

【武器装备】

基于对抗演练的坦克分队进攻方式评价^{*}

徐克虎, 孟强, 李科

(装甲兵工程学院, 北京 100072)

摘要:为了合理评价坦克分队对抗演练中所选择的进攻方式,建立了坦克分队进攻方式的评价指标体系。以云理论为基础,将云发生器与专家打分法相结合,逐级可视化专家经验收敛速度和质量,挖掘出各评价指标因素的权重,之后运用云重心判别法求出了分队所选进攻方式定性的评价结果,最后通过一实例证明了该方法的科学性。

关键词:云理论;进攻方式;云重心评判法

中图分类号:E923.1;TP18

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)07-0001-04

对坦克分队战术对抗演练的评价是军事研究领域的重点科目,其中对模拟对抗中分队所选进攻方式的评价对战后总结及战法的研究论证具有重要的意义。但现代战场情况复杂,影响评价进攻方式的因素较多,各种评价指标间又相互影响,很难用精确的标准来衡量其抉择的优劣,而且制定精确的优劣标准也不符合人的思维习惯,因此,对进攻方式的评价采用定性的语言评价更具有实际的意义。当前,运用模糊集的理论,结合多位专家意见,对各种评价指标量化,之后进行综合评价能够很好地解决语言评价的模糊性问题,但在此过程中由于各位专家经验偏好不同,不可避免地带来了随机性偏差。本文引进“云理论”,通过构造特定的算法步骤,形成了定性概念与其定量表示之间的转换模型,并揭示了随机性和模糊性的内在关联性,很好地解决了坦克分队对抗演练中所选进攻方式的综合评价问题。

1 云理论^[1-2]

1.1 云的基本概念

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 、超熵 H_e 三个数值表征,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,标定了相应的模糊概念的中心值; E_n 是概念模糊度的度量,它的大小反映了在论域中可被模糊概念接受的元素,即亦此亦彼性的裕度; H_e 是云厚度的度量,是整个云厚度的最大值,它反映了云的离散程度。

1.2 云发生器

云的生成算法称为云发生器。云发生器包括正向云发生器、 X 条件云发生器、 Y 条件云发生器和逆向云发生器。由云的数字特征产生云滴,称为正向云发生器;给定云的3个数字特征(E_x, E_n, H_e)和特定的数值 X_i 条件下的云发生器称为 X 条件云发生器;给定云的3个数字特征(E_x, E_n, H_e)和特定的确定度值 μ_i 条件下的云发生器称为 Y 条件云发生器;给定符合某一正态云分布规律的一组云滴(X_i, μ_i)作为样本,产生描述云模型所对应的定性概念的3个数字特征(E_x, E_n, H_e)称为逆向云发生器。这里只对正向云发生器、与逆向云发生器的具体算法进行描述。

1.2.1 正向云发生器算法

输入:某定性概念的期望值 E_x, E_n ,与 H_e ,并给定云滴数 n 。

输出: n 个云滴在数域空间的定量位置及每个云滴代表该概念的确定度。

1) 生成以 E_n 为期望, H_e 为方差的一个正态随机数 E'_n 。

2) 生成以 E_x 为期望, E_n 为方差的一个正态随机数 X_i 。

3) 计算 $\mu_i = e^{-\frac{(X_i - E_x)^2}{2(E'_n)^2}}$ 。

4) 使 (X_i, μ_i) 成为论域中的一个云滴。

5) 重复步骤1)~4),直至要求数目的云滴产生。

1.2.2 逆向云发生器算法^[3]

输入: n 个云滴。

输出:某定性概念的数字特征值: E_x, E_n 和 H_e 。

* 收稿日期:2010-04-14

作者简介:徐克虎(1963—),男,博士,教授,主要从事人工智能与军事仿真研究。

1) 根据 X_i 计算这组数据的样本均值 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$, 计算样本一阶绝对中心矩 $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|$, 样本方差 $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ 。

$$2) E_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i。$$

$$3) E_n = \sqrt{\pi/2} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - E_x|。$$

$$4) H_e = \sqrt{S^2 - E_n^2}。$$

2 评价坦克分队进攻方式的指标体系

坦克分队的进攻方式很多,如前沿进攻、掩护进攻、包围、钳击、火力攻击等,各种不同的进攻方式适应于不同的任务和战场环境等要素。本文根据文献[4],主要从以下几方面指标对其进行评价:

完成任务程度:在对抗训练中,不同的进攻方式的选择在很大程度上取决于所要完成的任务,因此,战后完成任务的程度也就很大程度上反映了所选进攻方式的优劣。

遭遇敌方数量:在进攻过程中,不同的进攻方式适应于攻击不同数量的敌人,如一般情况下当我方多于敌方3倍的兵力时可以选择包围的进攻方式,而如果与敌方兵力相当,选择包围则是不明智的。因此,所遇敌方数量是否适应于所选进攻方式也是评价进攻方式抉择优劣的一个参考指标。

地形利用情况:进攻方式是否能达到最大的战斗效能,是否依托了有利地形是一个重要的决定因素,因此,地形利用情况的好坏在客观上也反映了所选进攻方式的优劣。

自身实力情况:在进攻过程中,我方实力,如装备完好程度,人员素质以及疲劳程度等都会影响到进攻方式的选择,所以,评价进攻方式选择的优劣,自身实力是否与之相匹配也是一个重要的评价指标。

时间把握情况:选择不同的进攻方式,在进攻节奏的快慢上是不同的,如前沿进攻节奏较快,而掩护进攻则相对要慢一些,由此坦克分队实际完成任务的时间与理想时间的差距在一定程度上也能够反映进攻方式抉择的优劣。

综上所述,评价进攻方式的指标体系如图1所示。

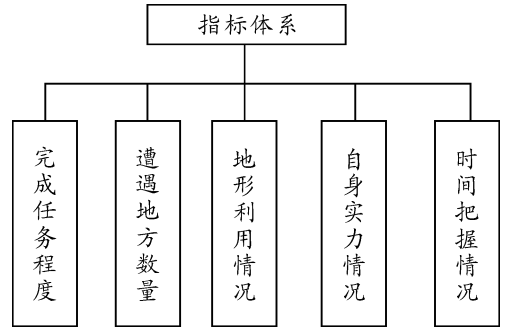


图1 进攻方式评价指标体系

3 运用云发生器和专家打分法挖掘进攻方式评价指标权重

大多数情况下人们很难直接给出各评价指标权重的具体数值,而对其进行一个定性的语言评价,给出一个评价数值范围,却相对比较容易。因此,本文根据专家知识建立评价指标权重数值分布范围及对应的定性语言描述。组织专家群体对给定的定级因素体系进行强度等级打分,这种依据定性的自然语言给出具体数值的方法,具有模糊性和随机性,更加符合人类的认识规律。在专家打分的基础上,采用逆向云发生器生成对应语言值云模型的数字特征,其中:期望表示专家评价的平均水平;熵表示评价的离散程度,体现专家的水平;超熵表示专家评价结果与正常发挥时的偏离程度,综合反映专家的思考状态和偏好观点等因素。之后再由正向云发生器产生云图,多次反复,逐级可视化评估专家经验的收敛速度和质量,最后得出合理的权值。具体过程如下:

1) 组织100位军中著名战术理论家以及经验丰富的基层指战员组成专家评定组,对各指标进行定性语言评价,并给出对应的权重数值分布范围,如表1所示。

2) 组织专家群体对各指标依据其定性的语言评价,在相应的数值分布范围内给出一个具体的评价数值(其中单个专家对所有指标权重的评定值的和应为1),如表2所示。

表1 评价指标定性语言描述及权重分布范围

指标	完成任务	敌方数量	地形利用	自身实力	时间把握
评语值	很重要	不重要	比较重要	重要	比较重要
权重范围	0.3~0.4	0.0~0.1	0.2~0.3	0.1~0.2	0.2~0.3

表2 专家对各指标打分值

	专家1	专家2	专家3	...	定性评价
完成任务	0.32	0.35	0.36	...	很重要
敌方数量	0.05	0.03	0.04	...	不重要
...

3) 将 100 位专家对各指标打分的数值作为云滴 X_0 输入逆向云发生器,输出此轮专家对相应于各指标评价语言值的云模型的数字特征 E_n , E_n 和 H_e 。

