

属性权重不确定的直觉模糊多属性决策的 威胁评估方法

王 毅^{1,2}, 刘三阳¹, 张 文², 王亚男²

(1. 西安电子科技大学数学与统计学院, 陕西西安 710071; 2. 空军工程大学防空反导学院, 陕西西安 710051)

摘 要: 在直觉模糊集的框架下, 重点研究了目标属性值为区间数且权重完全未知, 决策者对方案具有偏好信息的问题, 提出一种属性权重不确定的直觉模糊多属性决策的威胁评估方法. 首先, 针对上述问题, 建立了直觉模糊区间判断矩阵, 给出了目标属性为区间数的指标值规范化处理方法; 其次, 分析了决策者对方案中所涉及的目标属性、属性权重及决策者权威度, 建立了群决策的方案偏好模型; 再次, 针对目标属性值在某一区间内变化的特点, 给出了直觉模糊区间值的接近度与理想解的定义, 建立了最优属性权重约束优化模型; 最后, 以典型的威胁评估实例验证了该方法可同时反映主观和客观信息对目标威胁评估的影响, 可有效避免因部分传感器失效或受外界环境因素影响以及决策者主观经验所带来的偏差, 实际目标威胁评估结果验证了该方法的优越性.

关键词: 直觉模糊集; 区间判断矩阵; 多属性决策; 威胁评估

中图分类号: TP182; TP391

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112 (2014)12-2509-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.12.025

Threat Assessment Method with Uncertain Attribute Weight Based on Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Decision

WANG Yi¹, LIU San-yang¹, ZHANG Wen², WANG Ya-nan²

(1. School of Mathematics and Statistics, Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China;

2. Air Force Engineering University Air Defense and Anti-missile Institute, Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: Under the framework of IFS(Intuitionistic Fuzzy Sets), aiming at the situation that targets' attributes are interval value, the weights are totally unknown, and decision-makers have preference information, a threat assessment method with uncertain attribute weight based on intuitionistic fuzzy multi-attribute decision is proposed. Firstly, based on the above-mentioned problem, intuitionistic fuzzy interval judgment matrix is set up, and a standard interval value index processing method is put forward; secondly, by analyzing the target attribute, attribute weight, and decision-makers' authority degree in project, the preference project model in group decision making is finally constructed; thirdly, according to the attribute's variety character in interval value, the definition of intuitionistic fuzzy interval value's similarity and ideal resolve is given, and the optimization attribute weight restriction model is built up; lastly, some typical threat assessment examples are cited to verify that the method can reflect the influence of both subjective and objective information, which can avoid the deviation caused by sensor invalidation, outside environment's effect, or decision-makers' subjective experience. Finally, the superiority of the method is proved by the threat assessment of some typical targets.

Key words: intuitionistic fuzzy sets; interval judgment matrix; multiple-attribute decision; threat assessment

1 引言

按照 JDL 信息融合模型^[1], 威胁评估(Threat Assessment, TA)处于第三级, 其功能是量化判断敌方的兵力结构部署或武器装备系统对我方构成威胁的能力和敌方

可能的行动意图. 这一级融合接受前一级的态势评估的输出作为输入, 其输出为一威胁视图, 描述敌方的目标位置及威胁程度, 处理过程常采用黑板模型、贝叶斯网络、计划识别、D-S 证据理论、模糊推理、层次分析法、多属性决策等^[2~4]. 对威胁评估精确度要求较高的模型, 一

般是基于多因素的评估,可用模糊集理论结合多属性决策方法进行解决.直觉模糊集(Intuitionistic Fuzzy Sets, IFS)与模糊集相比,增加了一个非隶属度函数,进而可以描述“非彼非此”的“模糊概念”,更加细腻的刻画客观世界的模糊性本质. IFS 无论在表达能力^[5]还是推理精度^[6]方面都要优于 Zadeh 模糊集.

