

文章编号: 1006-1576 (2008) 06-0032-03

基于 D-S 证据理论的炮兵作战方案优选

王超¹, 王西田², 张道延¹

(1. 解放军炮兵学院 五系, 安徽 合肥 230031;
2. 南昌陆军学院 炮兵教研室, 江西 南昌 330000)

摘要: 针对炮兵作战方案的选择, 建立炮兵作战方案优选的评价体系, 提出运用 D-S 证据推理理论优选炮兵作战方案的新途径。其运用 D-S 证据组合公式对炮兵作战方案优选过程中繁杂、不确定信息进行融合, 将具有主观不确定性信息的炮兵作战方案优选问题转化为普通的确定性决策问题。实例证明了该方法的有效性。

关键词: 作战方案; D-S 证据理论; 指标体系

中图分类号: E271.4 **文献标识码:** A

Optimizing Operational Schemes of Artillery Based on D-S Theory

WANG Chao¹, WANG Xi-tian², ZHANG Dao-yan¹

(1. Dept. 5th, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China;
2. Staff Room of Artillery, Nanchang Military Academy, Nanchang 330000, China)

Abstract: To selections of artillery operational schemes, establish system of evaluating targets value, and propose a new approach for seeking optimal method of artillery operational schemes with Dempster-Shafer theory, this method synthesized the uncertainty information together with D-S combination formula, so it transferred uncertain problems of seeking optimal method of artillery operational schemes into simple certain decision-making ones. Results of simulation proved the validity of this method.

Keywords: Operational proposal; Dempster-Shafer (D-S) theory; Index system

0 引言

炮兵作战方案的选择, 是炮兵作战指挥决策的关键环节, 其合理与否, 直接关系到炮兵作战效能的发挥和作战的成败。故建立了炮兵作战方案优选的评价体系, 提出一种运用 D-S 证据推理理论对炮兵作战方案优选的新途径, 该方法运用 D-S 证据组合公式对炮兵作战方案优选中繁杂、不确定信息进行融合, 能够消除炮兵作战方案优选中信息的不确定性, 从而将具有主观不确定性信息的炮兵作战方案优选问题转化为普通的确定性决策问题。

1 炮兵作战方案的内容及指标体系的建立

1.1 炮兵作战方案的内容

炮兵作战方案是关于炮兵部队作战行动实施办法的设想。高技术条件下作战, 战场情况瞬息万变, 炮兵作为地面火力突击的骨干力量, 担负着重要的作战任务, 找出最佳作战方案并对其进行优化是炮兵完成作战任务的前提条件。炮兵作战方案的内容包括: ① 炮兵各部(分)队的战斗任务; ② 炮兵的战斗部署; ③ 火力计划的方案; ④ 开进、展开和完成战斗准备的时间; ⑤ 射击指挥的方式、方

法, 各种保障措施; ⑥ 炮兵战斗队形转移方案。

1.2 炮兵作战方案的指标体系

在建立优选炮兵作战方案指标体系的过程中, 要依据炮兵作战方案的内容, 既要全面考虑各种影响因素, 又要对各因素进行适当的取舍, 对一些没有直接影响的指标必须忽略; 对有相似影响的因素要进行合并归整; 对因素的分布广度和代表性也要进行适当考虑。在以上分析的基础上, 结合评估操作的实际情况, 建立指标体系, 其结构如图 1。

(1) 效益性。效益性指标是对作战目标的实现程度在数量上和质量上的综合评价。在不同的作战环境中, 效益含有不同的内容。对于进攻战斗炮兵作战方案的效益性指标而言, 有资源消耗和毁伤目标总价值 2 种形式。

(2) 难易性。难易性指标是作战方案实施难度大小的量度。作战方案实施难度的大小受多个因素制约, 这里仅考虑 2 个最重要的因素: 因素包括所需兵力、弹药消耗量和敌我作战潜能的发挥。

(3) 安全性。炮兵战斗单位的安全性是指炮兵战斗单位在遂行某作战任务时的生存能力, 主要包

收稿日期: 2008-01-12; 修回日期: 2008-02-03

基金项目: 全军军事科研“十一五”规划课题(06GJ103-022)

作者简介: 王超(1981-), 男, 吉林人, 炮兵学院在读硕士, 从事兵种战术研究。

括平均发射时间和平均发射次数。

(4) 有效性。有效性指标是在作战中完成各时节作战任务有效程度的量度。有效性指标可用完成任务的概率和是否符合上级意图来衡量。完成任务的概率指在各作战时节完成预定作战任务的概率。

