

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.009

基于云理论的坦克目标价值评估

孟强, 徐克虎, 李科

(装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072)

摘要: 为了对坦克目标价值进行合理的评估, 建立坦克目标价值的评估模型。将其评价指标分为数值型与语言型, 构造一种新的转换方法将数值型指标归一化; 通过云理论, 构建语言型指标的评价规则及其前后件云模型, 采用云的不确定性推理算法实现了将定性语言定量化的合理转换; 将2类指标加权融合, 得出了合理的目标价值排序。结果表明, 该方法科学、合理、实用, 在坦克指控系统中有较好的应用前景。

关键词: 目标价值; 云理论; 云推理; 评估

中图分类号: N945.16 **文献标识码:** A

Evaluation of Tank Target's Value Based on Cloud Theory

Meng Qiang, Xu Kehu, Li Ke

(Dept. of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: In order to evaluate the tank target's value reasonably, the evaluate model of tank target is built. The indexes are separated into two kinds: quantificational indexes and linguistic indexes. A new conversion method is used to normalize the quantificational index. The cloud model of evaluation rules about linguistic index are built through cloud theory, and then translate the qualitative linguistic words into quantitative values with uncertain illation. Thus the sequence of target value is obtained by calculating the evaluation value combined with the weight of the indexes. Finally, a practical example shows that this method is scientific, reasonable, in accordance with the practical situation and has better application foreground in tank command control system.

Keywords: target value; cloud theory; cloud illation; evaluation

0 引言

由于现代战斗中大量使用各种先进的武器系统和技术装备, 使战场杀伤破坏因素空前增多, 我坦克面对的既有各种近距离杀伤兵器的直接威胁, 又有各种远程袭击兵器的间接攻击, 这就需要坦克乘员在战场上及时正确地判断出各类目标的价值, 以便选择优先的射击目标, 传统的按乘员作战经验决策显然不能满足现代战场对我坦克兵的要求, 加之我军官兵缺乏实战经验, 迫切需要一种自动的指挥控制系统来辅助乘员进行战场目标的排序。但战场中又存在很多重要的非数字化的、模糊的信息, 如何将这重要信息融入坦克指控系统, 是当前指控系统研究的一个难点。故通过云理论的相关知识, 将人的判断信息量化, 并与战场量化信息融合, 最终实现了对战场目标价值的合理排序。

1 评估方法

设 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ 是 m 个待评估对象, $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ 为评价指标体系中的 n 个分指标, 评价指标矩阵为 $V = (v_{ij})_{m \times n}$, 其中, v_{ij} 表示第 i 个评估

对象的第 j 个分指标值。各分指标以其能否量化为标准, 可分为2类: 1) 用精确数值表示的指标, 如目标的相对速度, 相对距离, 相对角度等; 2) 无法用精确数值表示, 只能用模糊语言表示的指标, 如目标的指控能力、目标的相对重要性等; 如果以收支效果为标准, 又可以分为3类: 效益型指标、成本型指标和区间型指标。效益型指标其值越大越好; 成本型指标其值越小越好; 区间型指标以其值落在某一区域为最佳。

由于各分指标具有不同的量纲, 且类型不同, 故指标间具有不可共度性, 难以进行直接比较。因此, 在综合评价前必须把这些分指标按某种标度将其归一化为某一无量纲的量。显然, 此归一化方法的构造是十分重要的, 不同的归一化方法将直接影响最终的评价结果。目前, 对数值归一化过程中大多采用[0,1]区间方法, 但这种转换方法存在3个问题^[1]: 1) 有效转换区间缩短为 $[a, b]$, 且 $0 < a < b < 1$; 2) 当 v_{ij} 中出现次最小值远大于最小值时, 实际有效转换区间将进一步大大缩短, 严重影响转换精度; 3) [0,1]方法在评价中不能体现“奖优罚劣”原则(指对低于平均水平的分指标, 其转换后的战场价值应

收稿日期: 2010-06-21; 修回日期: 2010-08-10

基金项目: 装甲兵工程学院“院战略重点建设项目”

作者简介: 孟强(1986-), 男, 山西人, 硕士, 从事作战评估与军事仿真研究。

为负数)。故笔者对精确数值型与模糊语言型的指标分别构造了不同的转换方法。

1.1 精确数值型指标的评估方法

记第 j 个分指标 p_j 的评价值为 \bar{p}_j :

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ij}}{m} \quad j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

1) 对效益型指标, 记中间变量:

$$M_{ij} = \frac{v_{ij} - \bar{p}_j}{|\bar{p}_j|} \quad (2)$$

2) 对成本型指标, 记中间变量:

$$M_{ij} = \frac{\bar{p}_j - v_{ij}}{|\bar{p}_j|} \quad (3)$$

3) 对区间型指标:

当 $v_{ij} \leq A$ 时, 则 $M_{ij} = \frac{v_{ij} - A}{|A|} \quad (4)$

当 $v_{ij} \geq B$ 时, 则 $M_{ij} = \frac{B - v_{ij}}{|B|} \quad (5)$

当 $B > v_{ij} > A$ 时, 则 $M_{ij} = 0 \quad (6)$

式中: A 、 B 分别为区间型指标的最佳上下界。

则原始指标值按以下公式转化为区间上的相应的数值 Y_{ij} :

$$Y_{ij} = \frac{1 - e^{-M_{ij}}}{1 + e^{-M_{ij}}} \quad (7)$$

$Y_{ij} = f(M_{ij})$ 是一条 S 型曲线, 其曲线形状如图 1 所示。

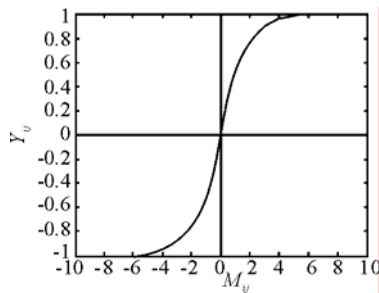


图 1 S 型转换曲线

其中, M_{ij} 反映了原始数据 v_{ij} 偏离平均值 \bar{p}_j 的程度, Y_{ij} 随 M_{ij} 的增长非线性递增。表 1、表 2 分别给出了几种典型情况下 v_{ij} 和 M_{ij} 及 Y_{ij} 之间的关系。

表 1 几个典型输入下的效益型指标 v_{ij} 和 M_{ij} 及 Y_{ij} 之间的关系

v_{ij}	$-2\bar{p}_j$	$-\bar{p}_j$	0	\bar{p}_j	$2\bar{p}_j$	$3\bar{p}_j$	$4\bar{p}_j$
M_{ij}	-3	-2	-1	0	1	2	3
Y_{ij}	-0.905	-0.762	-0.462	0	0.462	0.762	0.905

表 2 几个典型输入下的成本型指标 v_{ij} 和 M_{ij} 及 Y_{ij} 之间的关系

v_{ij}	$-2\bar{p}_j$	$-\bar{p}_j$	0	\bar{p}_j	$2\bar{p}_j$	$3\bar{p}_j$	$4\bar{p}_j$
M_{ij}	3	2	1	0	-1	-2	-3
Y_{ij}	0.905	0.762	0.462	0	-0.462	-0.762	-0.905

从表 1、表 2 可以看出, 本方法和一般的归一化处理不同, 以成本型指标为例, 当原始 v_{ij} 小于平均值 \bar{p}_j 时, 经转换后, 其值大于 0, 原始值越小, 转换值越大, 当原始值 $v_{ij} \leq -2\bar{p}_j$ 时, 转换值接近“饱和”。这样处理的好处是: 防止某一分指标转换值过大, 从而左右整个综合指标, 同样, 当原始值大于平均值, 该项分指标转换值不仅不能加分, 相反还要扣分, 因此, 其转换值取负, 以体现“奖优罚劣”的原则。

1.2 模糊语言型指标的评估方法

1.2.1 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^[2-3]。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, 反映了云的离散程度。云的生成算法称为云发生器。云发生器有很多种, 例如正向云发生器、X 条件云发生器、Y 条件云发生器和逆向云发生器等。

1.2.2 基于云模型的不确定性推理

一条定性规则的形式化可描述为^[4-5]: if A then B。其中, A、B 为语言表示的云对象。云发生器是运用云模型进行不确定性推理的基础, 一个 X 条件云发生器与一个 Y 条件云发生器连接起来就构成了一个单规则发生器。图 2 为单规则发生器示意图。 CG_A 表示对应输入语言值 A 的 X 条件云, CG_B 表示对应输出语言值 B 的 Y 条件云。当输入某一特定的值 x_0 刺激 CG_A 时, CG_A 随机地产生一组值 μ_i (μ_i 反映了对定性规则的激活强度), 该值作为 CG_B 的输入, 控制 CG_B 产生一组随机云滴 $C_{drop}(y_i, \mu_i)$ 。但

