

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.02.005

基于云理论的装甲兵作战体系效能评估

陈璐, 杨和梅, 连广彦

(蚌埠坦克学院 基础部, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 针对装甲兵作战体系综合效能评估的复杂性, 提出基于云理论的装甲兵作战体系效能评估方法, 建立相应的装甲兵作战体系效能评估指标体系, 通过求各指标的云模型表征及各指标参数的权重, 实现装甲兵作战体系效能评估。该方法简单易行, 可操作性强, 可为同类作战体系综合效能评估提供参考。

关键词: 装甲兵; 作战体系; 云理论; 效能评估

中图分类号: N945.16 **文献标识码:** A

Effectiveness Evaluation of Armored Force Operational System Based on Cloud Theory

CHEN Lu, YANG He-mei, LIAN Guang-yan

(Dept. of Basic Theories, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China)

Abstract: Aiming at the complexity of effectiveness evaluation of armored force operational system, put forward the method of effectiveness evaluation of armored force operational system based on cloud theory, building the effectiveness evaluation system of armored force operational system, through calculated the weight and the cloud model token of each index, realized effectiveness evaluation of armored force operational system with cloud theory. The process is feasible and simple, strong operability, can offer reference for effectiveness evaluation of similar operational system.

Keywords: Armored force; Operational system; Cloud theory; Effectiveness evaluation

0 引言

基于系统分析的评估方法包括 WSEIAC 模型、模糊综合评判法、指数法、蒙特卡罗法、系统动力学等。装甲兵作战体系是复杂大系统, 故针对其综合效能评估的复杂性, 提出基于云理论的装甲兵作战体系效能评估方法, 将定量分析与定性分析相结合, 为同类作战体系综合效能评估提供参考。

1 装甲兵作战体系的结构

根据信息化条件下装甲兵作战的需要, 装甲兵作战体系具有 4 个不同作用性质的系统, 即情报侦察系统、指挥控制系统、火力打击系统和综合保障系统, 各系统又下设多个分系统。

2 装甲兵作战体系效能评估指标体系

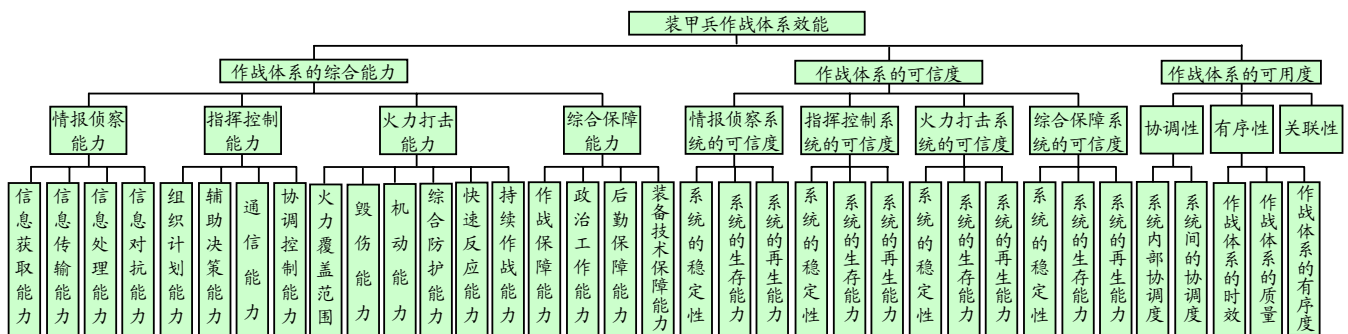


图 1 装甲兵作战体系效能评估指标体系

为减少评估的复杂性, 经系统分析论证并遵循完整性、客观性、实用性、科学性、独立性和系统性, 建立装甲兵作战体系效能评估指标体系如图 1。

3 基于云理论的装甲兵作战体系效能评估

3.1 基础理论

云理论是由数据库中的知识发现即数据挖掘技术 (Knowledge Discovery Database, KDD) 中发展起来的, 体现定性定量之间的不确定性转换, 体

收稿日期: 2009-09-13; 修回日期: 2009-10-29

作者简介: 陈璐 (1964-), 男, 安徽人, 副教授, 教研室主任, 从事计算机模拟和军事仿真的科研与教学研究。

现概念亦此亦彼的“软”边缘性的理论, 已成为模糊数据发掘和信息处理的有力工具。

云是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量度, 其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云的期望曲线方程。

表 1 指标状态表

状态	火力覆盖范围 (满足作战需要)	毁伤能力 (%)	机动能力	综合防护能力 (遭敌毁伤百分比)	快速反应能力	持续作战能力
1	很好	74	很好	38	一般	好
2	好	80	差	35	较好	非常好
3	较好	78	非常好	28	好	一般
4	很好	82	好	32	很好	差
理想状态	极好	100	极好	0	极好	极好