在进行空袭目标的威胁评估过程中,不仅需要来自多传感器对目标各个属性值的数据采集、融合,而且指挥员还会依据个人作战经验对空袭目标进行意图判断.由于决策过程中的知识的缺乏或者决策者的主观判断而导致的不确定的属性信息^[7~9],不仅包含在属性上的信任度和非信任度,也包含了对属性的未知度.因此针对决策过程中的这类不确定的属性信息,可采用直觉模糊集中的隶属度、非隶属度和直觉指数来刻画这种不确定性. Wu^[10]、Ye^[11]、Nayagam^[12]等讨论了部分属性权重已知的直觉模糊集和区间直觉模糊集在多属性决策中的排序问题.随后, Xia 等^[13]引入了各类直觉模糊集成算子并讨论了在多属性决策中的应用. Li^[14]和 Xu^[15]等基于数学规划的方法解决了属性权重部分已知的直觉模糊集多属性决策问题,但对于属性权重完全未知和决策者对方案具有偏好信息时的问题却并未深入研究.

有鉴于此,本文重点研究目标属性值为区间数且权重完全未知,决策者对方案具有偏好信息的直觉模糊多属性决策方法并用以解决威胁评估问题.

2 问题描述

由于防空作战中大都采用多传感器系统对来袭目标进行探测与搜索,不同传感器因自身性能差别或受外界环境等因素的影响,所获取的目标威胁属性信息呈现不完整性、不确定性及不可靠性等特点.同时,作战指挥决策人员对各类来袭目标的行动意图判断(偏好信息)在目标威胁评估过程中起到了重要作用,而偏好信息本身也具有模糊性和不完整性等特点.因此,用直觉模糊区间值来刻画不同传感器提供的目标威胁属性信息和决策者的偏好信息比传统模糊数更为细致和直观.由此,我们首先给出直觉模糊区间判断矩阵的概念.

3 直觉模糊区间判断矩阵

定义 1(直觉模糊区间判断矩阵) 设 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 为方案集,决策者对 n 个方案进行两两比较,并构造决策矩阵 $R = [r_{ij}]_{n \times m}$,其中 $r_{ij} = [\mu_{ij}, 1 - \nu_{ij}]$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. μ_{ij} 表示决策者对方案 x_i 和 x_j 进行比较时偏爱 x_i 的程度,而 ν_{ij} 表示决策者偏爱 x_j 的程度, $\pi_{ij} = 1 - \mu_{ij} - \nu_{ij}$ 表示决策者的犹豫度.若 $\mu_{ij} \in [0, 1]$, $\nu_{ij} \in [0,$

$1]$, $0 \leq \mu_{ij} + \nu_{ij} \leq 1$, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$,则称 R 为直觉模糊区间判断矩阵.

4 直觉模糊偏好信息的多属性决策方法

按照多属性决策的属性特征可以将空袭目标类型、干扰能力划分为定性属性,而目标的速度、距离、高度及航向角划分为定量属性.其中目标的速度、干扰能力属于效益型指标(越大越好),而目标的类型、距离、高度及航向角属于成本型指标(越小越好).由于各个指标间一般可能存在某种程度的矛盾性和不可公度性因此,需要对目标属性指标值进行规范化处理.

4.1 指标值的规范化处理

根据目标属性指标值在某一区间内变化的特点,利用所给出的直觉模糊区间判断矩阵 $[r_{ij}]_{n \times m} = [\mu_{ij}, 1 - \nu_{ij}]_{n \times m}$,可以很好的表示目标属性指标值的变化范围,并结合效益型与成本型指标将其转化为直觉模糊集区间表示形式对目标属性指标值进行规范化处理.

假设以不同物理量纲给出的 A 关于某个指标的度量值为一个区间值,不妨设为 $[a_{ij}^l, a_{ij}^u]$,其中, $i \in N, j \in M$.则有如下指标:

效益型指标.

$$\mu_{ij} = \frac{a_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij}^u)^2}}, \nu_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{ij}^l)^2}} \quad (1)$$

成本型指标:

$$\mu_{ij} = \frac{1/a_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (1/a_{ij}^l)^2}}, \nu_{ij} = 1 - \frac{1/a_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (1/a_{ij}^u)^2}} \quad (2)$$

4.2 方案偏好模型

决策者对方案的偏好与决策者的经验是建立在对方方案属性及其属性重要性认识的基础上,在考虑决策者对方案的偏好信息与决策者对方案中涉及的属性、属性重要度及决策者自身权威度的相关特性,给出如下方案偏好度的定义.

