

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.010

# 基于云重心理论的数字化装甲团指挥决策时效性评估

屈洋<sup>1</sup>, 王要峰<sup>2</sup>, 刘洪坤<sup>1</sup>, 孙文纪<sup>1</sup>

(1. 蚌埠坦克学院 作战指挥教研室, 安徽 蚌埠 233050; 2. 中国人民解放军 71622 部队 80 分队, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 为评估数字化装甲团指挥决策的时效性, 根据数字化装甲团指挥决策流程构建了时效性评估的指标体系, 运用云重心理论确定评估模型中各指标的属性值, 并结合实例, 按照云模型数字特征求取, 性能指标系统状态表示, 云重心偏离度衡量和评测评语集实现的步骤对模型进行验证。结果表明, 该方法能评估数字化装甲团指挥决策时效性, 可以为完善指挥决策系统、优化指挥决策活动、增强决策的科学性以及提高指挥效能提供依据。

**关键词:** 云重心理论; 数字化装甲团; 指挥决策时效性; 评估

**中图分类号:** N945.16 **文献标识码:** A

## Evaluation to Command Decision-Making Timeliness of Digitized Armored Regiment Based on Cloud Focus Theory

QU Yang<sup>1</sup>, WANG Yao-feng<sup>2</sup>, LIU Hong-kun<sup>1</sup>, SUN Wen-ji<sup>1</sup>

(1. Staff Room of Battle Command, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China;

2. No. Unit 80, No. 71622 Army of PLA, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** In order to evaluate the digitized armored regiment command decision-making timeliness, based on its flow of command decision-making, set up the evaluation index system of timeliness to, get the attribution value of each index of the evaluation model by using cloud gravity center theory, then combining the example, validate the model by the steps that getting numeral characteristic of cloud model, representing performance index system state, weighting deviation and reviewing comment collections. The results show that this method can be used to evaluate the digitized armored regiment command decision-making timeliness and apply the basis for perfecting the command decision-making system, optimizing command decision-making activities, developing the more scientific decision-making and improving the command effectiveness.

**Keywords:** Cloud focus theory; Digitized armored regiment; Command decision-making timeliness; Evaluation

### 0 引言

数字化装甲团是新型作战力量, 其指挥决策的时效性评估十分重要。云理论是数据挖掘和知识发现 (Data Mining & Knowledge Discovery, DMKD) 中最新发展起来的, 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”边缘的理论, 可以有效地避免评估的随机性, 是对指挥决策时效性进行评估比较好的方法。故采用“云理论”建立云重心评判模型, 对数字化装甲团指挥决策时效性进行评估。

### 1 指挥决策时效性评判指标体系

基于数字化装甲团指挥决策流程构建指挥决策时效性评估指标体系如表 1。

#### 1.1 一级指标

数字化装甲团指挥决策时效性的内涵是作战过程中数字化装甲团指挥员和指挥机关实施指挥决策的速度和效率。根据其特点和本质, 结合决策过程, 可以把指挥决策评估指标分为: 及时性和有效性。

1) 及时性。即信息获取的便捷性、信息处理的快速性、信息利用的即时性和信息控制的同步性。

2) 有效性。即决策方案优化程度、计划组织周密程度和情况处置科学程度。

表 1 数字化装甲团指挥决策时效性评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
及时性	信息获取的便捷性	信息获取途径
		信息获取范围 信息获取精度
	信息处理的快速性	决策人员素质
		数据融合能力 信息传输能力
信息利用的即时性	制定方案	
	优化方案	
	确定方案	
信息控制的同步性	指令分发时延	
	作战评估时延 调整部署时延	
有效性	决策方案优化程度	可用性
		可靠性 效益性
	计划组织周密程度	完备程度
		保密程度
情况处置科学程度	完善度 准确度	