(5) 适应性。适应性指标是关于作战方案对战场情况变化的适应程度的量度。考虑作战方案对战场环境情况变化的适应度,就是要分析作战方案的弹性如何。战场复杂多变,往往会出现各种难以预见的重大变化,因此作战方案应具有适应这种变化的能力。可以用应变能力和预备兵力去度量。

根据上述5个因素,采用问卷调查和专家打分及计算机模拟方式能够得出炮兵作战方案估测值。

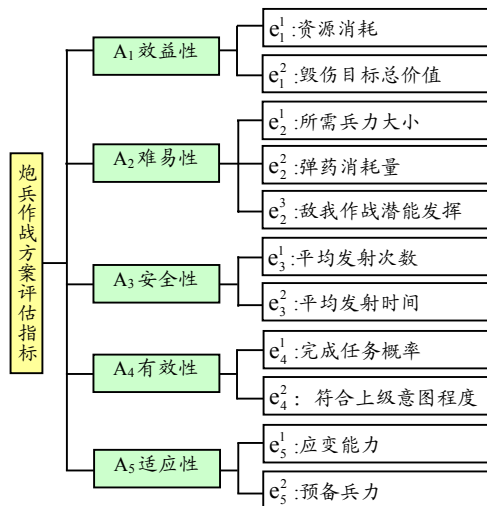


图1 指标体系结构

2 炮兵作战方案优选的证据组合算法

2.1 D-S 证据理论的组合公式^[2,3]

设 Bel_1 和 Bel_2 为同一辨识框架 Θ 上的2个信任函数, m_1 和 m_2 是其基本可信度, $\forall A \subseteq \Theta$ 且 $m(A) > 0$, 则 A 称为焦元, 焦元分别为 A_1, A_2, \dots, A_k 和 B_1, B_2, \dots, B_l 。

设 $\sum_{A_i \cap B_j} m_1(A_i) m_2(B_j) < 1$, 则由下式定义的函数 m :

$2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 是基本可信度分配。

当 $A = \emptyset$, $m(A) = 0$; 当 $A \neq \emptyset$,

$$m(A) = \frac{\sum_{A_i \cap B_j = A} m_1(A_i) m_2(B_j)}{1 - \sum_{A_i \cap B_j = \emptyset} m_1(A_i) m_2(B_j)} \quad (1)$$

多个信任函数的组合定理: 设 $Bel_1, Bel_2, \dots, Bel_n$ 为同一辨识框架 Θ 上的多个可信任函数, m_1, m_2, \dots, m_n 分别是其对应的基本可信度, 如果 $Bel_1 \oplus Bel_2 \oplus \dots \oplus Bel_n$ 存在且基本可信度为 m , 则 n 个

可信度函数的组合为: $(Bel_1 \oplus Bel_2 \oplus Bel_3) \oplus \dots \oplus Bel_n$, 式中 \oplus 表示直和, 由组合证据获得最终证据与其次序无关。

2.2 炮兵作战方案优选的证据组合算法

假设 $S = \{S_1, S_2, \dots, S_u\}$ 表示 u 个可能的作战方案集; $A = \{A_1, A_2, \dots, A_v\}$ 表示 v 个主因素的集; $E_i = \{e_i^1, e_i^2, \dots, e_i^m\}$ 表示主因素 A_i 的相关独立子因素集; $H_i = \{h_i^1, h_i^2, \dots, h_i^n\}$ 表示指标 A_i 的评价等级集; C_{ijk}^r ($0 \leq C_{ijk}^r \leq 1$) 表示第 r 个决策者 ($DM_r, i=1, 2, \dots, D$) 针对目标 S_j 关于指标 A_i 中的子因素 e_i^k 给出的对应于评价等级 h_i^k 的评价值。

Step1: 利用证据组合公式(1), 将因素 $e_i^1, e_i^2, \dots, e_i^m$ 下的信任函数 $m_{ji}^r(h_i^k) = C_{ijk}^r$ 进行组合^[4], 形成作战方案在该主因素下的综合评价, 即主因素 A_i 的评语模糊集 $M_{ji}^r(H_i)$, 亦即 $M_{ji}^r(H_i) = \{m_{ji}^r(h_i^k) | r=1, 2, \dots, D; k=1, 2, \dots, n_i\}$ 。可以分别求出各决策者关于目标 S_j 在指标 A_i 上的模糊评语集。

