

离差偏好法在舰载直升机保障能力评估中的应用

肖飞, 周新力, 张帅
(海军航空工程学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 考虑到目前我国舰载直升机保障能力评估方面存在数据不完整、评估中需要考虑决策者偏好的问题, 研究了基于离差偏好法的舰载直升机保障能力评估模型。在通过调研并考虑舰载直升机保障实际情况的基础上, 构建了保障能力评估指标体系, 并根据决策者的偏好建立了评估对象的互反判断矩阵; 在保障能力评估中运用了离差偏好法, 从对评估对象进行排序的角度对各个指标的权重进行了重新定义, 建立了量值与偏好矩阵的偏差函数, 通过实例分析表明该模型实用性较强, 过程简单, 适合现阶段舰载直升机保障能力评估问题的研究, 具有一定的应用价值。

关键词: 舰载直升机; 保障能力; 互反判断矩阵; 离差偏好

中图分类号: TP202 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2015)07-0089-04

Application of Deviation Preference Method in Ship-borne Helicopter Support Capability Evaluation

XIAO Fei, ZHOU Xin-li, ZHANG Shuai
(Naval Aeronautical and Astronautical University, Yantai 264001, China)

Abstract: In view of the problems in ship-borne helicopter support capability evaluation, such as the data is incomplete, and the decision-maker's preference needs to be considered in evaluation, a model for evaluating the ship-borne helicopter support capability based on deviation preference method was studied. On the basis of investigation and the reality of ship-borne helicopter support, a support capability evaluation index system was constructed, and a reciprocal judgment matrix for evaluation subjects was established according to decision-maker's preference. A deviation preference method was adopted in support capability evaluation, the weight of each index was redefined from the perspective of sequencing the evaluation subjects, and a deviation function of the value with preference matrix was established. It's shown by case analysis that this model is more practical and simple in process, which is suitable for current study on the support capability evaluation problem of ship-borne helicopter and is of some application value.

Key words: ship-borne helicopter; support capability; reciprocal judgment matrix; deviation preference

0 引言

舰载直升机是我国海军重要的武器装备,它能够配合舰艇完成侦察、反潜、运输、空中预警以及中继制导等多种使命,在现阶段军事背景下,舰载直升机在多兵种协同作战中发挥着越来越重要的作用^[1]。舰载直升机舰面保障能力可定义为:为完成舰载直升机驻舰以及执行任务期间的保障任务要求,利用舰面保障力量和舰面保障资源有效地履行舰载直升机保障任务活动,以保持和恢复舰载直升机作战能力为目的的水平^[2]。随着新

型驱逐舰的陆续配装,舰载直升机逐渐从机场“走向”甲板,其驻舰频率和时间都大幅增加,随着舰载直升机的逐渐“转型”,舰载直升机保障问题成为顺利完成舰机联合任务的重要基础,要求具有快速、全面、持续、精确的舰载直升机保障能力,科学合理地评估舰载直升机舰面保障能力,不仅能够对舰机联合下的舰面保障工作和结果进行评定,也能够通过对评估所反馈的信息进行分析,正确引导决策人员制定正确合理的改进方案。

目前,在对装备保障能力评估的研究中,主要有两种方法:一种是主观的评估方法,此类方法一般通过专家打分和比较获取评估原始数据,利用模型进一步分析(比如层次分析法和集值迭代法),其缺点是评估过程中人为因素较大,可能影响评估结果的真实性^[3-4];第二类

是客观的评估方法,此类方法在评估过程中不考虑人为偏好问题(如主成分分析法和聚类分析法^[5-6]),其评估结果可能不会被决策人员所接受。由于在舰载直升机保障能力评估方面,国内的研究都属于起步阶段,存在缺少大量数据的实际情况,为解决这一系列问题,本文选取了3艘驱逐舰作为评估对象,建立了舰载直升机保障能力评估指标体系,通过专家对3艘舰的舰载直升机保障能力进行打分评级,利用离差偏好法对其保障能力进行评估。离差法解决了在评估过程中数据不完整的问题,建立了决策者对保障对象评估指标的偏好矩阵,将该偏好融入到评估中去,使结果能很好地满足决策者的需求。