定义 2 决策者对方案偏好度是决策者权威度与方案中属性值和属性重要度加权乘积的乘积,记作

$$d_i = \sigma \sum_{j=1}^m r_{ij} \omega_j \quad (3)$$

其中, d_i 为决策者对第 i 个方案的偏好度; σ ($\sigma \in [0, 1]$) 为决策者的权威值,可根据决策者在该领域被认知的程度确定(采用灰色物元法(FHW)). r_{ij} 为在方案 i 下的第 j 个属性的规范化值; ω_j ($\omega \in [0, 1]$) 为属性的权重,可借助一些常用方法(环比法(CCM))获得.

当有多个决策者参与方案决策时,会因决策者的作战经验差别对方案的偏好存在差异.设第 q 个决策者的权威值为 σ_q ($\sigma_q \in [0, 1]$, $q = 1, 2, \dots, g$),其中 g 为

决策组成员人数.为达到综合不同决策者偏好的目的,按下式获得多决策者对不同方案的总体偏好度:

$$d_i = \frac{1}{g} \sum_{q=1}^g \sigma_q \sum_{j=1}^m r_{ij} \omega_j \quad (4)$$

其中, d_i 为决策者对第 i 个方案总体偏好度.

4.3 属性权重优化模型

针对不同传感器所探测的目标属性指标值在某一区间内变化的特点,给出以直觉模糊区间形式的属性权重优化模型.首先给出直觉模糊区间值的接近度与理想解的定义.

定义 3 设规范化直觉模糊区间判断矩阵 $A = [r_{ij}]_{n \times m}$,其中 $r_{ij} = [\mu_{ij}, 1 - \nu_{ij}]$.令矩阵中任意两个区间数的范数 $\|r_{ij} - r_{kj}\| = |\mu_{ij} - \mu_{kj}| + |(1 - \nu_{ij}) - (1 - \nu_{kj})|$,称 $d(r_{ij}, r_{kj}) = \|r_{ij} - r_{kj}\|$ 为直觉模糊区间判断矩阵中元素 r_{ij}, r_{kj} 之间的接近度.

定义 4 设规范化直觉模糊区间判断矩阵 $A = [r_{ij}]_{n \times m}$,各属性理想解为 $r_j^+ = [\mu_j^+, 1 - \nu_j^+]$,且 $\mu_j^+ = \max\{\mu_{ij}^+, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m\}$, $1 - \nu_j^+ = \min\{1 - \nu_{ij}^+, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m\}$ 对于属性 H_j ,各方案评价价值与方案理想解之间的偏差为

$$D_i(\omega) = \sum_{j=1}^m d^2(r_{ij}, r_j^+) \omega_j^2 \quad (5)$$

其中, $d^2(r_{ij}, r_j^+)$ 为各个方案评价指标值与方案理想解之间的加权距离.

属性权重的选取应使所有方案的评价价值与理想解之间的总偏差最小,即应满足下列最优属性权重约束优化模型:

$$M1: \begin{cases} \min H_1(\omega) = \sum_{i=1}^n D_i(\omega) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d^2(r_{ij}, r_j^+) \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (6)$$

另外,希望决策者主观偏好在决策与排序中起到一定的指导作用.为使决策具有合理性,属性权重 ω 的选取应使决策的客观偏好(属性值)与主观偏好值的总偏差越小越好.建立决策者偏好信息下的属性权重优化模型,应满足下列属性约束最优化模型:

$$M2: \begin{cases} \min H_2(\omega) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d^2(r_{ij}, d_i) \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (7)$$

综合规划模型 M1 与模型 M2,构造如下决策模型:

$$M3: \begin{cases} \min H_3(\omega) = [H_1(\omega), H_2(\omega)] \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (8)$$

为求解综合规划模型 M3,可采用线性加权法,将规

划模型 M1 与模型 M2 综合为以下属性权重的优化模型:

$$M3: \begin{cases} \min H(\omega) = \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d^2(r_{ij}, r_j^+) \omega_j^2 \\ + \beta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d^2(r_{ij}, d_i) \omega_j^2 \\ = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [\alpha d^2(r_{ij}, r_j^+) + \beta d^2(r_{ij}, d_i)] \omega_j^2 \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1 \end{cases} \quad (9)$$

在式(9)中, α, β 为调节两种规划模型的权系数且 $\omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n, \alpha + \beta = 1$,当 $\alpha = 1, \beta = 0$,模型 M3 变为模型 M1,此时确定属性权重的方法为基于理想属性值方法,即客观赋值法;当 $\alpha = 0, \beta = 1$ 时,模型 M3 变为模型 M2,此时确定属性权重的方法为决策者对方案有偏好信息的偏好赋值法,即主观赋值法;若 $\alpha, \beta \in [0, 1]$,则模型 M3 确定目标属性权重的方法可同时反映主观与客观信息.