Step2: 针对各决策者 $DM_r (r=1, 2, \dots, D)$ 关于方案 S_j 在指标 A_i 上的模糊评语集 $M_{ji}^r(H_i)$, 再次利用证据组合公式进行信息融合, 形成关于方案 S_j 在指标 A_i 上的群体偏好信息(模糊评语集) $M_{ji}(H_i)$, 即: $M_{ji}(H_i) = \{m_{ji}(h_i^k) | k=1, 2, \dots, n_i\}$ 。

Step3: 求出关于方案 S_j 在指标 A_i 上的“确定性”评价 d_{ji} , 即:

$$d_{ji} = \sum_{k=1}^n p(h_i^k) m_{ji}(h_i^k), j=1, 2, \dots, u; i=1, 2, \dots, v \quad (2)$$

其中 $p(h_i^k)$ 为评价等级 h_i^k 的权重系数, 这样就将原来的具有主观不确定性信息的炮兵作战方案优选问题转化为普通的确定性决策问题。

Step4: 针对得到的确定性多属性决策问题, 可利用成熟的方法如加权法或理想点法^[5], 进一步对作战方案进行最终的排序。

3 实例

根据以上建立的指标体系, 假定有3种炮兵作战方案。

挑选3名专家(即 $DM_r, r=1, 2, 3$), 分别对每个指标进行评估(假设3名评判人员的重要程度是相同的), 评价等级分为三级: $H_i = \{h_i^1, h_i^2, h_i^3\} = \{\text{不重要, 一般重要, 很重要}\} (i=1, 2, 3)$, 专家给出的具

体评价信息分别如表 1~表 5 所示, 可看出评价信息具有不确定性。

表 1 关于方案效益性 (A_1) 的评价信息

作战方案		DM ₁			DM ₂			DM ₃		
		h_2^1	h_2^2	h_2^3	h_2^1	h_2^2	h_2^3	h_2^1	h_2^2	h_2^3
S ₁	e_1^1		0.1	0.9		0.2	0.5		0.2	0.6
	e_1^2	0.1	0.1	0.8		0.1	0.8		0.2	0.7
S ₂	e_1^1		0.2	0.8		0.1	0.9		0.1	0.7
	e_1^2		0.1	0.7		0.3	0.6	0.2		0.8
S ₃	e_1^1	0.5	0.3		0.4	0.3		0.4	0.1	
	e_1^2	0.4		0.2	0.1		0.5	0.1	0.4	

其中 S₁、S₂、S₃ 分别为 3 种炮兵作战方案。 e_1^1 : 资源消耗; e_1^2 : 毁伤目标总价值。

表 2 关于方案难易性 (A_2) 的评价信息

作战方案		DM ₁			DM ₂			DM ₃		
		h_4^1	h_4^2	h_4^3	h_4^1	h_4^2	h_4^3	h_4^1	h_4^2	h_4^3
S ₁	e_2^1	0.3	0.4	0.3		0.5	0.3		0.5	0.4
	e_2^2	0.5	0.2	0.1	0.4	0.3		0.4	0.3	
	e_2^3		0.6	0.3	0.1	0.4	0.4	0.2	0.5	0.3
S ₂	e_2^1	0.2	0.2	0.6	0.1	0.1	0.7		0.2	0.8
	e_2^2	0.1	0.1	0.8	0.1	0.2	0.7		0.1	0.9
	e_2^3	0.1		0.9	0.2	0.1	0.7		0.1	0.7
S ₃	e_2^1	0.2	0.1	0.7	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.4
	e_2^2	0.3	0.1	0.6	0.2	0.2	0.6	0.3	0.1	0.5
	e_2^3	0.4	0.1	0.5	0.4	0.5		0.2	0.6	

e_2^1 : 所需兵力大小; e_2^2 : 弹药消耗量; e_2^3 : 敌我作战潜能发挥。

表 3 关于方案安全性 (A_3) 的评价信息

作战方案		DM ₁			DM ₂			DM ₃		
		h_3^1	h_3^2	h_3^3	h_3^1	h_3^2	h_3^3	h_3^1	h_3^2	h_3^3
S ₁	e_3^1	0.8	0.1		0.9	0.1		0.6	0.2	
	e_3^2		0.2	0.7		0.1	0.9		0.3	0.5
S ₂	e_3^1		0.3	0.7		0.2	0.8		0.1	0.8
	e_3^2		0.2	0.6		0.1	0.8		0.3	0.5
S ₃	e_3^1		0.2	0.8		0.3	0.7		0.1	0.8
	e_3^2		0.3	0.6	0.2		0.7		0.2	0.6

