

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.06.015

基于信息熵的模糊多属性决策方法在装甲团作战方案优选中的应用

邵杰¹, 曹延平¹, 张兆生²

(1. 蚌埠坦克学院 火力运用教研室, 安徽 蚌埠 233050; 2. 蚌埠坦克学院 研究生队, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 针对装甲团作战方案优选中属性值为模糊数的模糊多属性决策问题, 提出一种基于信息熵的模糊多属性决策方法。运用信息熵求出各属性权重, 利用简单加权法来计算方案的模糊效用值, 根据梯形模糊数的期望值排序方法对方案进行排序和择优。实例表明, 基于信息熵的模糊多属性决策方法科学有效、计算简便, 能为指挥员优选作战方案提供参考。

关键词: 模糊多属性决策; 信息熵; 装甲团; 作战方案

中图分类号: O236; C934 **文献标识码:** A

Application of Fuzzy Multi-Attribute Decision Making Method Based on Information Entropy in Armored Regiment Operational Schemes Optimizing

SHAO Jie¹, CAO Yan-ping¹, ZHANG Zhao-sheng²

(1. Staff Room of Firepower Employment, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China;

2. Brigade of Postgraduate, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China)

Abstract: Aiming at the fuzzy multi-attribute decision making which the attribute value is fuzzy number in optimizing operational scheme of armored regiment, introduce a fuzzy multi-attribute decision making method based on information entropy. Use information entropy to acquire the attribute weighting. On the basis of additive weighting, the fuzzy utility values of alternatives are obtained. Alternatives are ranked and selected by using the expected value method of ranking trapezoid fuzzy numbers. The example shows that the fuzzy multi-attribute decision making method is scientifically, effectively, easy to calculate and can provide reference to commander for choosing the optimal operation plan.

Keywords: Fuzzy multi-attribute decision making; Information entropy; Armored regiment; Operational schemes

0 引言

装甲团作战方案的选择是否合理, 将直接关系到装甲团作战效能的发挥和成败。装甲团指挥员在制定方案时, 需要对影响作战方案的诸多因素进行综合分析评估, 以便从数个作战方案中选择最佳作战方案。目前对作战方案优选的研究方法主要有: 神经网络模型^[1]、D-S 证据理论模型^[2]、最优线性分派决策模型^[3]、DEA 方法^[4]等。在装甲团作战方案优选问题中, 由于需要从多个指标或准则的角度来进行评价, 给方案的优选带来困难。模糊多属性方法是在模糊环境下, 对具有多个相互冲突、定性与定量指标并存的多个方案进行评价及择优的方法。信息熵为多属性决策提供了一种实用有效的获得最优目标权重的方法, 因此, 在属性权重完全未知的情况下, 可以通过计算属性的信息熵得到属性的权重, 进而可以应用多属性决策方法对方案进行排序和择优。故针对属性值为模糊数的模糊多属性决策问题, 给出基于信息熵的模糊多属性决策方法。

1 基于信息熵的多属性决策方法优选模型

1.1 基于信息熵的多属性决策方法

熵 (Entropy) 是 1850 年由德国物理学家克劳修斯提出的。后来, 美国学者香农将熵的概念引入信息论中, 以此来描述随机事件的不确定性的量度。

模糊多属性决策方法由方案集、属性集和模糊决策矩阵 3 个要素构成, 其决策过程为:

1) 确定属性的权重, 并选择适当的模糊算子将模糊属性和属性权重结合成为代表方案价值的模糊效用值; 2) 运用模糊数排序方法对方案的模糊效用值进行排序, 以确定最优方案。

对于属性值为梯形模糊数的多属性决策问题, 设 $x = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 为待选方案集, $u = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为属性集, $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n}$ 为模糊决策矩阵, 其中 $\tilde{a} = (a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3}, a_{ij4})$ 非负梯形模糊数, 表示方案 x_i 关于属性 u_j 下的属性值。属性权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 未知, $\omega_j > 0$, $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ 。决策的目的是从 x 中找出 $k (k \leq m)$ 个满意方案或 1 个最优方案。