3) 求各指标的云模型表征

利用云理论, 把语言值的 3 个特征(E_x, E_n, D) 表征, 后 E_x 值就可作为各单项指标的定量表示值, 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, 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 :

$$B = \begin{bmatrix} 0.8 & 74 & 0.8 & 38 & 0.5 & 0.6 \\ 0.6 & 80 & 0.4 & 35 & 0.7 & 0.9 \\ 0.7 & 78 & 0.9 & 28 & 0.6 & 0.5 \\ 0.8 & 82 & 0.6 & 32 & 0.8 & 0.4 \end{bmatrix}$$

4) 求各指标参数的权重

权重的确定方法很多, 如特尔菲法、AHP 法、环比法和区间估计法、PC-LINMAP 耦合法等。上述方法各有优点, 为了消除部分人为因素的影响, 用以下公式确定权重^[3]:

$$W_i = \begin{cases} \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{-2\ln(2(i-1)/n)}}{6} & 1 < i \leq \frac{n+1}{2} \\ \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{-2\ln(2-2(i-1)/n)}}{6} & \frac{n+1}{2} < i \leq n \end{cases}$$

其中, $W_1=1$; n 为指标数, i 为排队等级 (排队等级是对指标按其重要程度所作的一个排列, 应该根据信息化作战需求出发, 结合指挥员的指挥经验, 合理给出排队等级), 再将 W_i 归一化处理, 即可得到权重 W_i^* 。经计算求得 W_i , 如表 2。将 W_i 归一化, 得 6 个指标的权重 W_i^* ^[4]为:

$$W_i^* = (0.25, 0.25, 0.07, 0.1, 0.15, 0.18)$$

5) 求各个指标云模型的期望值和熵

对给出的系统性能指标体系中既有用精确数值

3.2 实例分析

结合对火力打击能力因素的评价, 给出利用云重心理论进行装甲兵作战体系效能评估的应用示例。其具体的步骤如下:

1) 确定评估指标参数

火力打击能力所包括的指标如图 1。

2) 抽取出各指标的状态值

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评判, 得 n 种状态。在 n 种状态中抽取 4 种状态, 为保证评估结果的准确性, 抽取的样本应有样本容量, 如表 1。

型表示, 又有用语言值来描述的, 提取 n 组样品组成决策矩阵。则 n 个精确数值型表示的一个指标就可以用一个云模型来表示。其中:

$$E_x = (E_{x1} + E_{x2} + \dots + E_{xn}) / n, \quad E_n = (\max(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xn}) - \min(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xn})) / 6$$

同时, 每个语言值型的指标也可以用一个云模型来表示, 则 n 个语言值 (云模型) 表示的一个指标就可以用一个一维综合云来表征。其中:

$$E_x = (E_{x1}E_{n1} + E_{x2}E_{n2} + \dots + E_{xn}E_{nn}) / (E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nn}), \quad E_n = E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nn}$$

表 2 各指标的排队等级及 W_i 值

	火力覆盖范围	毁伤能力	机动能力	综合防护能力	快速反应能力	持续作战能力
排队等级 W_i	1	1	5	4	3	2
	1	1	0.278	0.389	0.611	0.727

根据上述公式, 从决策矩阵中求出各指标的云模型的期望值和熵, 如表 3。

表 3 各指标云模型的期望值和熵

指标	火力覆盖范围	毁伤能力	机动能力	综合防护能力	快速反应能力	持续作战能力
期望值	0.73	78.5	0.68	33.3	0.65	0.6
熵	0.03	1.33	0.08	1.67	0.05	0.08

6) 计算加权综合云重心向量

依据云理论, 由云重心表示为 $T=a \times b$ 。其中, a 为云重心的位置即期望值, b 为云重心的高度 (权重值) 得六维加权综合云的重心向量为 $T=(0.183, 19.625, 0.048, 3.33, 0.098, 0.108)$ 。理想状态加权综合云的重心向量为 $T^0=(0.25, 25, 0.07, 0, 0.15, 0.18)$ 。

$$\text{由公式 } T_i^G = \begin{cases} (T_i - T_i^0) / T_i^0, & T_i < T_i^0 \\ (T_i - T_i^0) / T_i, & T_i \geq T_i^0 \end{cases} \quad i=1, 2, \dots, p,$$

力分配决策如表 3。

表 2 防空导弹火力分配相关数据表

\bar{p}_i	来袭目标								
火力	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
2	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
3	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
4	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
5	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
6	0.83	0.82	0.76	0.69	0.70	0.84	0.91	0.72	0.65
r_k	0.81	0.45	1.00	0.86	0.63	0.73	0.60	0.22	0.91