通过生成器产生的云滴和输出值都不是唯一的, 也不是确定的, 从而实现不确定推理。

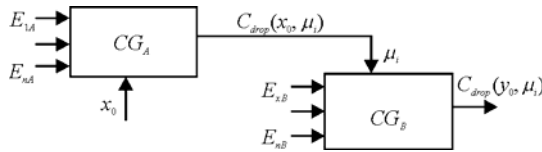


图 2 单规则发生器示意图

对于模糊语言评价型的指标, 这类指标难以用精确数值量化, 只能对其给出诸如很大, 一般等模糊的语言评价, 这种评价既有模糊性, 又存在一定的随机性。同时, 人对各指标的语言评价与目标价值之间存在着一定的正向关系, 基于这种情况, 笔者采用云推理的方法, 将定性语言值表示的评价指标量化为各目标价值的得分, 从而得出目标的价值排序。以“目标的指控能力”为例, 利用专家知识可建立如下的定性推理规则:

- If 指控能力“很强”, then 目标价值得分“很高”
 - If 指控能力“较强”, then 目标价值得分“较高”
 - If 指控能力“强”, then 目标价值得分“高”
 - If 指控能力“不太强”, then 目标价值得分“一般”
 - If 指控能力“一般”, then 目标价值得分“低”
 - If 指控能力“弱”, then 目标价值得分“较低”
 - If 指控能力“很弱”, then 目标价值得分“很低”
- 规则前件的 7 个定性概念可按照常用语义, 并结合专家知识, 将其对应的概念云模型表示如下:

$$\begin{aligned}
 D_{A_2} &= (0.9, 0.066, 0.033) \\
 D_{A_3} &= (0.7, 0.066, 0.033) \\
 D_{A_4} &= (0.5, 0.066, 0.033) \\
 D_{A_5} &= (0.3, 0.066, 0.033) \\
 D_{A_6} &= (0.1, 0.066, 0.033) \\
 D_{A_7} &= (0, 0.016, 0.008)
 \end{aligned}$$

规则后件的 7 个概念, 结合 1.1 所述的转换方法, 可将其对应的概念云表示如下:

$$\begin{aligned}
 D_{B_1} &= (0.9, 0.033, 0.0165) \\
 D_{B_2} &= (0.7, 0.1, 0.033) \\
 D_{B_3} &= (0.4, 0.1, 0.033) \\
 D_{B_4} &= (0, 0.13, 0.033) \\
 D_{B_5} &= (-0.4, 0.1, 0.033) \\
 D_{B_6} &= (-0.7, 0.1, 0.033) \\
 D_{B_7} &= (-0.9, 0.033, 0.0165)
 \end{aligned}$$

利用规则前件云驱动正向云发生器, 产生一组评价值, 取其均值作为 X 条件云发生器的输入, 分别计算它对 7 条云规则前件的 7 个定性概念的确定度, 从中可找出最大值 μ_i , 则规则库中第 i 条规则被激活, 激活强度为 μ_i , 利用单规则生成器生成输出, 作为该因子的评价分。将上述推理器编程实现^[6], 表 3 给出了对于各评价值的 2 次云推理的结果。

表 3 关于各评价值的 2 次云推理的结果

评语	很强	较强	强	不太强	一般	弱	很弱
Y_{ij}	0.9117	0.7491	0.4674	-0.1000	-0.4328	-0.7385	-0.8915
Y_{ij}	0.9094	0.6635	0.3553	0.0301	-0.363	-0.6490	-0.8887

从表 3 可以看出, 基于不确定性推理的结果与精确数值型指标转换后的数值大体保持了一致, 也较好地体现了奖优罚劣的原则, 同时, 结果的不确定性也充分体现了语言评价的模糊性与随机性, 较好地遵从了人的语言评价规律。

1.3 综合评估

将影响目标价值的各指标运用层次分析法得出各指标的权重, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, 综合评价的总价值可由下式求出:

$$J_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot Y_{ij} \tag{8}$$

其中: 如果指标 j 是精确数值型的, 则 Y_{ij} 是经过 § 1.1 所述方法转换后的数值, 如果指标 j 是模糊语言型的, 则 Y_{ij} 为经过 1.2 所述云推理后的数值。按式 (8) 可求得 J_1, J_2, \dots, J_m , 即为各目标价值的数值表示。

2 实例分析

为便于比较验证, 采用文献[7]的例子。某时刻我坦克通过指控系统感知到敌战场目标情况以及相应的指标评价值如表 4。

假设从火箭炮到武装直升机的代号分别为 1~4 号, 其中相对距离、相对速度、相对角度为数值型指标, 而余下的均为语言型指标, 用 $p_1 \sim p_9$ 表示。其中, p_1, p_2, p_9 为成本型指标, 剩下的均为效益型指标。运用 1.1 所述的方法, 得到数值型指标归一化后的数值如表 5。

(下转第 37 页)