e_3^1 : 平均发射次数; e_3^2 : 平均发射时间。

按照 step1, 用证据组合公式 (1), 首先对指标 A₁ 中的专家 DM₁ 对目标 S₁ 子因素 e_1^1 、 e_1^2 进行组合, 即: $K=0.4*0.1+0.4*0.8+0.5*0.1=0.41$ 。

$$m(h_1^1)=0.1*0.1/1-0.41=0.0169$$

$$m(h_1^2)=0.4*0.1/1-0.41=0.0679$$

$$m(h_1^3)=0.5*0.8+0.1*0.8+0.5*0.1/1-0.41=0.8983$$

$$m(U)=0.1*0.1/1-0.41=0.0169$$

表 4 关于方案有效性 (A_4) 的评价信息

作战方案		DM ₁			DM ₂			DM ₃		
		h_5^1	h_5^2	h_5^3	h_5^1	h_5^2	h_5^3	h_5^1	h_5^2	h_5^3
S ₁	e_4^1	0.2	0.5	0.1	0.3	0.4	0.2	0.6	0.2	0.2
	e_4^2	0.1	0.6	0.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.6	0.2
S ₂	e_4^1		0.2	0.7		0.2	0.8		0.1	0.7
	e_4^2		0.3	0.6		0.1	0.9		0.2	0.8
S ₃	e_4^1		0.5	0.3		0.4	0.2		0.7	0.2
	e_4^2		0.6	0.2		0.5	0.4	0.1	0.8	0.1

e_4^1 : 完成任务概率; e_4^2 : 符合上级意图程度。

表 5 关于方案适应性 (A_5) 的评价信息

作战方案		DM ₁			DM ₂			DM ₃		
		h_1^1	h_1^2	h_1^3	h_1^1	h_1^2	h_1^3	h_1^1	h_1^2	h_1^3
S ₁	e_5^1		0.4	0.5	0.1	0.4	0.4		0.3	0.7
	e_5^2	0.1		0.8	0.2	0.5			0.5	0.4
S ₂	e_5^1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.2	0.6	0.1		0.6
	e_5^2	0.4	0.2	0.3	0.5	0.2		0.2	0.6	
S ₃	e_5^1	0.4	0.3		0.2	0.5		0.1	0.4	
	e_5^2	0.2	0.4		0.1		0.4	0.1	0.5	

e_5^1 : 应变能力; e_5^2 : 预备兵力。

同理可得专家 DM₂ 对目标 S₁ 子因素 e_1^1 、 e_1^2 组合结果为 $m(h_1^1)=0.1586$, $m(h_1^2)=0.7864$, $m(h_1^3)=0.0678$; 专家 DM₃ 对目标 S₁ 子因素 e_1^1 、 e_1^2 组合结果为 $m(h_1^1)=0$, $m(h_1^2)=0.3400$, $m(h_1^3)=0.6600$; 然后按照 step2 将 3 位专家对指标 A₁ 的主因素 A₁ 进行组合, 可得 $m(h_1^1)=0.1028$, $m(h_1^2)=0.5670$, $m(h_1^3)=0.8505$; 在按照 step3 式 (2), 假设 3 个等级权重相同, 即 $m(A_1)=0.1028*1/3+0.567*1/3+0.8505*1/3=0.5680$; 对 A₂、A₃、A₄、A₅ 分别按照 A₁ 的步骤求之。其结果如表 6。

表 6 炮兵作战方案对单个评价指标的概率分配值

评价指标 作战方案	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
S ₁	0.568	0.537	0.735	0.785	0.579
S ₂	0.588	0.513	0.702	0.750	0.621
S ₃	0.514	0.501	0.710	0.694	0.615

最后, 采用加权法, 这里取每个指标的权重相同, 经计算后得到各作战方案的综合评价结果是: S₁=0.6408、S₂=0.6348、S₃=0.6068。因此这 3 种作战方案的综合排序结果是: S₁>S₂>S₃。

(下转第 37 页)