4) 将各云模型的数字特征输入正向云发生器,画出相应语言评价值的云图。以指标任务完成程度为例,各轮对评语值“很重要”的云图如图 2 所示。

5) 根据云图,整理相应知识,反馈给专家,以让专家修改自己的打分结果。

6) 各评语值概念形成后,所有专家对相应指标打分的期望值即为各指标权重。

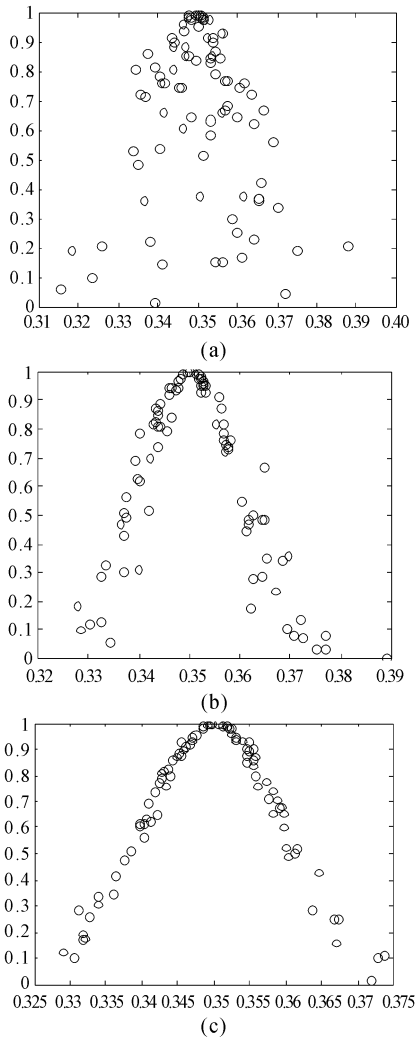


图 2 指标权重云

依据此过程,在第 1 轮专家意见征询中,专家群体对进攻方式评价的含义,各评价指标对进攻方式影响强度的理解有待加强,信息比较分散,熵和超熵都较大,每个数值隶属于相应语言值的隶属度的随机性变化也较大。利用这时的期望、熵、超熵,通过正向云发生器得到的云滴的离散度比较大,云图整体呈现雾状,表明专家认识还未统一(例如图 2(a))。在第 2 轮征询时,将第 1 轮专家打分的信息

经过筛选分类和归纳整理反馈给专家,各专家根据大部分专家的意见,调整自己的打分结果,熵和超熵开始减小,利用这时的期望、熵、超熵通过正向云发生器得到的云图由雾状开始向云凝聚,表示概念开始形成(例如图 2(b))。将第 2 轮专家打分的结果归纳整理后再次反馈以指导专家,进行第 3 轮专家意见征询,熵和超熵再次减小,利用这时的期望、熵、超熵通过正向云发生器得到的云图凝聚性再次增强,表示评语值概念形成(例如图 2(c))。第 3 轮结束后,进攻方式评价指标权重确定,结果如表 3 所示。

表 3 评价因素各指标权重

指 标	任 务	敌 方 数 量	地 形 利 用	我 方 实 力	时 间
权重	0.35	0.04	0.25	0.16	0.20

4 运用云重心判别法进行综合评价

云重心判别法就是将各评价指标用云模型表示,并用一个多维综合云表示评价结果,而后求得评价结果的综合云重心与各指标理想状态下的云重心的加权偏离度,并将其输入测评云发生器,激活相应云对象并输出定性的语言评价的方法。具体步骤为^[5]:① 求各指标的云模型表示;② 用一个 p 维综合云表示具有 p 个评价指标的评价结果;③ 用加权偏离度来衡量云重心的改变;④ 用云模型实现测评的评语值。本文采用 11 个评语组成的评语集,分别是:极差、非常差、很差、较差、差、一般、好、较好、很好、非常好、极好。所有这些定性概念,均可以根据人类专家的知识用云模型出来。从而构成一个定性测评的云发生器,如图 3 所示。

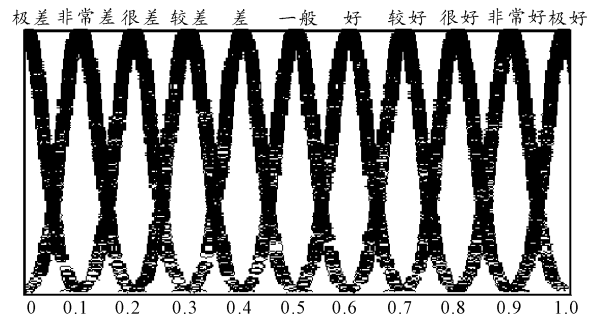


图 3 测评云发生器

5 实例分析

某次坦克分队战术对抗演练之后,对红方 A 连在红蓝双方对抗过程中选择的进攻方式进行评价。经战后统计以及专家评定,得到 A 连各排在战术训练中关于各指标因素的评价值如表 4 所示。