4.4 直觉模糊区间值排序

考虑到目标威胁估计对实时性和准确性要求较高,同时还要兼顾实用性和易操作性等客观要求,在此选用期望-方差法作为度量目标威胁综合属性权重为直觉模糊区间值的排序方法.

概率密度 $p(x)$ 选用均匀分布时,有 $p(\bar{A}) = 1/|\bar{A}|$,根据服从均匀分布随机变量的概率密度函数,容易求得其均值和均方差为:

$$m(\bar{A}) = (\overline{\mu_A} + \overline{(1 - \nu_A)})/2$$

$$\tau(\bar{A}) = (\overline{\mu_A} - \overline{(1 - \nu_A)})/2\sqrt{3} \quad (10)$$

4.5 直觉模糊偏好信息的多属性决策算法

根据以上所建立直觉模糊偏好信息的多属性决策方法,给出如下的具体算法步骤:

Step1 将目标威胁属性值进行分类,利用式(1)、(2)对其进行规范化处理并将其转换为直觉模糊区间值表示形式,构造规范化的直觉模糊区间判断矩阵 $R = [r_{ij}]_{n \times m}$,其中 $r_{ij} = [\mu_{ij}, 1 - \nu_{ij}]$, $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Step2 确定各目标属性的理想解 r_j^+ ,并计算各目标属性值与理想解的偏差,由标准 Euclidean 距离公式可得.

$$d(r_{ij}, r_j^+) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (\mu_{r_{ij}} - \mu_{r_j^+})^2 + (\nu_{r_{ij}} - \nu_{r_j^+})^2 + (\pi_{r_{ij}} - \pi_{r_j^+})^2}$$

其中, $\mu_{r_j^+} = \max \mu_{r_{ij}}^+, \nu_{r_j^+} = \max \nu_{r_{ij}}^+, \pi_{r_j^+} = \max \pi_{r_{ij}}^+ = \min(1 - \mu_{r_j^+} - \nu_{r_j^+})$, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$.

Step3 根据式(4)求取多决策者对不同方案的总

体偏好度 $d_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Step4 利用式(9)获得属性最优权重 ω_j .

Step5 通过式 $z_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}\omega_j$ 计算各个目标威胁因素综合属性值 z_i .

Step6 利用式(10)处理综合属性值,并根据结果

进行目标威胁排序.

5 威胁评估实例

下面给出5批敌来袭目标,并根据不同传感器因自身性能差别或受外界环境等因素的影响,所获取的目标属性测量指标数为区间值,如表1所示.

表1 敌目标属性测量区间值

目标	目标类型	距离(km)	空袭样式(m)	速度(m/s)	航向角(θ°)	干扰能力
A_1	巡航导弹	[300,320]	[700,800]	[100,150]	[6°,10°]	中
A_2	轰炸机	[290,320]	[800,850]	[310,350]	[12°,16°]	弱
A_3	核弹载机	[100,150]	[1500,1700]	[350,500]	[2°,4°]	中
A_4	歼击机	[510,550]	[1000,1300]	[280,350]	[12°,18°]	弱
A_5	干扰机	[810,860]	[3000,3500]	[250,300]	[18°,25°]	强

5.1 目标属性量化与规范化处理

结合4.1节中对目标属性指标值的量化分析,建立直觉模糊规范化区间判断矩阵 R ,得到处理后每批目标属性指标值的区间量化结果,如表2所示.其中“目标

类型”、“干扰能力”为定性指标由领域专家直接给出其度量值.“目标距离”、“空袭样式”、“航向角”为成本型指标,“速度”为效益型指标并利用式(1)、(2)进行规范化处理.

