

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.07.019

基于云理论的炮兵群（团）指挥信息系统作战能力评估

朱富强，王刚，李洪峰，连兆军
(解放军炮兵学院 5 系，安徽 合肥 230031)

摘要：为解决炮兵群（团）指挥信息系统作战给评估指标数据处理带来的困难，提出采用云重心的评判方法。从战场环境出发，从系统分析入手，用层次分析法确定能力指标参数，求出各指标的云模型表征和权重等。算例表明，该方法能较好地把握主客观信息融合在一起，并把模糊性和随机性进行了较好的集成，构成了定性和定量间的映射，能有效地处理系统的不确定性。

关键词：云理论；能力评估；炮兵群（团）指挥信息系统

中图分类号：O236 **文献标识码：**A

Campaign Ability Evaluation of Artillery Troop Command Information Systems Based on Membership Cloud Theory

Zhu Fuqiang, Wang Gang, Li Hongfeng, Lian Zhaojun
(No. 5 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to solve the evaluation index data processing problem caused by artillery troop command information system campaign, the cloud gravity evaluation method is proposed. Based on battlefield environment, analyze the system at first, use the Analytic Hierarchy Process (AHP) to ascertain the ability index parameter and calculate the cloud model symbol and weighting of every index. The example shows that the method can combine the subjective information with objective information effectively, and integrate the fuzzy ability with random ability to construct the mapping of qualitative and ration. It can effectively resolve the system uncertainty.

Keywords: membership cloud theory; campaign ability evaluation; artillery troop information systems

0 引言

在一体化条件下的联合作战，体系间的对抗已成为战场重要特点。只有通过指挥信息系统，才能发挥各种武器系统的整体作战效能，对众多作战力量实施有效控制。故炮兵群（团）指挥信息系统已成为一体化联合作战中炮兵部队战斗力的倍增器，是信息化条件下炮兵作战指挥不可缺的指挥手段。

对炮兵指挥信息系统作战能力进行评估，能为炮兵指挥信息系统的发展、装备决策及作战使用提供依据和参考。炮兵指挥信息系统是由指挥信息驱动，随机并发、分布式高度非线性复杂的人机系统，受到多种因素影响，对其作战能力进行评估是非常困难的事，目前尚没有统一、公认的好方法。云理论是 KDD 中最新发展起来的，能体现定性定量之间的不确定性转换，体现概念亦此亦彼的软边缘性，已成为模糊数据发掘和信息处理的有力工具。故通过建立炮兵指挥信息系统作战能力评估指标体系，运用云理论方法构建评估模型，对其作战能力进行评估，以提高评判分析的准确性和可信度。

1 云理论及评估方法

允许用语言值表示的某个定性概念与其定量表

示之间的不确定性转换模型，云的数字特征用期望值 E_x 、熵 E_n 、偏差 D 来表征。这些特征反映了定性知识的定量特征。其中， E_x 是云的重心位置，即某个模糊概念的期望值； E_n 是表征概念模糊度的亮度，其大小反映了在论域中可被模糊概念接受的元素数； D 是云厚度的度量，是整个云厚度的最大值，反映了云的离散程度。由期望和熵 2 个数字特征便可确定具有正态分布形式的隶属的期望曲线方程。

云重心可表示为 $T=axb$ 。 a 为云重心的位置， b 为云重心的高度。期望值反映了相应的模糊概念的信息中心值，即云重心位置。云重心的高度反映了相应云的重要程度，在期望值相同的情况下，可对云重心的高度进行比较，以区分它们的重要性。

基于云理论的云重心评判法，首先求出各指标云模型，接着确定各个指标权重，用加权偏离度来衡量云重心变化，最后用云模型实现评测的评语集。

2 指挥信息系统作战能力评估算例

2.1 确定能力指标参数

从战场环境出发，从系统分析入手，用层次分析法提出影响炮兵群（团）指挥信息系统作战能力

收稿日期：2010-01-22；修回日期：2010-03-22

作者简介：朱富强（1980-），男，安徽人，硕士研究生，从事作战指挥理论与方法研究。

的6个重要性能指标, 见图1。

2.2 抽取各指标的状态值

指标状态值的求取可结合专家的评判得出。组成 n 个专家组对系统作战能力各因素进行评判, 可得出 n 种状态。为方便起见, 可以在 n 种状态中抽取4种状态, 为保证评估结果的准确性, 抽取的样本应有一定的样本容量, 见表1。

