloud model and AHP. And verify it by example. The results show that the method can intuitively and accurately reflect the POL support ability, effectively overcome the impact of fuzziness and randomness on evaluation, it provides reference to evaluation of POL support ability.

**Keywords:** cloud model; analytic hierarchy process (AHP); POL support ability; index system; evaluation

### 0 引言

油料被誉为现代战争的“血液”, 是武器装备发挥作战效能的动力源泉。某种程度上, 油料保障能力直接影响作战进程, 主导战场走势, 甚至左右战争结局。开展油料保障能力评估工作, 对了解油料保障能力现实水平, 探索油料保障能力提升渠道, 指导部队油料建设发展方向, 具有重要意义。

近年来, 用于油料保障能力评估的方法很多, 如: 灰色聚类、主成分分析、物元分析、集对分析、信息熵、模糊综合评判等<sup>[1-4]</sup>。这些方法在一定程度上解决了评估问题, 为领导决策指挥提供了现实参考, 但这些方法过度依赖单个专家的评判, 且忽略了评估过程的随机性和评估结果的模糊性。

云模型(cloud model)是李德毅院士基于模糊理论和概率统计理论提出的一种用特定语言值来实现定性概念与定量数值之间的不确定转换模型<sup>[5]</sup>。该模型将模糊性与随机性有机结合, 能够实现定性语言值与定量数值之间的相互转换, 将模糊的信息清晰、直观、准确地表达出来, 现已广泛应用于数据挖掘、评估决策、人工智能等众多领域。为真实

准确反映油料保障活动的不确定性, 规避模糊性和随机性对评估的影响, 笔者构建基于云模型和层次分析法的油料保障能力评估, 为油料保障能力评估提供科学、直观、有效的辅助评估方法。

### 1 云模型简介

#### 1.1 基本概念

设  $U$  是由具体数值表示的定量论域,  $C$  是定量论域  $U$  上的定性概念。若论域  $U$  中的任何元素  $x$  对  $C$  的隶属度  $u(x)$  是具有稳定倾向的一个随机数, 则  $x$  在定量论域  $U$  上的分布就称为隶属云, 简称为云<sup>[6]</sup>。其中:  $0 \leq u(x) \leq 1$ , 云是定量论域  $U$  到区间  $[0, 1]$  的映射, 即:

$$u(x): U \rightarrow [0, 1], \forall x \in U, x \rightarrow u(x)。$$

云由许多云滴构成。云滴越多, 越能反映定性概念的整体特征。云滴的形成过程就是定性与量量的不确定映射。

#### 1.2 云的数字特征

云的数字特征  $(E_x, E_n, H_e)$  是对定性概念的定量表达, 通常用期望值  $E_x$ 、熵  $E_n$  及超熵  $H_e$  来表征<sup>[7]</sup>。

收稿日期: 2017-09-27; 修回日期: 2017-11-04

基金项目: 全军军事类研究生资助课题(2013JY366)

作者简介: 龚 杰(1989—), 男, 四川人, 硕士研究生, 从事油料勤务研究。

期望值  $E_x$  是论域中最能反映定性概念的点, 代表云滴的中心位置, 表示定性概念的中心值。熵  $E_n$  是衡量定性概念的模糊性, 表征定量论域中可被定性概念接受的数值范围。熵  $E_n$  越大, 概念相对模糊。超熵  $H_e$  是度量熵  $E_n$  的不确定性, 反映云的离散程度, 即整个云的最大厚度<sup>[8]</sup>。例如: 图 1 是定性概念为“很强”的数字特征 ( $E_x=85, E_n=5, H_e=0.2$ ) 及其云模型, 其中云滴数量  $n=1\ 000$ 。