表4 评价指标的评价值

	任务完 成程度	遭遇敌 方数量	地形 利用	我方 实力	时间
一排	好	4	好	好	12
二排	较好	4	好	非常好	11.5
三排	一般	3	一般	极好	11.5
理想值	极好	3	极好	极好	11

1) 利用测评云发生器将定性评语值量化表示,如表5所示。

表5 评价指标的定量表示

指 标	任 务	敌方 数量	地形 利用	我方 实力	时 间
一排	0.6	4	0.6	0.6	12
二排	0.7	4	0.6	0.9	11.5
三排	0.5	3	0.5	1	11.5
理想值	1	3	1	1	11

2) 求各指标云模型的期望值和熵。对于 n 个精确数值型的指标,可以用一个云模型来表示,其中:

$$E_x = (E_{x1} + E_{x2} + \dots + E_{xn}) \quad (1)$$

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

同时,对于语言值型的指标也可以用云模型来表示。 n 个语言值(云模型)表示的一个指标可以用一个一维综合云来表示,其中:

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

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

依据上述公式,求得各指标云模型的期望和熵如表6所示。

表6 指标云模型的期望和熵

指 标	任 务	敌方 数量	地形 利用	我方 实力	时 间
期望值	0.6	3.67	0.57	0.83	11.67
熵	0.033	0.167	0.017	0.067	0.083

3) 求加权综合云的重心向量 T 。云的重心向量 $T = a \times b$,其中: a 为云重心的位置 E_x ,代表信息中心值; b 为云重心的高度, $b = w \times 0.37^{[6]}$ 。期望值相同的云可以通过比较云重心高度的不同来区分它们的重要性,即云重心高度反映了相应的云的重要程度。因此,加权综合云的重心向量: $T = E_x \times w \times 0.371$,其中 w 为各指标的权重向量,则:

$$T = (0.077\ 91, 0.054\ 46, 0.052\ 867\ 5, 0.049\ 268\ 8, 0.865\ 914)。$$

理想状态加权综合云的重心向量为:

$$T^0 = (0.129\ 85, 0.044\ 52, 0.092\ 75, 0.059\ 36, 0.816\ 2)$$

4) 将综合云重心向量归一化,归一化的公式为

$$T = \begin{cases} (T_i - T_i^0)/T_i^0 & T_i < T_i^0 \\ (T_i - T_i^0)/T_i & T_i \geq T_i^0 \end{cases} \quad (5)$$

其中 $i=1,2,\dots,5$, T_i 为 T 的各维分量。依据公式(5)得归一化后的综合云重心向量为: $T = (-0.4, 0.18, -0.43, -0.17, 0.057)$,理想状态下为: $T^0 = (0,0,0,0,0)$ 。

5) 计算加权偏离度。加权偏离度用来衡量对进攻方式评价结果的综合云重心与理想状态的综合云重心之间的差异,值越小,表明与理想的效果越接近,反之,越显著。其表达式为

$$\theta = \sum_{i=1}^p (W_i T_i) \quad (6)$$

式中: T_i 为各指标归一化后的结果; W_i 为各指标的权重; p 为指标个数。由式(6)计算出 $\theta = -0.256$,即距离理想状态下的加权偏离度为 0.256。

6) 用云模型实现测评的评语值。将加权偏离度输入测评云发生器后,将激活“较好”和“很好”2 个云对象,激活“较好”云对象的程度大于“很好”的云对象。则对进攻方式的评价可用“介于较好和很好之间,倾向于较好”来说明。

6 结束语

本文运用云理论的知识,通过将云发生器与专家打分法相结合,挖掘出评价进攻方式的各指标因素的权重,之后运用云重心评价法求出对分队所选进攻方式定性的评价结果,该方法融合了主客观信息,较好的处理定性概念向定量的转换,求解过程简单合理且易于在计算机上编程实现,所得的评价结果直观、科学、合理,符合实际。因此,此方法在战场评价领域具有很好的应用前景。

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):15-20.
- [2] 宋远骏,李德毅,杨孝宗. 电子产品可靠性云模型评价方法[J]. 电子学报,2000,28(12):74-76.
- [3] 刘常显,冯芒,戴晓军,等. 基于云 X 信息的逆向云新算法[J]. 系统仿真学报,2004,16(11):2417-2420.
- [4] 郝志本. 坦克兵营连战术教材[M]. 北京: 解放军出版社,1998.
- [5] 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,2007,29(4):90-32.
- [6] 焦利明,于伟,罗均平,等. 基于云重心评判法的指挥自动化系统效能评估[J]. 指挥控制与仿真,2005,27(5):71-74.