估的专家根据自己对评估项目的判断进行选择。

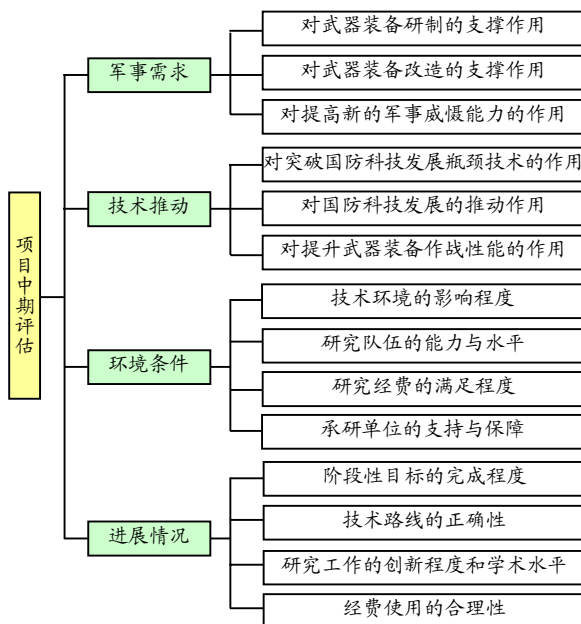


图 3 国防预研项目中中期评估指标体系

在选择几个项目开展国防预研项目中中期评估的试评估后，评估专家组认为图 3 的指标之间存在逻辑交叉、表述不明确等问题，对项目运行过程中数据采集能力不强。为此，可作改进，对某些指标进行逻辑合并与精简，以增强其可操作性。对预研项目的预期绩效评估中加入风险评估的内容。改进后的指标体系主要针对研究目标（战略需求）、研究进度（节点控制）、研究绩效（技术突破）和组织管理（风险管理）等 4 个维度展开评估。这种指标体系建立的方法思想仍是全面评估综合管理的思想，一方面采用了项目研发的全面风险管理模式，另一方面突出了军事需求对项目研发的牵引作用。

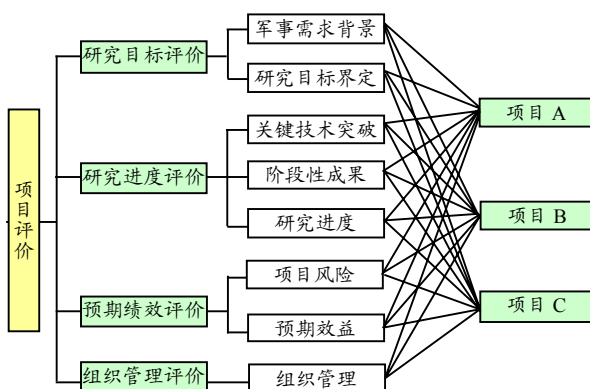


图 4 改进后的预研项目中中期评估指标体系

根据图 4，可设计出中期评估总体情况评估的打分表，以获得所有参与中期评估项目的基本数据信息，成为评估专家开展项目评估的依据。在评估

开始后，评估专家综合平衡项目利益相关者各方的偏好意见，根据打分加权平均，计算出的数值如果合格，一般认为通过了中期评估。项目运行的总体情况评估是下一步对预先研究项目进行优选评估的信息参考和决策依据。

4 结束语

在分析国防预研项目中中期评估特点的基础上，设计了一套适用于国防预研项目中中期评估的评价指标体系。该指标体系的建立，有助于更加客观准确地完成国防预研项目的中期评估工作，也有助于为国防预研计划的调整提供科学的决策依据。

参考文献：

- [1] 张连超. 美军高技术项目的管理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997.
- [2] 黄谦, 张最良, 李梦汶, 等. 国防装备规划方案的风险评估与决策研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2005, 19 (3): 3-7.
- [3] 方绍辉. 国防预研项目管理中的评价研究[D]. 西安: 西北工业大学, 1998.
- [4] 沈建明. 国防高技术项目管理概论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [5] 王保强. 关于项目中评价的理论与方法研究[D]. 西安: 西北工业大学, 1998.

(上接第 34 页)

4 结束语

利用 D-S 证据理论作为处理不确定信息的有效办法已广泛用于各行各业。将该理论应用于炮兵作战方案优选中，实例表明该方法可行。但还有一些问题需研究，如当证据的权重不同时，如何去规范证据后再运用此方法；此方法计算量繁杂，若要提高炮兵战场指挥的人工智能及辅助决策，还需优化算法，利用数学模型进行编程、制作应用软件。

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, (2): 78-80.
- [2] 何友, 王国宏, 彭应宁. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [3] 李伟生. 基于模糊逻辑和 D-S 证据理论的一种态势估计方法[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25 (10): 1278-1280.
- [4] 符永军, 张永顺. 地面防空火力单元基于 D-S 理论选择反导防御手段[J]. 火力与指挥控制, 2004, (4): 39-40.
- [5] 苏羽. 基于贝叶斯网络的态势评估诊断模型[J]. 东北大学学报, 2006, 26 (8): 739-742.