为了消除不同物理量纲对决策结果的影响, 采

收稿日期: 2010-01-30; 修回日期: 2010-03-17

作者简介: 邵杰 (1983-), 男, 安徽人, 从事装甲兵作战指挥研究。

用下列公式将模糊决策矩阵 $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n}$ 中的效益型和成本型指标转化为规范化矩阵 $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$:

$$\text{效益型: } \tilde{r}_{ij} = \left\{ \frac{a_{ij1}}{p_j}, \frac{a_{ij2}}{p_j}, \frac{a_{ij3}}{p_j}, \frac{a_{ij4}}{p_j} \right\}, i \in M, j \in I_1 \quad (1)$$

$$\text{成本型: } \tilde{r}_{ij} = \left\{ \frac{p_j - a_{ij4}}{p'_j}, \frac{p_j - a_{ij3}}{p'_j}, \frac{p_j - a_{ij2}}{p'_j}, \frac{p_j - a_{ij1}}{p'_j} \right\}, i \in M, j \in I_2 \quad (2)$$

其中, I_1 、 I_2 分别表示效益型和成本型属性的下标集, 并记 $M = \{1, 2, \dots, m\}, N = \{1, 2, \dots, n\}$;

$$p_j = \max \{a_{ij4}, i \in M\}, p'_j = \max \{p_j - a_{ij1}, i \in M\}。$$

一般来说, 某个属性的属性值变异程度越大, 信息熵越小, 该属性提供的信息量就越大, 即该属性在方案排序中所起的作用越大, 从而该属性的权重也应该越大; 反之, 某个属性的属性值变异程度越小, 信息熵越大, 该属性提供的信息量就越小, 即该属性在方案排序中所起的作用越小, 从而该属性的权重也应该越小。

1.2 模型的计算

根据文献[5], 给出一种基于信息熵的模糊多属性决策方法, 具体计算步骤如下:

步骤 1: 根据式 (1) 和式 (2) 将模糊决策矩阵 $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n}$ 转化为规范化矩阵 $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$;

步骤 2: 根据规范化矩阵 $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$, 计算列归一化矩阵 $\bar{R} = [\bar{r}_{ij}]_{m \times n}$;

$$\text{其中, } \bar{r}_{ij} = \frac{E[\tilde{r}_{ij}]}{\sum_{i=1}^m E[\tilde{r}_{ij}]}, i \in M, j \in N \quad (3)$$

其中, E 为期望值算子。利用文献[6]中期望值的定义, 对梯形模糊数 $\tilde{r} = (r_1, r_2, r_3, r_4)$, 有 \tilde{r} 的期望值为:

$$E[\tilde{r}] = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 / 4 \quad (4)$$

步骤 3: 计算属性 u_j 输出的信息熵

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} (0.46, 0.54, 0.69, 0.85) & (0.69, 0.77, 0.92, 1.00) & (0.43, 0.48, 0.57, 0.62) & (0.25, 0.50, 0.50, 0.75) \\ (0.54, 0.62, 0.69, 0.77) & (0.69, 0.77, 0.85, 0.92) & (0.90, 0.95, 0.95, 1.00) & (0.38, 0.50, 0.63, 0.75) \\ (0.69, 0.69, 0.92, 0.92) & (0.77, 0.77, 1.00, 1.00) & (0.48, 0.57, 0.67, 0.76) & (0.63, 0.75, 0.88, 1.00) \\ (0.77, 0.85, 0.92, 1.00) & (0.00, 0.15, 0.31, 0.46) & (0.14, 0.24, 0.33, 0.43) & (0.38, 0.63, 0.63, 0.88) \\ (0.85, 0.92, 0.92, 1.00) & (0.15, 0.31, 0.46, 0.62) & (0.00, 0.14, 0.14, 0.38) & (0.50, 0.63, 0.75, 0.88) \end{bmatrix}$$

2.4 确定 \tilde{R} 的期望值矩阵

由式 (4) 确定 \tilde{R} 的期望值矩阵为:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m \bar{r}_{ij} \ln \bar{r}_{ij}, j \in N \quad (5)$$

当 $\bar{r}_{ij} = 0$ 时, 规定 $\bar{r}_{ij} \ln \bar{r}_{ij} = 0$;

步骤 4: 计算属性权重向量

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j, \dots, \omega_n)$$

$$\text{其中, } \omega_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{k=1}^n (1 - E_k)}, j \in N \quad (6)$$