$$R = \begin{bmatrix} \langle 0.3, 0.6 \rangle & \langle 0.276, 0.402 \rangle & \langle 0.550, 0.717 \rangle & \langle 0.128, 0.247 \rangle & \langle 0.184, 0.585 \rangle & \langle 0.5, 0.6 \rangle \\ \langle 0.7, 0.8 \rangle & \langle 0.276, 0.416 \rangle & \langle 0.518, 0.628 \rangle & \langle 0.398, 0.576 \rangle & \langle 0.115, 0.293 \rangle & \langle 0.7, 0.9 \rangle \\ \langle 0.6, 0.7 \rangle & \langle 0.588, 0.832 \rangle & \langle 0.259, 0.335 \rangle & \langle 0.449, 0.823 \rangle & \langle 0.461, 0.876 \rangle & \langle 0.5, 0.8 \rangle \\ \langle 0.6, 0.8 \rangle & \langle 0.161, 0.237 \rangle & \langle 0.339, 0.502 \rangle & \langle 0.359, 0.576 \rangle & \langle 0.102, 0.286 \rangle & \langle 0.7, 0.8 \rangle \\ \langle 0.4, 0.6 \rangle & \langle 0.103, 0.149 \rangle & \langle 0.126, 0.168 \rangle & \langle 0.321, 0.494 \rangle & \langle 0.074, 0.195 \rangle & \langle 0.2, 0.6 \rangle \end{bmatrix}$$

表2 目标属性区间量化结果

目标	类型	距离	空袭样式	速度	航向角	干扰能力
A_1	[0.3,0.6]	[0.28,0.40]	[0.55,0.72]	[0.13,0.25]	[0.18,0.59]	[0.5,0.6]
A_2	[0.7,0.8]	[0.28,0.42]	[0.52,0.63]	[0.40,0.58]	[0.12,0.29]	[0.7,0.9]
A_3	[0.6,0.7]	[0.59,0.83]	[0.26,0.34]	[0.45,0.82]	[0.46,0.88]	[0.5,0.8]
A_4	[0.6,0.8]	[0.16,0.24]	[0.34,0.50]	[0.36,0.58]	[0.10,0.29]	[0.7,0.8]
A_5	[0.4,0.6]	[0.10,0.15]	[0.13,0.17]	[0.32,0.49]	[0.07,0.20]	[0.2,0.6]

5.2 决策者对目标威胁的偏好度

有4位作战指挥员参与作战决策,其权威值为 $\sigma_q = (0.84, 0.79, 0.85, 0.92)$,根据环比法获得属性的权重(作为属性初始权重) $\omega_j = (0.2, 0.25, 0.17, 0.13, 0.14, 0.11)$,并由式(4)计算决策者对威胁目标的偏好度为

$$d_i = \{ [0.414, 0.487], [0.486, 0.561], [0.452, 0.471], [0.435, 0.451], [0.376, 0.392] \}.$$

由目标偏好度计算结果可知,决策者认为目标2的威胁度最大,其次为目标3,而目标5的威胁度最小.

5.3 目标属性最优权重及综合指标值

利用式(9)计算出在不同模型参数下目标属性的最优权重分配后,根据 Step5 与 Step6 计算目标威胁评估的综合指标值,比较结果如表3所示.

表3 不同模型参数下属性优化权重及目标威胁评估的综合指标值

模型参数(α, β)	属性优化权重 ω_j	目标威胁评估的综合指标值
M1 ($\alpha = 1, \beta = 0$)	(0.556, 0.162, 0.06, 0.112, 0.211, 0.162)	(0.546, 0.565, 0.594, 0.552, 0.452)
M3 ($\alpha = 0.8, \beta = 0.2$)	(0.535, 0.171, 0.08, 0.117, 0.193, 0.183)	(0.547, 0.553, 0.582, 0.520, 0.446)
M3 ($\alpha = 0.5, \beta = 0.5$)	(0.513, 0.193, 0.12, 0.122, 0.182, 0.192)	(0.539, 0.560, 0.587, 0.527, 0.437)
M3 ($\alpha = 0.2, \beta = 0.8$)	(0.486, 0.235, 0.15, 0.127, 0.175, 0.213)	(0.544, 0.563, 0.592, 0.526, 0.424)
M2 ($\alpha = 0, \beta = 1$)	(0.361, 0.252, 0.18, 0.131, 0.164, 0.224)	(0.545, 0.568, 0.548, 0.514, 0.416)

