

doi: 10.7690/bgzd.2015.09.003

不完全信息的火力打击效能直觉模糊评估

周存宝¹, 高明²

(1. 南京炮兵学院军事运筹中心, 南京 211132; 2. 中国人民解放军 71571 部队司令部, 山东 烟台 265500)

摘要: 针对陆军合成部队火力打击效能评估中属性值信息存在一定缺失的问题, 提出利用直觉模糊相似度函数方法对残缺属性值信息进行补充。建立火力打击行动效能评估指标, 给出群决策模型及其方法步骤, 并以实例对模型进行求解。结果表明: 该方法模型简捷方便, 能广泛适用于属性值信息残缺的群决策, 较好地处理信息化条件下存在一定信息残缺的作战能力评估问题。

关键词: 残缺属性值; 火力打击; 直觉模糊数; 多属性群决策

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

The Intuitionistic Fuzzy Evaluation of Fire Fighting Efficiency with Incomplete Information

Zhou Cunbao¹, Gao Ming²

(1. Military Operation Research Center, Nanjing Artillery Academy, Nanjing 211132, China;
2. Command, No. 71571 Unit of PLA, Yantai 265500, China)

Abstract: Aiming at the problems of imperfect attribute values in the fire fighting effectiveness evaluation of the army synthetic forces, puts forward using the method of intuitionistic fuzzy similarity function to supplement the incomplete information of attribute value. Builds the effectiveness evaluation indicators of fire fighting action, presents the steps of group decision model and uses the model to solve an example. Results show that the method is simple, convenient and can be widely used in group decision with incomplete information attribute values, well there are some information processing under the condition of informatization in the imperfect operational capability evaluation problem.

Keywords: imperfect attribute values; fire fighting; intuitionistic fuzzy numbers; multiple attribute for group decision making

0 引言

火力打击行动, 指运用火力手段对敌目标实施的各种毁伤、破坏行动。陆军合成部队火力打击效能评估指战术兵团(部队)为了解火力打击行动的实际火力毁伤效果, 分析作战目的实现程度的一种评判活动。但在实际作战中, 由于战场环境的复杂性及战场信息的时效性, 导致评估信息的获取存在一定的难度, 如在进行火力打击行动之后, 对敌作战体系毁伤的评价不全面, 甚至存在某些评价漏洞, 这会使得评价信息具有一定的不完全性, 直接影响陆军合成部队指挥员及指挥机关的相关决策。笔者综合考虑多种因素, 运用直觉模糊相似度函数法对残缺信息进行补充, 建立数学评估模型, 力求对陆军合成部队火力打击效能做出较为合理的评估。

1 指标体系的建立

火力打击效能评估是一个动态的过程。火力打击过程中指挥员与指挥机关需要不断分析战场情况的变化, 与作战意图、行动计划相比较, 判断敌方目标的受损情况。考虑诸多因素影响, 建立陆军合

成部队火力打击效能评估指标, 如图 1。效能评估涵盖所需要的主要指标, 能够全面反映火力打击行动的实际效果。主要包括: 1) 弹药效能 A_1 , 即武器系统和弹药对目标的毁伤破坏作用的效果能力; 2) 己方生存力 A_2 , 即各种火力打击的力量在作战中所具备的保存生命或保持战术技能的能力, 主要是对己方各种火力的打击力量的损失程度; 3) 敌作战体系毁伤 A_3 , 即给对方作战体系造成损伤的程度, 主要包括系统损伤 G_1 、功能损伤 G_2 和物理损伤 G_3 3 个方面。

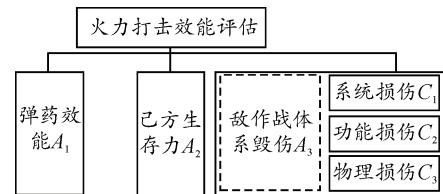


图 1 火力打击行动效能评估指标

2 群决策模型及其方法步骤

2.1 不完全信息的补充原理

针对属性值信息残缺的多属性群决策问题, 由于直觉模糊数同时包含了隶属度、非隶属度以及犹

收稿日期: 2015-05-09; 修回日期: 2015-06-29

作者简介: 周存宝(1989—), 男, 山东人, 硕士, 从事模糊数学、军事运筹学研究。

豫度的信息，因此用直觉模糊数更能客观实际的表示属性值信息，并在决策过程中，通过普通的变换，将决策者所给出的直觉模糊数效用值用一个闭区间来表示为 $\tilde{\beta}_{ij}^k = [\mu_{ij}^k, 1 - \nu_{ij}^k]$ 。