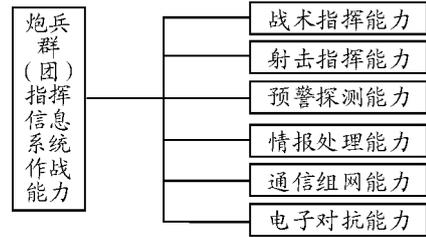


图1 炮兵群(团)指挥信息系统作战能力指标体系

表1 各指标的状态设定

| 状态 | 战术指挥能力 | 射击指挥能力 | 预警探测能力 | 情报处理能力 | 通信组网能力 | 电子对抗能力 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 非常好 | 一般 | 差 | 一般 | 97 | 非常好 |
| 2 | 很好 | 好 | 很好 | 差 | 95 | 好 |
| 3 | 一般 | 好 | 很好 | 好 | 96 | 差 |
| 4 | 差 | 好 | 非常好 | 很好 | 93 | 一般 |
| 理想状态 | 很好 | 极好 | 极好 | 极好 | 100 | 极好 |

2.3 求各指标的云模型表征

利用云理论把语言值相应的3个特征值(E_x, E_n, D)表征, 然后 E_x 值即可作为上述各单项指标的变量表示值, 则把语言值(无, 非常差, 很差, 较差, 差, 一般, 好, 较好, 很好, 非常好, 极好)量化为(0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0), 组成决策矩阵 B 。

$$B = \begin{bmatrix} 0.9 & 0.5 & 0.4 & 0.5 & 97 & 0.9 \\ 0.8 & 0.6 & 0.8 & 0.4 & 95 & 0.6 \\ 0.5 & 0.6 & 0.8 & 0.6 & 96 & 0.4 \\ 0.4 & 0.8 & 0.9 & 0.8 & 93 & 0.5 \end{bmatrix}$$

2.4 求各指标参数的权重

表2 各指标的排队等级及 S_r 值

| 指标 | 战术指挥能力 | 射击指挥能力 | 预警探测能力 | 情报处理能力 | 通信组网能力 | 电子对抗能力 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 排队等级(r) | 2 | 1 | 4 | 1 | 3 | 5 |
| S_r | 0.747 | 1 | 0.5 | 1 | 0.65 | 0.350 |

将 S_r 归一化得6个指标的权重 S_r^* : $S_r^* = (0.17, 0.24, 0.12, 0.24, 0.15, 0.08)$ 。

2.5 求各个指标云模型的期望值和熵

在给出的系统性能指标体系中, 既有精确数值型表示的, 又有语言值来描述的, 提取 n 组样品组成决策矩阵。那么 n 个精确数值型表示的1个指标就可以用1个云模型来表示。

其中, $E_x = (E_{x1} + E_{x2} + \dots + E_{xn})/n, E_n =$

确定权重的方法有很多, 如 AHP 法、PC-LINMAP 偶合法、德尔菲法、环比法和区间估计法。上述方法各有优劣, 为消除部分人为因素的影响, 用以下公式确定权重:

$$S_r = \begin{cases} \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{X}}{6}, & 1 < r \leq \frac{k+1}{2} \\ \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{Y}}{6}, & \frac{k+1}{2} < r \leq k \end{cases}$$

其中, $S1=1, X=-2In(2(r-1)/k), Y=-2In(2-2(r-1)/k)$ 。

式中: k 为指标数, r 为排队等级(排队等级是对指标按其重要程度所做的一个排列, 若认为某个指标同等重要则它们处于同一等级, 即不同指标可能处于同一等级), 再将 S_r 归一化处理即可得到权重 S_r^* 经计算球的 S_r , 见表2。

($\max(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xn}) - \min(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xn})$)/6, 同时, 每个语言值型的指标也可以用1个云模型来表示, 那么 n 个语言值(云模型)表示的1个指标就可以用1个一维综合云来表征。

其中, $E_x = (E_{x1}E_{n1} + E_{x2}E_{n2} + \dots + E_{xn}E_{nn}) / (E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nn}), E_n = E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nn}$, 根据上述公式, 从决策矩阵中求出各个指标的云模型的期望值和熵, 见表3。

表3 各指标云模型的期望值和熵

| 指标 | 战术指挥能力 | 射击指挥能力 | 预警探测能力 | 情报处理能力 | 通信组网能力 | 电子对抗能力 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 期望值(E_x) | 0.65 | 0.63 | 0.725 | 0.58 | 95 | 0.6 |
| E_n | 0.08 | 0.05 | 0.13 | 0.07 | 0.67 | 0.08 |

2.6 求加权综合云重心向量

依据云理论，云重心可表示为 $T=ab$ 。在理想状态下，加权综合云重心 $T_o^T = A \cdot L^T = \{0.17, 0.24, 0.12, 0.24, 15, 0.08\}^T$ ， $T_o = \{0.17, 0.24, 0.12, 0.24, 15, 0.08\}$ ，该系统实际的综合云重心向量 $T = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6\} = \{S_1 E_{x_1}, S_2 E_{x_2}, S_3 E_{x_3}, S_4 E_{x_4}, S_5 E_{x_5}, S_6 E_{x_6}\} = \{0.110 5, 0.153 6, 0.08 7, 0.139 2, 14.25, 0.048\}$ 。