#### 1.2 二级指标

收稿日期: 2010-01-31; 修回日期: 2010-03-17

作者简介: 屈洋 (1964-), 男, 江西人, 教授, 从事装甲兵作战指挥决策与效能评估研究。

1) 信息获取的便捷性是指信息获取的便捷程度。它主要取决于信息获取途径、信息获取范围和信  
息获取精度; 2) 信息处理的快速性是系统按一定  
规则和程序, 对获得的各种信息进行综合加工和处  
理的能力。它主要受决策人员素质的高低、数据融  
合能力的强弱、信息传递时延长短的影响; 3) 信息  
利用的即时性是指实时更新的信息及时运用于指挥  
决策的可能。它主要包括制定方案、优化方案和确  
定方案阶段对信息的及时运用; 4) 信息控制的同步  
性是指决策过程与信息流通同步进行, 实施实时决  
策的程度。主要包括指令分发、作战评估、和调整  
部署 3 个环节; 5) 决策方案优化程度是指决策方案  
在作战过程保持正确、稳定的程度。主要包括可用  
性、可靠性和效益性 3 个指标; 6) 计划组织周密程  
度是指对各节点的把握程度。主要包括计划组织的  
完备程度和保密程度; 7) 情况处置科学程度是指决  
策者和决策机构行为的科学性, 包括情况处置的完  
善度和准确度。

## 2 建立云重心评价模型

云模型是用自然语言值表示的某个定性概念与  
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  $E_n$  和超熵  $H$  三个数表征, 它把模  
糊性和随机性完全集成到一起, 构成定性和定量相  
互间的映射。其中,  $E_x$  是云的重心位置, 表示对应  
模糊概念的期望值。 $E_n$  是概念模糊度的度量, 其大  
小反映了在论域中可被模糊概念接受的元素数, 即  
亦此亦彼性的程度。 $H$  是熵的模糊度的度量, 即熵  
的熵, 它是云厚度的度量, 反映了云的离散程度。

云重心可以表示为  $T = a \times b$ 。其中,  $a$  表示云  
重心的位置,  $b$  表示云重心的高度。期望值反应了  
相应的模糊概念的信息中心值, 即云重心位置。通  
过云重心位置的变化情况, 可以反映出系统状态信  
息的变化情况。

### 2.1 云模型数字特征的求取

针对系统性能指标体系中, 既有精确数值型表  
示, 又有用语言值进行描述, 在专家评估的基础上  
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:

$$E_x = (E_{x1} + E_{x2} + \dots + E_{xm}) / n \quad (1)$$

$$E_n = (\max(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xm}) - \min(E_{x1}, E_{x2}, \dots, E_{xm})) / 6 \quad (2)$$

每个语言值型指标可用 1 个云模型来表示, 那

么  $n$  个语言值表示的 1 个指标就可以用 1 个一维综  
合云来表征。其中:

$$E_x = (E_{x1}E_{n1} + E_{x2}E_{n2} + \dots + E_{xm}E_{nm}) / (E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nm}) \quad (3)$$

$$E_n = E_{n1} + E_{n2} + \dots + E_{nm} \quad (4)$$

### 2.2 性能指标的系统状态表示

$p$  个性能指标可以用  $p$  个云模型来刻画,  $p$  个  
指标所反映的系统状态可用 1 个  $p$  维综合云来表  
示。当  $p$  个指标所反映的系统状态发生变化时, 对  
应的综合云的形状也发生变化, 其重心就会改变。  
 $p$  维综合云的重心  $T$  用  $p$  维向量来表示。即:

$$T = (T_1, T_2, \dots, T_p) \quad (5)$$

式中:  $T_i = a_i \times b_i$ ,  $a_i$  表示云重心的位置,  $b_i$  表  
示云重心的高度。  $i = 1, 2, \dots, p$ 。当系统状态发生变  
化时, 其重心变化为:

$$T^* = (T_1^*, T_2^*, \dots, T_p^*) \quad (6)$$

### 2.3 云重心偏离度的衡量

系统理想状态下各指标值是已知的。设理想状  
态下  $p$  维综合云重心位置向量  $a = (E_{x1}^0, E_{x2}^0, \dots, E_{xp}^0)$ , 云  
重心高度向量为  $b = (b_1, b_2, \dots, b_p)$ , 则理想状态下云重  
心向量  $T^0 = a \times b^T = (T_1^0, T_2^0, \dots, T_p^0)$ 。由前述, 某一状态  
下系统的  $p$  维综合云重心向量为  $T = (T_1, T_2, \dots, T_p)$ 。用加  
权偏离  $\theta$  来衡量这 2 种状态下综合云重心的差异情  
况。先将此状态下的综合云重心向量进行归一化,  
得到一组向量  $T^\mu = (T_1^\mu, T_2^\mu, \dots, T_p^\mu)$ 。其中:

$$T^\mu = \begin{cases} (T_i - T_i^0) / T_i^0, & T_i < T_i^0, i = 1, 2, \dots, p \\ (T_i - T_i^0) / T_i, & T_i \geq T_i^0, i = 1, 2, \dots, p \end{cases} \quad (7)$$

理想状态下向量为  $(0, 0, \dots, 0)$ 。把各指标归一化  
之后的向量值乘以其权重值, 然后再相加, 得加权  
偏离度  $\theta$ :

$$\theta = \sum_{j=1}^p (W_j^\theta T_j^\mu) \quad (8)$$

式 (8) 中,  $W_j^\theta$  为第  $j$  个单项指标的权重值。

### 2.4 评测评语集的实现

用云发生器实现评测的评语集, 采用 11 个评语  
组成评语集: 无、非常差、很差、较差、差、一般、  
好、较好、很好、非常好、极好, 将每个评语值用  
云模型来实现, 构成定性评测的云发生器, 如图 1。

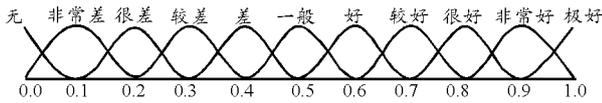


图 1 云发生器

### 3 实例分析

运用云重心理论评判模型对数字化装甲团参加机动作战任务时的指挥决策时效性进行评估。

#### 3.1 指标权重的确立

根据专家对各个指标的重要性进行打分，然后运用层次分析法得到各级指标的权重值。

1) 一级指标权重

$$w_1 = (0.564\ 9, 0.435\ 1)$$

2) 二级指标权重

$$w_{21} = (0.360\ 0, 0.326\ 9, 0.180\ 0, 0.133\ 0)$$

$$w_{22} = (0.497\ 7, 0.284\ 9, 0.217\ 4)$$

3) 三级指标权重

$$w_{31} = (0.410\ 0, 0.390\ 0, 0.200\ 0)$$

$$w_{32} = (0.350\ 0, 0.300\ 0, 0.350\ 0)$$

$$w_{33} = (0.270\ 0, 0.440\ 0, 0.290\ 0)$$

$$w_{34} = (0.230\ 0, 0.490\ 0, 0.280\ 0)$$

$$w_{35} = (0.300\ 0, 0.300\ 0, 0.400\ 0)$$

$$w_{36} = (0.850\ 0, 0.150\ 0)$$

$$w_{37} = (0.480\ 0, 0.520\ 0)$$

#### 3.2 三级指标属性值

三级指标属性值是根据数字化装甲团指挥决策系统具体性能，作战指挥的体制，装备的战技术性能和决策人员具体情况，通过专家对最低层指标打分并结合合理的数学模型计算得出的，结果如表 2。

表 2 三级指标属性值

指标	属性值	指标	属性值
信息获取途径	0.847 2	作战评估时延	0.217 0
信息获取范围	0.763 9	调整部署时延	0.571 5
信息获取精度	0.807 5	可用性	0.727 6
决策人员素质	0.683 4	可靠性	0.792 0
数据融合能力	0.795 1	效益性	0.775 0
信息传输能力	0.750 3	完备程度	0.807 3
制定方案	0.880 0	保密程度	0.829 0
优化方案	0.905 0	完善度	0.720 1
确定方案	0.876 6	准确度	0.693 2
指令分发时延	0.542 0		