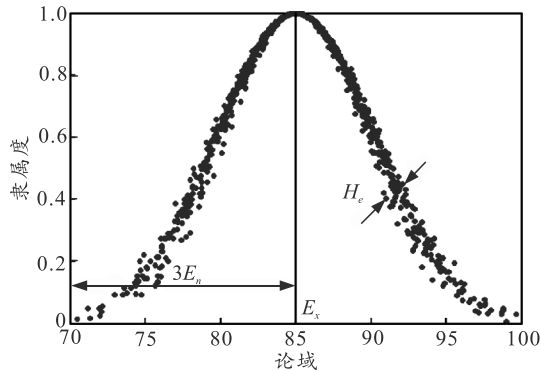


图 1 云模型的数字特征

### 1.3 云发生器

云模型是通过云发生器来实现定性概念和定量描述之间的相互转换。定性概念到定量描述的转换是通过正向云发生器来实现, 而定量描述到定性概念的映射则是通过逆向云发生器来完成<sup>[9]</sup>。云模型的实现过程如下:

输入: 数字特征 ( $E_x, E_n, H_e$ ), 生成云滴数量  $n$ ;

输出:  $n$  个云滴及其隶属度  $u$ 。

具体运算步骤:

1) 生成 1 个均值为  $E_n$ , 方差为  $H_e$  的正态随机数  $\sigma_i, \sigma_i=N(E_n, H_e)$ ;

2) 生成 1 个均值为  $E_x$ , 方差为  $\sigma_i$  的正态随机数  $x_i, x_i=N(E_x, \sigma_i)$ ;

3) 计算隶属度  $u_i = \exp[-(x_i - E_x)^2 / 2\sigma_i^2]$ , 获得 1 个隶属度为  $u_i$  的云滴  $\text{drop}(x_i, u_i)$ ;

4) 重复 1)~3), 直至生成  $n$  个云滴为止。

## 2 油料保障能力评估指标体系

油料保障能力评估指标体系是评估油料保障能力的前提和基础。指标体系构建是否全面、科学、合理, 将直接影响评估结果的准确性、可靠性和普适性, 因此, 指标体系的构建须遵循以下原则:

1) 全面系统原则。指标体系应全面反映油料保障活动的效果, 综合衡量油料保障能力的强弱。选取代表性强的指标来反映油料保障能力的本质。

2) 科学合理原则。在指标体系构建的过程中, 要突出重点、抓住关键、简洁清晰, 且逻辑严密、层次分明, 切忌东拼西凑、罗列堆砌。

3) 层次分明原则。指标体系应向油料保障能力层层递进、深度聚焦, 同级指标之间应相互独立、互为补充、协调一致, 不存在关联关系。

4) 客观实用原则。在数据获取、指标筛选、标准设置等方面都必须客观、实事求是。同时, 指标体系要紧贴油料保障活动的实际, 适应未来战场的需要。

根据油料保障规律及相关要求, 结合指标体系构建原则和方法, 通过基层调研、专家咨询、会议论证, 形成油料保障能力评估指标体系(如图 2)。

## 3 基于云模型的油料保障能力评估

### 3.1 指标权重计算

以某部队为例, 笔者按照图 2 构建指标体系评估该部队的油料保障能力。鉴于各级指标均为定性指标, 邀请 5 位专家, 运用层次分析法<sup>[10]</sup>求得各级指标在综合评估中的权重大小如表 1 所示。