1 舰载直升机保障能力评估指标体系

舰载直升机保障能力评估指标体系的建立是一项复杂的工作。由于舰面保障系统较为复杂,评估指标涉及的范围广泛,所以选取的指标数量越多,则被评估对象之间的差异越明显,有利于判断和评估,但是评估指标较多会造成评估过程复杂,过程的复杂造成了舰面保障能力评估准确性和可信度的降低,所以舰载直升机保障能力评估指标并不是越多越好,要全面反映出评估主体即飞行团和驱逐舰支队对于各项目标的要求,要准确反映评估对象的实际情况,并能够被飞行团和支队相关人员及部门接受。

通过对航空兵部队进行调研,分析了现阶段舰载直升机驻舰所面临的问题,针对舰载直升机的性能特点,在参考部分文献的基础上,从管理使用能力、指挥能力、维修能力、技术保障能力和四站保障能力5个方面构建舰载直升机保障能力评估指标体系,见表1。

表1 舰载直升机保障能力评估指标体系

Table 1 Evaluation system of shipboard helicopter guarantee capability

目标层	一级指标	符号	二级指标	符号
舰载直升机保障能力评估指标体系	管理使用能力	C_1	出动强度	C_{11}
			航空部门技术人员能力	C_{12}
			领导管理能力	C_{13}
	指挥能力	C_2	指挥人员编配与称职情况	C_{21}
			指挥手段信息化	C_{22}
			方案计划修订与演练情况	C_{23}
	维修能力	C_3	机务保障任务成功率	C_{31}
			平均排故时间	C_{32}
			每飞行小时维修费用	C_{33}
			部件腐蚀维修能力	C_{34}
	技术保障能力	C_4	技术保障人员编配与称职情况	C_{41}
			保障设备配套与完好率	C_{42}
			备件需求率	C_{43}
			计量受检率	C_{44}
	四站保障能力	C_5	作业能力	C_{51}
四站装备保障性			C_{52}	
安全性与经济性			C_{53}	

2 互反判断矩阵

对各艘舰的舰载直升机保障能力评估是一个多属性、多目标综合评估问题,其指标体系中的各指标的作用地位不同,需要对各指标赋予不同的权重系数,在权重的确定过程中,不仅需要客观地分析指标之间的关系,也需要考虑决策者对评估对象在该指标下重要程度的判断。本文研究了对方案的偏好信息是互反判断矩阵的情况。

互反判断矩阵是指决策者通过对指标体系的分析研究,建立评估对象在该指标下重要程度判断矩阵^[7]。设判断矩阵 $H = (h_{ij})_{n \times m}$,若有 $h_{ij} \cdot h_{ji} = 1$,且 $h_{ii} = 1$,则称矩阵 H 为互反判断矩阵。表2给出了常见的4种互反标度,2,4,6,8可以取上述判断的中间值,若元素 i 与 j 的重要性之比为 h_{ij} ,那么元素 j 与元素 i 的重要性之比为 $h_{ji} = 1/h_{ij}$ 。

表2 常用的4种互反标度

Table 2 Four common reciprocal scales

1~9 标度	指数 标度	10/10~18/2 标度	9/9~9/1 标度	含义
1	a^0	10/10	9/9	i 与 j 同样重要
3	a^2	12/8	9/7	i 稍重要于 j
5	a^4	14/6	9/5	i 明显重要于 j
7	a^6	16/4	9/3	i 强烈重要于 j
9	a^8	18/2	9/1	i 极端重要于 j

3 舰载直升机保障能力评估

基于离差偏好的保障能力评估方法主要是通过各个评估对象的指标量值进行比较,若所有评估对象在该指标下的量值差异越小,表明该指标对评估对象保障能力评定所起的作用越小;若所有评估对象在该指标下的量值差异越大,表明该指标对评估对象保障能力评定所起作用越大^[8]。因此,从对评估对象进行评定排序的角度考虑,指标量值差异越大的指标无论其本身的重要程度如何,都应该赋予越大的权重,这里的权重并不代表该指标在实际评估体系中的重要程度,而是为了对评估对象进行排序所设定的另外一种“权重”。在评估过程中融入了决策者对保障对象的偏好矩阵,因此,不仅考虑到了实际的指标量值,也将决策者的偏好体现在结果中。

3.1 指标的处理

在评估过程中,以一级指标“管理使用能力”的评估过程为例,限于篇幅,其他一级指标的评估过程与此相同就不再赘述。假设有 n 艘舰的舰载直升机保障能力需要进行评估,在该指标下有 m 个影响评估的二级指标,形成初始矩阵 $R = (a_{ij})_{n \times m}$,对初始矩阵进行规