表 3 目标分配方案

来袭目标	1	2	3	4	5	6	7	8	9
火力单元	3	5	$\tilde{2}, \tilde{6}$	4, 6	$\tilde{4}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	1, 2

从表 3 可见, 威胁度大的目标 3、4、9 分配到的火力单位相对多, 计算结果与实际经验判断吻合。

4 结论

经计算仿真验证, 该方法计算结果与实际经验

(上接第 15 页)

综合云重心向量进行归一化, 得到一组向量 $T^G = (-0.268, -0.215, -0.314, 1, -0.347, -0.4)$ 。经归一化之后, 表征系统状态的综合云重心向量均为有大小、有方向、无量纲的值(理想状态为特殊情况, 其向量为 $(0,0,0,0,0,0)$)。

7) 计算加权偏离度

把各指标归一化后的向量值乘以其权重值, 再相加, 取平均值后得到加权偏离度 $\theta (-1 < \theta < 0)$ 的值。 $\theta = \sum_{j=1}^p (W_j^\phi T_i^G)$ 式中, W_j^ϕ 为第 j 个单项指标的权重值。经计算得加权偏离度 $\theta = -0.365$, 即距离理想状态下的加权偏离度为 0.365。

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(如图 2)后, 将激活“好”和“较好”2 个对象, 激活“好”云对象的程度大于“较好”云对象, 表述为“介于好和较好间, 倾向于好”来说明, 即系统作战能力的最终评判值大约在 0.635, 作为下一步的评定依据。

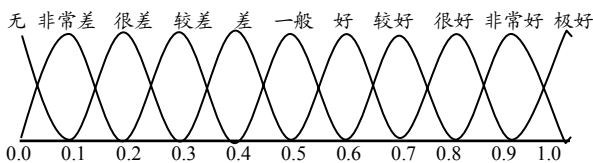


图 2 云发生器模型

为验证其可行性和可靠性, 分别采用 WSEIAC 模型和模糊综合评判法, 对上述对象进行计算, 计

判断吻合, 可为现代防空兵指挥员组织作战时提供防空火力分配辅助决策, 并为解决作战运筹领域的类似问题提供了一种新思路。

参考文献:

[1] 赖永强. 基于匈牙利法的弹炮混编防空兵群火力分配优化问题研究[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(2): 48-50.

[2] 马海涛. 基于遗传算法的弹炮混编防空群火力分配[J]. 火力指挥与控制, 2006, 31(4): 36-38.

[3] 杨懿. 改进粒子群算法在导弹火力分配中的应用[J]. 火力指挥与控制, 2007, 32(1): 60-63.

[4] 邢立新. 基于粒子群算法的火力最优分配[J]. 兵工自动化, 2007, 26(12): 22-23.

[5] 曾建潮, 介倩, 崔志华. 微粒群算法[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 190-206.

[6] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.

[7] 龚纯, 王正林. 精通 MATLAB 最优化设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.

算结果如表 4, 并将所得的评估结果进行比较, 结果基本一致, 则证明采用云重心理论对装甲兵作战体系综合效能进行评估可行, 评估结果可靠。

表 4 运用 WSEIAC 模型和模糊综合评判法计算结果

	WSEIAC 模型		模糊综合评判法		云重心理论	
	评价值	评语	评价值	等级	评价值	等级
作战体系的综合能力	0.623	好	0.645	好	0.635	好
作战体系的可信度	0.818	很好	0.776	很好	0.796	很好
作战体系的可用度	0.724	较好	0.778	很好	0.738	较好
作战体系的综合效能	0.689	较好	0.701	较好	0.692	较好

4 结束语

以火力打击能力为例, 采用云重心理论对火力打击能力的 6 个指标进行评估。得出作战体系的综合能力最终评定值, 同理, 可确定装甲兵作战体系的可用度和系统的可信度的评定值。最终可计算出装甲兵作战体系综合效能 $E=0.692$ 。可为同类作战体系综合效能评估提供参考。

参考文献:

[1] 顾吉堂, 等. 应用神经网络评估舰载武器系统作战效能[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(2): 66-70.

[2] 陈利, 尤峰. 基于 AHP 和云重心方法的装甲兵指挥信息系统效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008, 30(4): 59-60.

[3] 李洪峰, 等. 基于云理论的弹炮结合防空武器系统效能评估[J]. 弹箭与制导学报, 2008, 28(2): 239-241.

[4] 董树军, 等. 作战效能评估理论与方法[M]. 北京: 解放军出版出版社, 2005: 125-164.