按照军用软件标准和规范, 集成装备管理相关业务系统, 构建互联互通互操作的部队装备管理综合信息平台及信息库; 四是创新信息处理手段, 实现制定计划、统计分析、技术状况判定、故障率分析、维修器材消耗统计等功能的自动化。

4 结束语

创新是部队装备管理工作的灵魂, 是保持装备管理工作生机与活力, 提高各层次装备管理者素质和解决装备管理现实问题的有效途径。加强部队装

备管理创新, 必将全面提高部队装备管理水平, 进而提升战斗力。

参考文献:

[1] 郑东良, 杜纯. CALS: 知识经济时代装备管理创新[J]. 科技进步与对策, 2003(7): 117-118.
 [2] 石海明, 孙洪林, 曾华锋. 浅析现代武器装备管理创新的背景[J]. 国防技术基础, 2005(5): 8.
 [3] 汪维余, 屈绍国, 谭雪刚. 军事创新论[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004: 8-18.

(上接第 33 页)

表 4 战场目标及指标价值

目标	相对距离/m	相对速度 /km·h ⁻¹	相对角度 /°	目标类型 威胁度	攻击意图	战术位置	指控能力	对敌 重要性	易毁性
火箭炮	200/300	15	50	不太高	很危险	比较重要	不太强	一般	易毁
无坐力炮	1 000/1 100	15	25	一般	很危险	比较重要	较强	比较重要	易毁
坦克	1 500/2 500	25	0	高	不太危险	很重要	很强	很重要	一般
武装直升机	4 000/8 000	15	90	很高	不太危险	一般	不太强	很重要	难毁

表 5 数值型指标的归一后的指标值

目标代号	Y _{i1}	Y _{i2}	Y _{i3}
1	0.001 5	0.071 3	0.105 7
2	-0.177 5	0.071 3	-0.194 4
3	0.051 5	-0.211 1	-0.462 1
4	0.125 6	0.071 3	0.530 5

运用 1.2 所述的方法, 将云推理发生器用软件编程实现, 之后将语言评价经不确定性云推理后得到的指标值如表 6。

表 6 语言型指标云推理后的指标值

目标代号	Y _{i4}	Y _{i5}	Y _{i6}	Y _{i7}	Y _{i8}	Y _{i9}
1	-0.068 3	0.850 6	0.633 3	-0.071 5	-0.434 6	0.669 6
2	-0.463 9	0.881 7	0.648 4	0.659 4	0.684 2	0.740 1
3	0.380 0	0.070 8	0.889 0	0.885 1	0.874 5	-0.484 3
4	0.884 1	0.012 3	0.135 9	-0.082 4	0.884 1	-0.665 7

各指标的权重向量为:

$w = (0.04, 0.02, 0.05, 0.18, 0.11, 0.15, 0.25, 0.1, 0.1)$, 根据式 (8), 得到目标总价值如表 7。

表 7 各目标的总价值

目标编号	1	2	3	4
总价值	0.188 7	0.402 6	0.444 6	0.215 1

根据战场目标总价值 J_i 的大小, 得到各目标的战场价值排序为: $3 > 2 > 4 > 1$ 。与文献[7]的结果完全一样。从而验证了本模型的实用性与准确度。

3 结束语

该方法的主要优点有:

- 1) 云推理完全融合了模糊性与随机性 2 种因素, 从而能最大限度准确将各指标的战场价值量化。
- 2) 该方法计算结果的准确度取决于云推理器

的准确度, 而云推理器的准确度又取决于专家对各语言值云模型化的准确程度, 只要综合各专家意见, 云推理器的准确度就有保证, 从而该方法就能达到合格的准确度。

3) 因为只需要乘员给出一个定性的评价, 而非给出一个判断的数值, 所以所有的乘员, 不论其是否具有很高的专业知识, 都能轻松做到这一点, 具有较高的实用性与普及性。

综上所述, 该方法易于计算机编程实现, 很容易将程序嵌入坦克指控系统中, 从而能为乘员快速准确的提供决策信息, 为坦克指控系统中评价战场目标价值的自动化提供了一个很好的思路, 具有较好的应用前景。

参考文献:

[1] 戴文战. 基于三层 BP 网络的多指标综合评价方法及应用[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(5): 29-34.
 [2] 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.
 [3] 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.
 [4] 刘桂花. 基于云模型的关联规则研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2007.
 [5] 尹国定, 卫红. 云计算—实现概念计算的方法[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2003, 33(4): 502-506.
 [6] 刘桂花, 宋承祥, 刘弘. 云发生器的软件实现[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(1): 46-48.
 [7] 刘孙奎, 周述栋, 屈洋. 基于模糊多属性决策的反装甲目标战场价值评估[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(4): 70-73.