步骤 5: 利用 $\tilde{z}_i = \sum_{j=1}^n \bar{r}_{ij} \omega_j$ 计算方案 x_i 的模糊效用

值 \tilde{z}_i , 并由式 (6) 计算 $E[\tilde{z}_i] (i \in M)$, 得到各方案的计算结果。进而就可以对方案进行排序和选优。

2 装甲团作战方案优选

2.1 作战方案决策因素集

红军某装甲团根据当前战场情况及未来发展趋势, 初步拟定了 5 套作战方案及其每套方案的作战目的 u_1 、作战方法 u_2 、作战部署 u_3 和作战协调 u_4 。

2.2 确定指标属性值

由于各种因素对制定作战方案的影响, 各种属性的属性值是以梯形模糊数形式给出的, 见表 1。

表 1 各指标的属性值

方案	指标			
	u_1	u_2	u_3	u_4
x_1	(6,7,9,11)	(1.5,2,3,3.5)	(10,11,13,14)	(0.2,0.4,0.4,0.6)
x_2	(7,8,9,10)	(2,2.5,3,3.5)	(2,3,3,4)	(0.3,0.4,0.5,0.6)
x_3	(9,9,12,12)	(1.5,1.5,3,3)	(7,9,11,13)	(0.5,0.6,0.7,0.8)
x_4	(10,11,12,13)	(5,6,7,8)	(14,16,18,20)	(0.3,0.5,0.5,0.7)
x_5	(11,12,12,13)	(4,5,6,7)	(15,20,20,23)	(0.4,0.5,0.6,0.7)

2.3 将模糊决策矩阵转化为规范化矩阵

在各属性中, u_1 、 u_4 为效益型属性, u_2 、 u_3 为成本型属性。由式 (1) 和式 (2) 将模糊决策矩阵 $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n}$ 转化为规范化矩阵 $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ 。

$$Q = [E[\tilde{r}_{ij}]]_{m \times n} = \begin{bmatrix} 0.635 & 0.845 & 0.525 & 0.500 \\ 0.655 & 0.808 & 0.950 & 0.565 \\ 0.805 & 0.885 & 0.620 & 0.815 \\ 0.885 & 0.230 & 0.285 & 0.630 \\ 0.923 & 0.385 & 0.165 & 0.690 \end{bmatrix}$$

(下转第 53 页)

$$Y = \begin{bmatrix} C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 \\ 0.51 & 40 & 0.85 & 0.45 & 0.80 & 0.45 & 12300 & 20650 \\ 0.55 & 35 & 0.7 & 0.48 & 0.68 & 0.49 & 15211 & 22200 \\ 0.76 & 26 & 0.64 & 0.65 & 0.62 & 0.66 & 12650 & 19870 \\ 0.82 & 30 & 0.41 & 0.71 & 0.40 & 0.70 & 18300 & 17680 \end{bmatrix} \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix}$$

采用基于正负理想点的距离评估方法进行编配方案的效能评估。确定评估系数如下:

- CA1=0.056 5
- CA2=0.158 0
- CA3=0.632 3
- CA4=0.920 2

可见, CA4> CA3> CA2> CA1, A4 与正理想点最接近, 即方案 4 较其他方案优。也就是换装单兵数字化装备的机械化步兵分队编配方案较其它方案更有利于城市作战。

5 结束语

(上接第 46 页)

参考文献:

- [1] 王瑞龙, 吴晓锋, 冷画屏. 对敌战场意图识别的若干问题[J]. 舰船电子工程, 2004, 24(6): 4-6.
- [2] 冷画屏, 吴晓锋, 余永权. 对抗意图识别技术研究现状及突破途径[J]. 电光与控制, 2008, 15(4): 54-58.
- [3] 胡剑光, 吴晓锋, 冷画屏. 海战场对敌战术意图识别技术研究[J]. 舰船电子工程, 2007, 27(3): 8-12.
- [4] 殷卫斌. 对敌水面舰艇作战意图识别研究[D]. 广州: 海军广州舰艇学院, 2002.
- [5] 庄晋林. 一个体现战术意图的博弈树搜索算法[J]. 华北水利水电学院学报, 1997, 18(3): 60-64.
- [6] 袁再江, 许国志, 邓述慧. 序贯博弈作战意图预测模型[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 18(7): 70-76.
- [7] 冷画屏, 吴晓锋. 对敌舰艇作战意图的识别技术[J]. 人工智能与模式识别, 2004, 24(3): 55-57.
- [8] 张少艳. 信息熵在教学质量分析中的应用[J]. 红河学院学报, 2007, 5(2): 77.