在一个给定的方案下，对某方案属性的效用值进行估计时，如果决策者 DM_k 和 DM_h 的直觉模糊数相似函数值 $\mathcal{G}_{kh}(i, j)$ 越大，则说明 DM_k 和 DM_h 给出的评价信息越相近。对于决策者而言，通过某种集成算子，将各属性值的直觉模糊数相似度进行集结，得到某个方案专家之间的综合相似度。基于此原理，利用直觉模糊相似度函数法对残缺信息进行补充。

2.2 直觉模糊评估方法步骤

首先给定一相似关系阈值 $\lambda \in [0, 1]$ 。设决策者 DM_k 关于方案 S_i 在属性 A_j 下的效用值用直觉模糊数表示为 $\tilde{\beta}_{ij}^k = (\mu_{ij}^k, \nu_{ij}^k)$ ，将其转换为区间数为 $\tilde{\beta}_{ij}^k = [\mu_{ij}^k, 1 - \nu_{ij}^k]$ 。根据直觉模糊相似度函数，计算决策者 DM_h 与 DM_k 在方案 S_i 下其他属性相似度

$$\mathcal{G}_{kh}(i, l) = \frac{|\tilde{\beta}_{il}^k \cap \tilde{\beta}_{il}^h|}{|\tilde{\beta}_{il}^k \cup \tilde{\beta}_{il}^h|} \quad (l \neq i),$$

或

$$\mathcal{G}_{kh}(i, l) = \frac{|\tilde{\beta}_{il}^k \cap \tilde{\beta}_{il}^h|}{\sqrt{|\tilde{\beta}_{il}^k|} \sqrt{|\tilde{\beta}_{il}^h|}} \quad (l \neq i). \quad (1)$$

其次利用 IFWAS 算子 (或 IFWGS)

$$IFWAS(\mathcal{G}_{kh}(i, l)) = \sum_{l \neq j}^m \omega_l \cdot \mathcal{G}_{kh}(i, l),$$

或

$$IFWGS: IFWGS(\mathcal{G}_{kh}(i, l)) = \prod_{l \neq j}^m \mathcal{G}_{kh}(i, l)^{\omega_l}.$$

计算专家 DM_h 与 DM_k 除属性 A_j 外其他属性综合相似度，其中 ω_l 为属性 A_l 的权重。

最后利用

$$IFWA_{\omega}(\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \dots, \tilde{\beta}_n) = \omega_1 \tilde{\beta}_1 \oplus \omega_2 \tilde{\beta}_2 \oplus \dots \oplus \omega_n \tilde{\beta}_n, \quad (2)$$

对残缺信息进行补充。并利用公式

$$IFWA_{\omega}(\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \dots, \tilde{\beta}_n) = \omega_1 \tilde{\beta}_1 \oplus \omega_2 \tilde{\beta}_2 \oplus \dots \oplus \omega_n \tilde{\beta}_n \quad \text{或} \quad (3)$$

$$IFHA_{\omega, w}(\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \dots, \tilde{\beta}_n) = w_1 \tilde{\beta}_{\sigma(1)} \oplus w_2 \tilde{\beta}_{\sigma(2)} \oplus \dots \oplus w_n \tilde{\beta}_{\sigma(n)},$$

计算各方案综合属性信息值及综合得分值，利用得分值对方案进行择优排序，若得分值相等，则进一步计算精确值进行比较排序。具体方法步骤如下：

1) 利用直觉模糊相似度函数法对残缺属性值信息进行补充；2) 利用 IFWA 算子集成方案 S_i 的所有属性 A_j 的特征信息，得到方案 S_i 的综合属性值

$\tilde{d}_i = (\mu_i, \nu_i)$ ；3) 利用得分函数计算方案 S_i 的综合属性值 $\tilde{d}_i = (\mu_i, \nu_i)$ 的得分值 $s(\tilde{d}_i)$ ；4) 利用得分值对方案 S_i 进行择优排序，若得分值相等，利用精确值进行择优排序。