由公式

$$T_i^G = \begin{cases} (T_i - T_i^o) / T_i^o, & T_i < T_i^o \\ (T_i - T_i^o) / T_i, & T_i \geq T_i^o \end{cases} \quad i=1, 2, \dots, k$$

综合云重心向量进行归一化得 $T^G = \{-0.189, -0.194, -0.148, -0.226, -0.027, -0.216\}$ 。

2.7 计算加权偏离度

把各指标归一化之后的向量值乘以其权重值，然后再相加，取平均值后得到加权偏离度 θ ($-1 < \theta < 0$) 的值。 $\theta = \sum_{i=1}^k (S_i T_i^G)$ ，式中， S_i 中 i 为第 i 个单项指标的权重值。经计算得加权偏离度 $\theta = -0.172$ ，即距离理想状态下的加权偏离度为 0.172。

2.8 用云模型实现评测的评语集

将加权偏离度输入评测云发生器（云发生器模

（上接第 52 页）

链路的选择是在仿真想定的基础上运用基于图论的图搜索算法查找的，此算法已较成熟不在此赘述。链路的连通性判断主要依据无线通信相关模型进行计算的。如： R^n 模型、自由空间模型等。并且假设：

1) 电台被毁概率 > 50% 时，该电台不再工作，否则认为有可能正常工作；2) 收信台的有用信号功率 > 压制系数 × 干扰功率（邻台干扰功率，或敌干扰台的干扰功率，或两者之和）和本台灵敏度时，两台畅通，否则链路不通。

3 结束语

仿真结果与实际情况一致，能较真实地表现实际的通信状况，并且由于该装备保障指控网络通信模型设计方法，是作为独立的节点参与仿真的，因此能够适用于不同的仿真系统，重用性更强。

型见图 2) 之后，将激活“很好”和“非常好”2 个对象，激活“很好”云对象的程度大于“非常好”云对象，可用介于很好和非常好之间，倾向于“很好”来说明，即指挥决策的最终评判值约为 0.828。

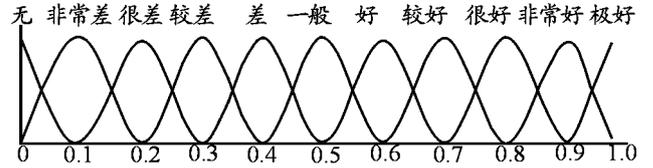


图 2 云发生器模型

3 结束语

采用基于云理论的评估方法，能较好地将主客观信息相融合，很好地集成了模糊性和随机性，构成了定性和定量间的映射，有效地处理了系统的不确定性，同时，允许评测专家使用自然语言的词汇来表达其评测意见，使意见的表达更加方便和准确，更有利于提高评估的准确性和可信度。该评估方法科学、直观，可操作性强，具有一定的推广意义。

参考文献：

[1] 李德毅，孟海军，史雪梅. 隶属云和隶属云发生器[J]. 计算机研究与发展, 1995, 6(5): 152-201.
 [2] 李德毅. 从隶属函数到隶属云[J]. 计算机研究与发展, 1996, 9(7): 132-181.
 [3] 刘树海. 军队指挥自动化[M]. 北京: 解放军出版社, 2002: 507-524.
 [4] 何洪成. 云模型及其在指挥控制系统可靠性分析中的应用[J]. 火力与指挥控制, 2006, 26(5): 76-80.

参考文献：

[1] 郑怀州，宋华文. 装备保障指挥理论体系研究[J]. 装备保障指挥技术学院学报, 2002, 13(4): 15-17.
 [2] DoD Modeling & Simulation Master Plan, Defense Modeling and Simulation Office, 1999, <http://www.msosa.dmsomil/>
 [3] DoD Joint Technical Architecture, Version 4.0, 2001: 143-148. <http://www.disa.mil/>
 [4] 张剑，刘伟. 军用无线网络仿真[J]. 军事通信技术, 2002, 23(2): 35-40.
 [5] 万永乐，张剑. 战术互联网建模与仿真[J]. 通信技术, 2002(10): 49-57.
 [6] 段联国，程安潮，周学全，等. 军事通信网络仿真平台的设计与实现[J]. 系统仿真技术及其应用, 2005(8): 552-555.
 [7] 张文兴，钟联炯. 基于 OPNET 的无线战术通信网仿真建模[J]. 电脑开发与应用, 2009, 22(9): 57-62.
 [8] 李志强，胡晓峰，司光亚，等. 作战模拟中通信系统连通性仿真算法研究[J]. 计算机仿真, 2006, 23(4): 124-127.