由表 3 可见,当综合模型参数选择不同时,所获得的属性优化权重分配有所差别.其中属性 H_1 (目标类型)的权重由模型 M1 到 M2 的转换中逐渐减小,变化的原因是由于决策者主观偏好信息在模型中作用逐渐增大.但该属性权重相对其他属性始终最大,说明该属性对决策结果所起的作用最大,其他属性权重分配由于模型的转变出现了相应的变化.(这里, α 表示对客观信息的倾向, β 表示决策者的主观倾向)

5.4 目标威胁排序分析

在实际的防空作战中,作战指挥员在对来袭目标的威胁程度进行判断时,均会考虑到通过多传感器探测、跟踪敌目标所收集的综合信息(客观信息)及其凭借军事经验对敌攻击目标的行动意图判断(主观偏好信息)做出综合决策.通过对表 3 分析可知,模型 M3 综合考虑了客观信息与主观偏好,且偏向客观信息时($\alpha = 0.8, \beta = 0.2$),偏向决策者主观信息时($\alpha = 0.2, \beta = 0.8$)和主观与客观信息比重相同时($\alpha = 0.5, \beta = 0.5$),所得的目标威胁排序结果均为 $A_3 > A_2 > A_1 > A_4 > A_5$,说明 M3 模型同时考虑了客观信息和主观偏好,所得出的最大的目标威胁评估值均为 A_3 ;特别地,当 $\alpha = 0, \beta = 1$,所得目标威胁排序结果为 $A_2 > A_3 > A_1 > A_4 > A_5$,这说明指挥员完全倾向于个人主观经验对来袭目标的意图判断而忽视了客观信息;实际上,在目标威胁评估中应以传感器采集的客观信息为基准,即 $\alpha = 1, \beta = 0$,所得目标威胁排序结果为 $A_3 > A_2 > A_4 > A_1 > A_5$,即 A_3 威胁评估值最大.此外,我们采用文献[16]的直觉模糊推理的威胁评估方法,利用本例数据,得到其方案的排序结果为 $A_3 > A_2 > A_1 > A_5 > A_4$,可以看出对于目标 A_4, A_5 的排序结果有所偏差,这是由于文献[16]中没有考虑决策者对方案的主观偏好信息所致,但得出 A_3 的威胁评估值最高,结果说明了本文提出方法的有效性与优越性.

6 结论

本文的主要贡献:一是针对指挥员不能提供对决策方案的精确偏好信息及其目标属性指标值在某一区间内变化的特点,给出了直觉模糊区间表示形式,建立了直觉模糊区间判断矩阵;二是针对决策者对方案具有偏好的特点,给出了决策者权威度与方案中属性值以及属性重要度的方案偏好的线性规划模型,并给出了多决策者对不同方案的综合偏好度求解算法;三是构建了最优属性权重约束优化模型和综合规划模型,利用该模型中(α, β)的参数调节,可灵活反映多传感器所给出的客观信息以及决策者的偏好信息对来袭目标威胁评估值的影响比重,可有效避免因部分传感器失效或受外界环境因素影响以及决策者主观经验所带来

的偏差.实例数据验证了该模型中的调节参数无论何种情况(除在极值条件下即, α, β 为 0 或 1,表示只考虑客观信息或只注重主观判断)所得到的目标威胁判断都取得一致的评估结果,为实际战场环境下的目标威胁评估判断提供最优的辅助决策.