范化处理得到 $\hat{R} = (\hat{a}_{ij})_{n \times m}$, 其中, 对于效益型指标, 有

$$\hat{a}_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i(a_{ij})}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad i \in N, j \in I_1 \quad (1)$$

对于成本型指标, 有

$$\hat{a}_{ij} = \frac{\max_i(a_{ij}) - a_{ij}}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad i \in N, j \in I_2 \quad (2)$$

对 $\hat{R} = (\hat{a}_{ij})_{n \times m}$ 矩阵进行归一化处理得到 $\hat{R} = (r_{ij})_{n \times m}$,

其中, $r_{ij} = \frac{\hat{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \hat{a}_{ij}}, i \in N, j \in M$ 。

本文选取了3名专家对该舰的舰载直升机保障能力进行综合打分, 为此引入 SAATY TL 的 1~9 标度法, 见表3, 鉴于数据的缺乏, 用打分值代表指标的量值, 在实际的应用过程中可以将部分指标的实际数据应用到评估过程中。

表3 指标打分规则

Table 3 Scoring rule of the index

标度	定义					相邻定义
	很差	较差	一般	较高	很高	
标度	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	2.0, 4.0, 6.0, 8.0

3.2 构建判断矩阵

设决策者根据互反判断标度对评估对象在该一级指标下的保障能力进行两两比较(本文采用了1~9标度法), 并构造互反判断矩阵 $H = (h_{ij})_{n \times m}$ 。与此同时, 利用下面的转换函数把所有舰在该一级指标下的综合属性值转化成互反判断矩阵 $\bar{H} = (\bar{h}_{ij})_{n \times m}$, 其中

$$\bar{h}_{ij} = \frac{z_i(\omega)}{z_j(\omega)} = \frac{\sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k}{\sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k} \quad i, j \in N \quad (3)$$

3.3 评估过程

1) 假设决策者建立的互反判断矩阵与实际量值

所形成的矩阵相等, 若 $H = \bar{H}$, 则

$$h_{ij} = \bar{h}_{ij} = \frac{z_i(\omega)}{z_j(\omega)} = \frac{\sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k}{\sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k} \quad i, j \in N \quad (4)$$

即 $h_{ij} \sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k = \sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k, i, j \in N$ 。

但是一般情况下, 决策者的偏好信息所形成的互反判断矩阵 H 和指标量值所转化成的判断矩阵 \bar{H} 都存在偏差, 所以建立一个线性偏差函数^[9]

$$f_{ij}(\omega) = h_{ij} \sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k - \sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k \quad i, j \in N \quad (5)$$

2) 在评估的过程中, 既要考虑决策者的偏好信

息, 又要使最后得到的权重向量更合理, 所以上述偏差越小越好, 可以建立下面的优化模型^[10]

$$\begin{cases} \min F(\omega) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}^2(\omega) = \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(h_{ij} \sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k - \sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k \right)^2 \\ \omega_j \geq 0, \sum_{j=1}^m \omega_j = 1 \end{cases} \quad (6)$$

解式(6)这个优化模型, 需要构造拉格朗日函数 $L(\omega, \zeta)$, 即 $L(\omega, \zeta) = F(\omega) + 2\zeta \left(\sum_{j=1}^m \omega_j - 1 \right)$ 。

3) 令 $\frac{\partial L}{\partial \omega_l} = 0$, (l 代表从1到 m 的任意一个 $\omega, l \in M$) 可得 $2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(h_{ij} \sum_{k=1}^m r_{jk}\omega_k - \sum_{k=1}^m r_{ik}\omega_k \right) (h_{ij}r_{jl} - r_{il}) + 2\zeta = 0, l \in M$ 。

整理得

$$\sum_{k=1}^m \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (h_{ij}r_{jk} - r_{ik}) (h_{ij}r_{jl} - r_{il}) \right] \omega_k + \zeta = 0 \quad l \in M \quad (7)$$

4) 设单位行矩阵 $e_m = (1, 1, \dots, 1)$, 且构建矩阵 $Q = (q_{kl})_{m \times m}$, 其中

$$q_{kl} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (h_{ij}r_{jk} - r_{ik}) (h_{ij}r_{jl} - r_{il}) \quad l \in M \quad (8)$$

可以进一步将式(7)简化为矩阵形式, $Q\omega^T = -\zeta \cdot$

e_m^T , 联合约束条件 $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$ 建立方程组

$$\begin{cases} e_m \omega^T = 1 \\ Q\omega^T = -\zeta \cdot e_m^T \end{cases} \quad (9)$$