3 实例求解

在信息化条件下进攻战斗中，敌利用其火力打击我陆军地面进攻部队，致使我方进攻受阻，严重影响了我方作战计划的实施。为能争取战场主动控制权，上级命令对该区域实施火力打击，破坏敌防御系统。我某数字化师利用先进的侦察系统获取了该地区的目标情报，制定了 3 种不同的火力打击行动方案 S_1 、 S_2 、 S_3 。现有 5 位相关领域的战略战术专家 DM_1 、 DM_2 、 DM_3 、 DM_4 、 DM_5 对这 3 种方案依据其评价指标做出评价信息，如表 1~表 5。

表 1 DM_1 对敌作战体系毁伤评估 $\tilde{D}^{(1)}$

方案	属性指标		
	G_1	G_2	G_3
S_1	(0.6, 0.1)	(0.5, 0.2)	(0.7, 0.2)
S_2	null	(0.5, 0.3)	(0.4, 0.3)
S_3	(0.5, 0.4)	(0.6, 0.2)	(0.4, 0.3)

表 2 DM_2 对敌作战体系毁伤评估 $\tilde{D}^{(2)}$

方案	属性指标		
	G_1	G_2	G_3
S_1	(0.5, 0.3)	(0.6, 0.2)	(0.5, 0.1)
S_2	(0.6, 0.1)	(0.5, 0.4)	(0.5, 0.3)
S_3	(0.7, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.5, 0.2)

表 3 DM_3 对敌作战体系毁伤评估 $\tilde{D}^{(3)}$

方案	属性指标		
	G_1	G_2	G_3
S_1	(0.5, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.8, 0.1)
S_2	(0.6, 0.2)	null	(0.7, 0.1)
S_3	(0.7, 0.0)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.3)

表 4 DM_4 对敌作战体系毁伤评估 $\tilde{D}^{(4)}$

方案	属性指标		
	G_1	G_2	G_3
S_1	(0.5, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.8, 0.1)
S_2	(0.5, 0.2)	(0.4, 0.3)	(0.5, 0.2)
S_3	(0.7, 0.0)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.3)

表 5 DM_5 对敌作战体系毁伤评估 $\tilde{D}^{(5)}$

方案	属性指标		
	G_1	G_2	G_3
S_1	(0.5, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.8, 0.1)
S_2	(0.6, 0.3)	(0.5, 0.4)	(0.5, 0.3)
S_3	(0.7, 0.0)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.3)

首先，利用直觉模糊相似度函数法，对残缺信息进行补充。

1) 利用直觉模糊数相似度函数 $\mathcal{G}_{kh}(i, l) = \frac{|\tilde{\beta}_{il}^k \cap \tilde{\beta}_{il}^h|}{|\tilde{\beta}_{il}^k \cup \tilde{\beta}_{il}^h|} \quad (l \neq i)$ ，计算专家 DM_1 关于在方案

S_2 下各属性之间的相似度 $\mathcal{G}_{12}(2)=(0.5, 0.67)$, $\mathcal{G}_{13}(2)=(0, 0)$, $\mathcal{G}_{14}(2)=(0.67, 0.67)$, $\mathcal{G}_{15}(2)=(0.5, 0.67)$;

2) 利用 IFWAS 算子 $IFWAS(\mathcal{G}_{kh}(i, j)) = \sum_{j=1}^m \omega_j \cdot \mathcal{G}_{kh}(i, j)$ 计算 DM_1 与其他专家的相似度为 (0.418, 0.000, 0.468, 0.418);

3) 根据相似关系阈值 $\lambda=0.4$, 求得 DM_1 与 DM_2 、 DM_4 、 DM_5 同类;

4) 根据加权平均算子 $IFWA_{\omega}(\tilde{\beta}_1, \tilde{\beta}_2, \dots, \tilde{\beta}_n) = (1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\tilde{\beta}_j})^{\omega_j}, \prod_{j=1}^n \nu_{\tilde{\beta}_j}^{\omega_j})$, 计算 DM_1 残缺属性信息值为 $\tilde{\beta}_{21}^1 = (0.57, 0.18)$ 。

同样, 依步骤可以计算出 $\tilde{\beta}_{22}^3 = (0.67, 0.18)$ 。

假设各专家权重相等, 故作战体系中属性权重向量为 $\omega=(0.3, 0.3, 0.4)$, 利用式 (2), 综合各专家评价信息, 得出专家对各方案火力打击评估信息, 然后利用式 (2) 对各专家评估进行综合处理, 得到方案综合属性信息

$$\begin{aligned} \hat{d}_1 &= (0.611, 0.199), \hat{d}_2 = (0.572, 0.263), \\ \hat{d}_3 &= (0.662, 0.000). \end{aligned}$$