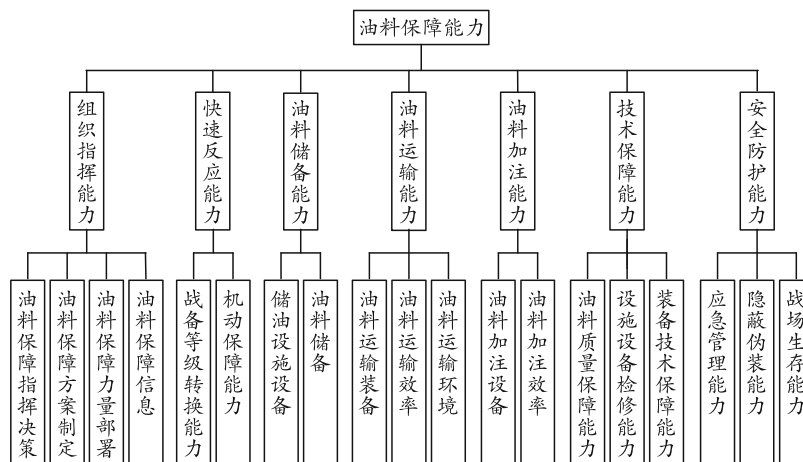


图 2 油料保障能力评估指标体系

表 1 油料保障能力评估各级指标及其权重

一级指标	权重	二级指标	权重
组织指挥能力 $C_1$	0.178	油料保障指挥决策 $C_{11}$	0.312
		油料保障方案制定 $C_{12}$	0.273
		油料保障力量部署 $C_{13}$	0.247
		油料保障信息 $C_{14}$	0.168
快速反应能力 $C_2$	0.142	战备等级转换能力 $C_{21}$	0.500
		机动保障能力 $C_{22}$	0.500
油料储备能力 $C_3$	0.146	储油设施设备 $C_{31}$	0.450
		油料储备 $C_{32}$	0.550
油料运输能力 $C_4$	0.157	油料运输装备 $C_{41}$	0.443
		油料运输效率 $C_{42}$	0.372
		油料运输环境 $C_{43}$	0.185
油料加注能力 $C_5$	0.152	油料加注设备 $C_{51}$	0.550
		油料加注效率 $C_{52}$	0.450
油料技术保障能力 $C_6$	0.104	计量质量保障能力 $C_{61}$	0.113
		设施设备检修能力 $C_{62}$	0.426
		装备技术保障能力 $C_{63}$	0.461
安全防护能力 $C_7$	0.121	应急管理能力和 $C_{71}$	0.434
		隐蔽伪装能力 $C_{72}$	0.329
		战场生存能力 $C_{73}$	0.237

评语集是专家进行科学评判的依据和规范。通常，评语集中的评语数量为奇数(取 7 个)。鉴于指标体系的模糊性和定性语言的准确性，笔者选用定性语言和区间范围来组成评语集，以便定量分析和实际操作。评语集及对应分值区间如表 2 所示。云模型的数字特征  $(E_x, E_n, H_e)$  按下列公式<sup>[11]</sup>计算：

$$\left. \begin{aligned} E_x &= (D_{\min} + D_{\max}) / 2 \\ E_n &= (D_{\max} - D_{\min}) / 6 \\ H_e &= k \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中  $k$  为常数，可根据评语自身的模糊性和随机性来调整，通常取 0.1。在此，采用黄金分割法<sup>[12]</sup>，以“一般”为论域中心，使相邻云的超熵  $H_e$  以 0.618 倍向两侧逐渐增大。

通过计算，得到云模型的数字特征  $(E_x, E_n, H_e)$  如表 2 所示。评价等级云模型如图 3 所示。

表 2 评语集及云模型参数

评语	对应分值区间	期望值 $E_x$	熵 $E_n$	超熵 $H_e$
极强	[80,100]	90.0	3.333	0.262
很强	[70,80]	75.0	1.677	0.162
强	[55,70]	62.5	2.500	0.100
一般	[45,55]	50.0	1.677	0.062
差	[30,45]	37.5	2.500	0.100
很差	[20,30]	25.0	1.677	0.162
极差	[0,20]	10.0	3.333	0.262

### 3.2 计算评估结果

对于评估结果的运算，其实质是将多个单一云模型合成一个综合云模型的过程。通过云模型的运算法则，可利用下层指标的云模型得到上层指标的云模型，通过多次运算，便可求得评估结果的综合