参考文献

- [1] Hall D L, Llinas J. An introduction to multisensor data fusion [J]. Proceedings of IEEE, 1997, 85(1): 6-23.
- [2] 王改革, 郭立红, 段红. 基于 Elman-AdaBoost 强预测器的目标威胁评估模型及算法[J]. 电子学报, 2012, 40(5): 901-906.
Wang Gai-ge, Guo Li-hong, Duan Hong. The Model and algorithm for the target threat assessment based on Elman-AdaBoost strong predictor[J]. Acta Electronica Sinica, 2012, 40(5): 901-906. (in Chinese)
- [3] Deng Xin-yang, Hu Yong, Deng Yong. Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(1) 156-167.
- [4] 袁学海, 李洪兴, 杨雪. 基于模糊变换的模糊系统和模糊推理建模法[J]. 电子学报, 2013, 41(4): 1011-1016.
Yuan Xue-hai, Li Hong-xing, Yang Xue. Fuzzy system and fuzzy inference modeling method based on fuzzy transformation [J]. Acta Electronica Sinica, 2013, 41(4): 1041-1047. (in Chinese)
- [5] 雷阳, 雷英杰, 周创明, 孔韦韦. 基于直觉模糊核匹配追踪的目标识别方法[J]. 电子学报, 2011, 39(6): 1441-1446.
Lei Yang, Lei Ying-jie, Zhou Chuang-ming, Kong Wei-wei. Techniques for target recognition based on intuitionistic fuzzy kernel matching pursuit [J]. Acta Electronica Sinica, 2011, 39(6): 1441-1446. (in Chinese)
- [6] 徐小来, 雷英杰, 谢文彪. 基于 UKF 的自组织直觉模糊神经网络[J]. 电子学报, 2010, 38(3): 638-645.
Xu Xiao-lai, Lei Ying-jie, Xie Wen-biao. Self-organising intuitionistic fuzzy neural networks based on UKF [J]. Acta Electronica Sinica, 2010, 38(3): 638-645. (in Chinese)
- [7] Behnam Vahdani, S Meysam Mousavi, R Tavakkoli-Moghadam. A new design of the elimination and choice translating reality method for multi-criteria group decisioning in an intuitionistic fuzzy environment [J]. Applied Mathematical Modelling, 2013, 37(3) 1781-1799.
- [8] 曲明, 刘淑芬, 包铁. 一种用于评价语义 Web 服务质量的多属性关系建模方法[J]. 电子学报, 2013, 40(8): 1591-1597.
Qu Ming, Liu Shu-fen, Bao Tie. Modeling the relationships between multi-attributes for evaluating the quality of semantic Web service [J]. Acta Electronica Sinica, 2013, 40(8): 1591-1597. (in Chinese)

- [9] Wu Jian-zhang, Qiang Zhang. Multicriteria decision making method based on intuitionistic fuzzy weighted entropy[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38 (4): 916 – 922.
- [10] Wu Jian, Liu Yu-jia. An approach for multiple attribute group decision making problems with interval-valued intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers[J]. Computers and Industrial Engineering, 2013, 66 (11) 311 – 324.
- [11] Ye J. Multicriteria fuzzy decision-making method based on a novel accuracy function under interval-valued intuitionistic fuzzy environment [J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(3): 6899 – 6902.
- [12] Nayagam V L G, Muralikrishnan S, Sivaraman G. Multi-criteria decision-making method based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38 (3): 1464 – 1467.
- [13] Xia Ming-ming, Xu Zes-hui. Generalized point operators for aggregating intuitionistic fuzzy information [J]. International Journal of Intelligent Systems, 2010, 25(11): 1061 – 1080.
- [14] Li Deng-feng. TOPSIS-based nonlinear-programming methodology for multiattribute decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2010, 18(2): 299 – 311.
- [15] Xu Ze-shui, Cai Xiao-qing. Nonlinear optimization models for multiple attribute group decision making with intuitionistic fuzzy information[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2010, 25(6): 489-513.

- [16] 雷英杰, 王宝树, 王毅. 基于直觉模糊推理的威胁评估方法[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(9): 2077 – 2031.
- Lei Ying-jie, Wang Bao-shu, Wang Yi. Techniques for threat assessment based on intuitionistic fuzzy reasoning[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2007, 29(9): 2077 – 2031. (in Chinese)

作者简介



王毅 男, 1979 年生, 上海人, 博士后, 现为空军工程大学防空反导学院讲师, 研究方向为智能信息处理.

E-mail: wangyi_kgd@gmail.com

刘三阳 男, 1959 年生, 教授, 博士生导师, 现为西安电子科技大学理学院院长, 主要从事智能信息处理和最优化等方面的研究工作.

张文 男, 1964 年生, 教授, 硕士生导师, 现为空军工程大学防空反导学院副院长, 研究方向为智能信息处理.

王亚男 女, 1988 年生, 现为空军工程大学防空反导学院博士研究生, 研究方向为智能信息处理.