(上接第 48 页)

2.5 求列归一化矩阵

由式 (3) 计算列归一化矩阵:

$$\bar{R} = \begin{bmatrix} 0.316 3 & 0.268 1 & 0.206 3 & 0.156 3 \\ 0.167 8 & 0.256 1 & 0.373 3 & 0.176 5 \\ 0.206 3 & 0.280 7 & 0.243 6 & 0.254 7 \\ 0.226 8 & 0.073 0 & 0.112 0 & 0.196 9 \\ 0.236 4 & 0.122 1 & 0.064 8 & 0.215 6 \end{bmatrix}$$

2.6 计算属性的信息熵和权重向量

根据式 (5) 计算属性的信息熵: $E_1 = 0.992 9$,

$$E_2 = 0.935 8, E_3 = 0.907 1, E_4 = 0.991 2。$$

该系统实现了红蓝双方步兵分队在城市作战条件下的对抗仿真, 在陆军装备城市作战能力分析、单兵综合装备城市作战效能评估、城市作战步兵分队编配方案对比等方面发挥了一定的作用。

参考文献:

- [1] 陈志诚, 杨克巍, 岑凯辉, 等. 基于效能评估的坦克作战联邦设计与实现[J]. 计算机仿真, 2005, 22(10): 250-253.
- [2] 郭齐胜, 郭志刚, 杨瑞平, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [3] 邵卓, 邱晓刚. 基于 HLA 的战场攻防仿真系统设计研究[J]. 计算机仿真, 2005, 22(10): 246-249.
- [4] 焦逊, 陈永光, 李修和. 基于 HLA 的星载 SAR 电子干扰效能评估仿真系统设计[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 349-352.

根据式 (6) 计算属性权重向量: $\omega_1 = 0.041 0$, $\omega_2 = 0.371 1$, $\omega_3 = 0.537 0$, $\omega_4 = 0.050 9$ 。

利用 $\tilde{z}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{r}_{ij} \omega_j$ 计算方案 x_i 的模糊效用值 \tilde{z}_i ,

并由式 (4) 计算 $E[\tilde{z}_i](i=1, 2, 3, 4, 5)$: $E[\tilde{z}_1]=0.647 0$, $E[\tilde{z}_2]=0.865 4$, $E[\tilde{z}_3]=0.735 9$, $E[\tilde{z}_4]=0.306 8$, $E[\tilde{z}_5]=0.304 4$ 。从而得到作战方案的优劣排序为: $x_2 \succ x_3 \succ x_1 \succ x_4 \succ x_5$ 。即最优作战方案为 x_2 。

3 结束语

该方法利用信息熵求出各属性权重, 进而基于加权法则和期望值算子^[6], 获得了方案的排序及优选。实例表明, 基于信息熵的模糊多属性决策方法科学有效、计算简便, 为解决模糊多属性决策问题提供了一种新思路。

参考文献:

- [1] 陈培彬. 炮兵指挥决策中优选作战方案的神经网络模型[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(2): 78-80.
- [2] 王超, 王西田, 张道延. 基于 D-S 证据理论的炮兵作战方案优选[J]. 兵工自动化, 2008, 27(6): 32-37.
- [3] 李勇, 杨光, 尤志锋. 大区域防空条件下防空兵作战方案的优选[J]. 现代防御技术, 2005, 33(5): 1-4.
- [4] 安静, 孟祥劝, 郭栋, 等. DEA 方法在防空作战方案优选中的应用[J]. 指挥控制与仿真, 2006, 28(3): 68-71.
- [5] Hwang C L, Yoon K S. Multiple attribute decision making and application [M]. New York: Spinger Verlag, 1981.
- [6] Liu B. Theory and practice of uncertain programming[M]. Heidelberg: Physcia-Vdrlag, 2002.