云模型。

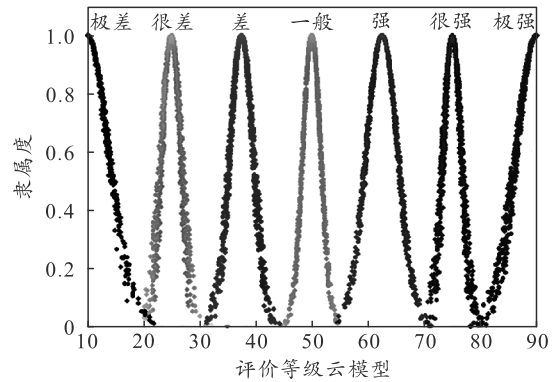


图 3 评价等级云模型

若第  $j$  位专家对第  $i$  个指标的评估云模型数字特征为  $C_{ij}(E_{xij}, E_{nij}, H_{eij})$ ，则第  $i$  个指标的综合云模型数字特征  $C_i(E_{xi}, E_{ni}, H_{ei})$  可按下式计算：

$$\left. \begin{aligned} E_{xi} &= \frac{E_{xi_1}E_{ni_1} + E_{xi_2}E_{ni_2} + \dots + E_{xi_m}E_{ni_m}}{E_{ni_1} + E_{ni_2} + \dots + E_{ni_m}} \\ E_{ni} &= E_{ni_1} + E_{ni_2} + \dots + E_{ni_m} \\ H_{ei} &= \frac{H_{ei_1}E_{ni_1} + H_{ei_2}E_{ni_2} + \dots + H_{ei_m}E_{ni_m}}{E_{ni_1} + E_{ni_2} + \dots + E_{ni_m}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中  $m$  为参与评估的专家人数。

如果下层各指标的权重为  $\omega_i$ ，则上层指标的云模型数字特征  $C_S$  可按下式计算：

$$C_S = \sum_{i=1}^q \omega_i C_i \quad (3)$$

式中  $q$  为下层指标的个数。

### 4 实例应用

邀请 5 位专家对各级指标进行评价，评语限定在“极强、很强、强、一般、差、很差、极差”7 个等级。以“安全防护能力”为例，汇总整理每名专家的意见如表 3 所示。

表 3 专家评价结果

指标	权重	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5
应急管理能力和 $C_{71}$	0.434	很强	一般	强	一般	强
隐蔽伪装能力 $C_{72}$	0.329	很强	强	强	一般	一般
战场生存能力 $C_{73}$	0.237	强	一般	一般	一般	强

按照表 2 的评语及其对应的云模型参数，根据式(2)计算表 3 中的专家评价结果汇总数据，可得专家组对“安全防护能力”的集体评价结果如表 4。

表 4 专家组集体评价结果的云模型参数

指标	权重	期望值 $E_x$	熵 $E_n$	超熵 $H_e$
应急管理能力和 $C_{71}$	0.434	62.500	9.208	0.125
隐蔽伪装能力 $C_{72}$	0.329	60.410	10.031	0.098
战场生存能力 $C_{73}$	0.237	58.637	10.854	0.075

根据式(3)计算表 4 中的数据, 可得“安全防护能力”的云模型参数为(60.897, 9.869, 0.104)。

采用同样的方法和步骤, 可计算出组织指挥能力、快速反应能力、油料储备能力、油料运输能力、油料加注能力、油料技术保障能力这 7 个一级指标的云模型参数如表 5 所示。7 种能力的评价等级如图 4 所示。

表 5 专家组最终评价结果的云模型参数

指标	权重	期望值 $E_x$	熵 $E_n$	超熵 $H_e$
组织指挥能力 $C_1$	0.178	62.365	10.596	0.104
快速反应能力 $C_2$	0.142	60.558	10.854	0.096
油料储备能力 $C_3$	0.146	72.395	11.770	0.158
油料运输能力 $C_4$	0.157	62.118	10.396	0.103
油料加注能力 $C_5$	0.152	65.432	11.224	0.115
油料技术保障能力 $C_6$	0.104	71.110	11.593	0.151
安全防护能力 $C_7$	0.121	60.897	9.869	0.104