#### 3.3 二级指标属性值

因为三级指标的值都是介于[0, 1]之间的归一化的属性值，故其理想值均为 1。对于二级指标的属性值可按照各子指标属性值与权重相乘求和的方

法。以及时性对应的各二级指标为例，可求得各指标的属性值分别为：

$$0.847\ 2 \times 0.41 + 0.763\ 9 \times 0.39 + 0.807\ 5 \times 0.2 = 0.806\ 8$$

$$0.683\ 4 \times 0.35 + 0.795\ 1 \times 0.30 + 0.750\ 3 \times 0.35 = 0.739\ 9$$

$$0.88 \times 0.27 + 0.905 \times 0.44 + 0.876\ 6 \times 0.29 = 0.89$$

$$0.542 \times 0.23 + 0.517 \times 0.49 + 0.571\ 5 \times 0.28 = 0.538$$

同理，可求得有效性对应的各二级指标的属性值分别为：0.765 9、0.810 6、0.706 1。

#### 3.4 一级指标属性值

一级指标属性值用云重心理论求取，以及时性指标为例，计算其属性值的步骤如下：

1) 三维加权云的重心向量

$$T = (T_{B1}, T_{B2}, T_{B3}, T_{B4})$$

$$= (0.860\ 8 \times 0.36, 0.739\ 9 \times 0.326\ 9, 0.89 \times 0.18, 0.538 \times 0.133\ 1)$$

$$= (0.309\ 9, 0.241\ 9, 0.160\ 2, 0.071\ 6)$$

2) 计算理想状态加权综合云的重心向量

$$T_0 = (0.360\ 0 \times 1, 0.326\ 9 \times 1, 0.180\ 0 \times 1, 0.133\ 1 \times 1)$$

$$= (0.36, 0.326\ 9, 0.18, 0.133\ 1)$$

3) 进行归一化

$$T^\mu = (T_{B1}^\mu, T_{B2}^\mu, T_{B3}^\mu, T_{B4}^\mu)$$

$$= (-0.139\ 2, -0.246\ 2, -0.11, -0.462\ 1)$$

4) 计算加权偏离度  $\theta$

$$\theta = T^\mu W_{21}^\sigma = -0.211\ 9$$

即距离理想状态下的加权偏离度为-0.211 9，则及时性指标的属性值为  $1 + (-0.211\ 9) = 0.788\ 1$ ，即  $A_1 = 0.788\ 1$ 。同理，可求得有效性指标的量化值为  $A_2 = 0.777\ 3$ 。

#### 3.5 总效能值

用云重心理论求总效能值。同理，可用求取一级指标值的步骤求总效能值如下：

1) 三维加权云的重心向量

$$T = (T_1, T_2) = (0.788\ 1 \times 0.564\ 9, 0.777\ 3 \times 0.435\ 1)$$

$$= (0.445\ 2, 0.338\ 2)$$

2) 理想状态加权综合云的重心向量

$$T_0 = (0.564\ 9, 0.435\ 1)$$

3) 进行归一化

$$T^\mu = (T_1^\mu, T_2^\mu) = (-0.211\ 9, -0.222\ 7)$$

4) 加权偏离度  $\theta$

$$\theta = T^\mu W_1^\sigma = -0.216\ 6$$

### 4 结束语

根据计算得到的加权偏离度  $\theta = -0.2166$ , 即距离理想状态下的加权偏离度为  $-0.2166$ 。数字化装甲团指挥决策时效性的效能值为  $1 + (-0.2166) = 0.7834$ 。将其输入到图 1 云发生器之后, 将激活“较好”和“很好”2 个云对象, 介于“较好”和“很好”之间, 偏于很好。结果表明, 该方法能评估数字化装甲团指挥决策时效性, 可以为完善指挥决策系统、优化指挥决策活动、增强决策的科学性以及提高指挥效能提供依据。

参考文献:

[1] 屈洋, 孙文纪, 秦伟, 等. 数字化装甲团指挥信息系统

\*\*\*\*\*

(上接第 29 页)

3.3 空中目标威胁排序准则

威胁排序是根据威胁程度的大小对空中目标进行排序, 为目标优化分配和拦截决策提供基本依据。威胁程度排序是一个动态变化的过程, 在防空作战过程中, 不断地有目标退出战斗, 同时会有新目标加入战斗。因此, 对空中目标的威胁判断排序, 需要及时更新目标的变化而引起的排序问题。排序的一般准则<sup>[6]</sup>如下:

1) 上级或本级指挥员指定的待拦截目标排在队首, 如果指定多个目标时, 按指定的先后顺序排列; 其他目标按模型计算出的威胁程度次序由大到小排列; 对威胁值相同或相近的空中目标先到先打。

2) 当目标到达发射区近界时间与导弹飞到发射区近界时间之差  $\leq t_0$  时 ( $t_0$  视具体防空导弹武器系统而定), 导弹拦截飞行短且时间差小的目标排在前面; 时间差为负值时, 排在最后。

3) 多目标通道火力单元, 对处于有效发射区内拦截警戒线外威胁值相等或相近的多个空中目标, 应按先打远、后打近进行排序。当一个或多个空中目标处于拦截警戒线与有效发射区近界之间的, 应优先拦截, 并按先打近、后打远排序。当一个或多个空中目标进入有效发射区近界之内, 但尚处于火力单元发射区近界之外的, 只有在有空闲目标通道时才容许进行拦截, 并且按先打远、后打近排序。

4) 当出现以下情况时, 需要将目标从排序队列中删除: 本火力单元已将目标分配并拦截; 较高优先级的目标插入后, 队列中目标数大于武器系统可拦截目标数时, 以后的目标应出队; 分配时目标属性识别或武器的控制状态变更, 目标不适宜自动

作战效能评估研究[R]. 蚌埠: 蚌埠坦克学院, 2008.  
 [2] 李洪峰, 冯传茂, 杨和梅, 等. 基于云重心评判法的炮兵指挥训练水平评估[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 6(4): 90-92.  
 [3] 邵杰, 曹延平, 时佳佳. 云重心理论在装甲机械化部队射击指挥能力评估中的应用[J]. 兵工自动化, 2009, 12(8): 91-93.  
 [4] 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, 6(4): 59-64.  
 [5] Li Deyi, Di Caichang, Li Deren, et al. .Ming Association Rules with Linguistic Cloud Models[J]. Journal of Software, 2002, 126(2): 143-158.  
 [6] 李振波, 陈绍山, 李柏. 信息化条件下装甲机械化部队装备保障[J]. 四川兵工学报, 2009(2): 111-113.

拦截时; 目标已飞出发射区; 指挥员命令进行人工威胁判断的目标; 已证实被毁伤的目标。

随着空情的变化, 目标威胁判断与排序处于动态可变过程, 有一定的更新周期, 要视武器系统类型而定。目标威胁程度排序应随时调整, 但排序的准则不变。

4 结束语

该模型能根据目标类型的不同而调用不同的威胁判断模型, 确定各类目标的权重, 保证了评价的客观性和辅助决策的实时性, 适应现代防空作战的需要, 能够满足指挥员指挥决策使用, 并为研究基于辅助决策系统的防空导弹武器系统作战使用提供了一种思路。

参考文献:

[1] 张多林, 吕辉, 王刚, 等. 防空指挥自动化指挥控制系统[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006.  
 [2] 曾繁伦, 刘进忙, 惠永辉. 基于智能决策支持系统的目标分配模型[J]. 火箭与制导学报, 2007, 27(3): 261-263.  
 [3] 李书涛. 决策支持系统原理与技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.  
 [4] 张善文, 刘进忙. 以目标类型为主的一种威胁评估方法[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(8): 999-1111.  
 [5] 余勇, 易华辉. 证据理论与层次分析法相结合的威胁评估排序模型[J]. 电子信息对抗技术, 2006, 21(5): 40-43.  
 [6] 刘玉全, 李为民, 王君. 基于排列法的目标威胁评估模型[J]. 现代防御技术, 2004, 32(1): 20-23.  
 [7] 徐品高. 防空导弹火力单元对空中目标的拦截排序问题[J]. 战术导弹技术, 2007, 28(2): 1-9.  
 [8] 赵田, 曾前腾. 高炮群抗击巡航导弹阵地配置辅助决策模型分析[J]. 四川兵工学报, 2009(11): 75-77.