(上接第 3 页)

在建立三维虚拟现实样机的基础上, 采用数据驱动的方式实现了测试与开发中如何将数据可视化的问题。该架构经过测试, 可初步实现火控控制器的开发应用。如果将其中的 DLL 和虚拟现实模型改为其他设备的相关内容, 也可成为专用独立的自主知识产权的半物理仿真系统。

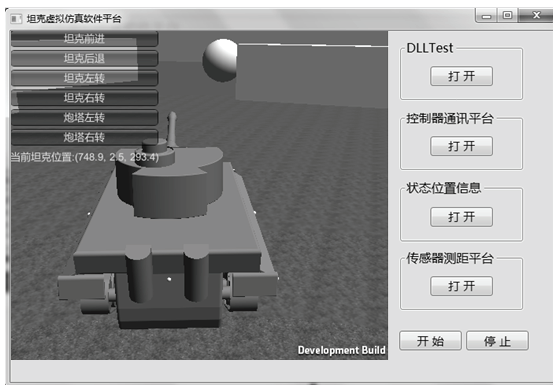


图 8 坦克虚拟仿真平台的用户界面

参考文献:

[1] 刘超, 冯华山, 刘军. 基于 Matlab/RTW 和 RTLinux 的四足机器人半物理仿真研究[J]. 中国制造业信息化,

相应的得分值为 $s_1=0.412, s_2=0.309, s_3=0.662$ 。 $s_3>s_1>s_2$ 。即方案 S_3 优。

4 结论

随着武器系统的信息化、智能化和战场环境的复杂化, 传统的作战评估方法难以满足现代战场的需要。实例中通过对决策专家 DM_1 、 DM_3 的属性值信息补充, 并利用直觉模糊数得分值对方案进行排序, 解决了信息残缺下作战能力评估问题, 达到了预期效果, 结果表明该方法的合理有效性。该方法模型简捷方便, 广泛适用于属性值信息残缺的群决策, 能够较好地解决处理信息化条件下存在一定信息残缺的作战能力评估问题。

参考文献:

[1] 平治伟, 王立杰. 信息化条件下陆军精确战斗理论[M]. 北京: 解放军出版社, 2005: 190-200.
[2] 张猛, 王贻峰, 王春雷, 等. 陆军合成部队火力打击行动效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2012, 34(6): 64-67.
[3] 胡孝民, 应甫成. 联合火力战理论研究[M]. 北京: 国防大学出版社, 2004: 79-101.
[4] 李晓军, 杨益, 党爱国. 美军作战毁伤评估研究综述[J]. 防护工程, 2008, 30(5): 74-79.
[5] 徐泽水. 直觉模糊信息集成理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 111-125.
[6] 李爱军, 张文乾, 王伟. 基于 RTLinux 的半物理实时仿真平台研究[J]. 火箭与制导学报, 2008, 32(8): 292-294.
[7] 李方熠, 刘永文. 基于 LabVIEW 的船用燃气轮机半物理仿真系统[J]. 船舶工程, 2010, 26(2): 48-50.
[8] 王国庆, 薛鸿臻, 王邵丽, 等. 通用机械系统半物理仿真软件 V1.0: 中国, 2014SR018933[P]. 2014-02-18.
[9] 王国庆, 杨华新, 叶洪, 等. 用于半物理仿真系统的信号转换器: 中国, 201220138015.0[P]. 2012-11-28.
[10] Zhou Jian, Zhang Jing, Zhu Zhencai, et al. Key technology research of moonlet attitude control system HIL simulation[J]. Chinese Journal of Space Science, 2002, 22(2): 18-23.
[11] Li Youde, Li Wei, Zhao Jian, et al. Hardware-in-loop simulation of vehicle stability control system[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2007, 37(4): 737-740.
[12] 贾振华, 何丽娟. 用户动态链接库的创建与应用[J]. 华北航天工业学院学报, 2002, 12(4): 14-16.
[13] Hao Xiafei, Li Min. Virtual Reality Based Process Integrated Simulation Platform in Refinery: Virtual Refinery and Its Application[J]. China Petroleum Processing & Petrochemical Technology, 2011, 27(03): 74-84.