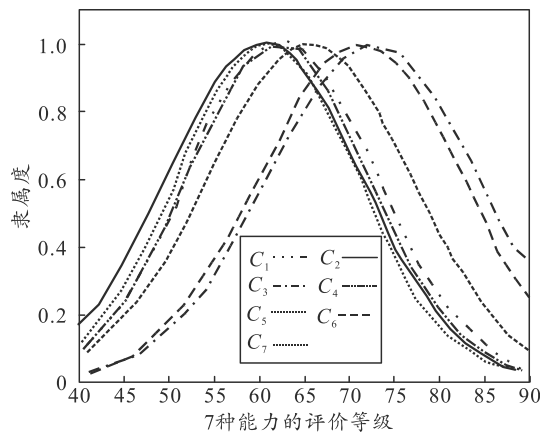


图 4 云模型的数字特征

根据表 5 的数据, 利用公式(8)可求得该部队油料保障能力的综合云模型参数为(64.732, 10.884, 0.117)。利用正向云发生器运算 2 000 次, 最终得到云滴在评价等级上的综合云模型如图 5 所示。

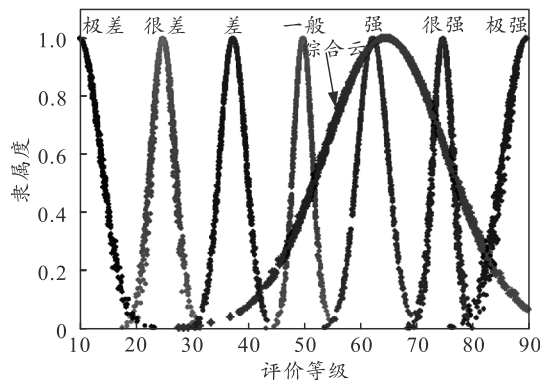


图 5 等级云模型

综上所述: 该部队的油料保障能力整体评估结

果为“强”, 但仍需提升组织指挥能力、油料运输能力、快速反应能力和安全防护能力, 特别是快速反应能力和安全防护能力需要着重提高, 才能使该部队的油料保障能力得到整体提升。

### 5 结束语

油料保障能力评估指标体系较为复杂、难以量化, 且评估过程带有模糊性和随机性。笔者基于云模型和 AHP 的油料保障能力评估方法, 实现了定性概念与定量描述之间的相互转换, 有效地克服了评估过程的随机性和评估结果的模糊性, 并将评估结果准确、形象、直观地表达出来, 体现了该模型的可行性和实用性, 为部队开展油料保障能力评估提供了科学实用、便于操作的评估方法。

### 参考文献:

- [1] 舒先胜, 丁泽中, 夏亦寒, 等. 基于主成分分析法的油料保障能力评估[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(3): 76-79.
- [2] 王帅, 周庆忠, 武建军, 等. 基于信息熵的多样化军事任务油料保障能力评估[J]. 物流技术, 2011, 30(7): 139-140.
- [3] 朱柯, 雍歧东, 李少鸣. 基于集对分析的油料保障能力评估研究[J]. 中国储运, 2007, 18(9): 115-117.
- [4] 雍歧东, 张坤, 夏冬勇, 等. 油料保障评估理论与方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 28-43.
- [5] CHUN Y, QI D Y, YANG C, et al. Research on effective evaluation of POL support system based on the internet of things and cloud theory[J]. the open automation and control systems journal, 2015, 6(1): 461-467.
- [6] 胡文平, 于腾凯, 巫伟南. 一种基于云预测模型的电网综合风险评估方法[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(5): 35-42.
- [7] 郭强, 毕义明. 基于云模型的导弹信息作战指挥效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(4): 61-64.
- [8] 郑德炯, 卢科青. 基于自适应八叉树的三维点云快速拾取方法研究[J]. 机电工程, 2016, 33(4): 417-420, 425.
- [9] 王志生, 苏建刚, 黄艳俊. 基于云模型-AHP 的制导弹药射击效能评估[J]. 火力与指挥控制, 2016, 41(4): 121-125.
- [10] 汪涛, 张世伟, 路向远. 基于 AHP 方法的军队油料供应能力评价[J]. 后勤工程学院学报, 2014, 16(5): 15-18.
- [11] 王旭辉, 杨华, 陈远. 基于云模型效能评估的 Matlab 实现[J]. 微型机与应用, 2012, 31(8): 71-73.
- [12] 王健, 肖文杰, 张俊亮, 等. 一种改进的基于云模型的效能评估方法[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(7): 97-99.