可以得到最优解

$$\omega = \frac{Q^{-1} e_m^T}{e_m Q^{-1} e_m^T} \quad (10)$$

为了证明解的存在性, 只需要证明矩阵 Q 可逆即可(事实上可证 Q 是正定矩阵, 存在逆矩阵)。

5) 各舰的舰载直升机保障能力的综合属性值为

$$z_i(\omega) = \sum_{j=1}^m r_{ij}\omega_j \quad (11)$$

通过评估方法的计算过程可以看出:

1) 在计算过程中若 ω 分量均小于0, 则可利用二次规划法求解模型来确定属性的权重向量;

2) 决策者所给出的互反判断矩阵与指标量值形成的实际判断矩阵之间的偏差优化是该方法的理论基础, 所以它解决了实际评估过程中存在决策者偏好信息的问题。

4 实例分析

4.1 确定指标量值

针对某舰载直升机的保障能力评估问题,选取了3艘驱逐舰作为评估对象。在指标的量值确定过程中,鉴于数据获取的难度较大,通过咨询专家并进行问卷调查打分,获取了二级指标的量值,在评估体系中,许多评估指标都是采用定性描述的,为此,引入 SAATY TL 的 1~9 标度法,将定性分析统一用定量数字来约定。在应用中部分指标可以根据具体情况确定量值,如表 4 所示。

表 4 指标度量值

Table 4 Value of each index

一级指标	二级指标	量 值		
		1#舰	2#舰	3#舰
C ₁	C ₁₁	6.3	4.5	7.2
	C ₁₂	5.5	6.7	4.2
	C ₁₃	7.2	6.5	5.1
C ₂	C ₂₁	5.7	7.1	6.5
	C ₂₂	6.4	4.5	5.7
	C ₂₃	5.5	5.2	5.3
C ₃	C ₃₁	5.7	6.5	4.8
	C ₃₂	7.2	5.8	6.4
	C ₃₃	6.5	5.9	5.7
	C ₃₄	5.9	6.7	6.1
C ₄	C ₄₁	6.4	6.4	7.2
	C ₄₂	6.2	4.8	5.8
	C ₄₃	4.8	5.2	6.1
	C ₄₄	5.2	5.1	5.1
C ₅	C ₅₁	7.1	5.2	6.8
	C ₅₂	5.5	6.9	7.1
	C ₅₃	4.8	4.5	5.5

4.2 构建判断矩阵

通过咨询调研,给出一级指标下3艘驱逐舰的舰载直升机保障能力偏好矩阵,限于篇幅,只给出一级指标“管理使用能力”的评估过程,其他一级指标评估过程与此类似。一级指标“管理使用能力”的偏好矩阵

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

4.3 评估分析

通过对指标的处理得到 $\hat{R} = \begin{pmatrix} 8/9 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1/11 \\ 1 & 0 & 3/11 \end{pmatrix}$, $H =$

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}$$

根据式(8)、式(10)得到

$$Q = \begin{pmatrix} 6.6341 & -5.4630 & 3.5340 \\ -5.4630 & 11.2500 & -2.9924 \\ 3.5340 & -2.9924 & 4.5753 \end{pmatrix}, \omega =$$

(0.3798, 0.3719, 0.2484)。由式(11)可得, $z(\omega) = (0.5852, 0.3945, 0.4466)$ 。

可以得出在一级指标“管理使用能力”方面,1#舰较好,3#舰次之,2#舰较差。其他一级指标的评估结果见表5。

表 5 各指标综合属性值

Table 5 Comprehensive attribute value of each index

评估对象	管理使用能力	指挥能力	维修能力	技术保障能力	四站保障能力
1#舰	0.5852	0.1147	0.4781	0.4382	0.4767
2#舰	0.3945	0.3701	0.2935	0.3127	0.2180
3#舰	0.4466	0.1925	0.2374	0.5073	0.3741

由表5中结果可知:管理使用能力1#舰>3#舰>2#舰;指挥能力2#舰>3#舰>1#舰;维修能力1#舰>2#舰>3#舰;技术保障能力3#舰>1#舰>2#舰;四站保障能力1#舰>3#舰>2#舰。

从各一级指标下的排序结果可知:在管理使用能力、维修能力和四站保障能力3个一级指标下,通过对指标度量值和偏好信息的分析,1#舰的舰载直升机保障能力在3艘舰中处于较高层次;在管理使用能力、技术保障能力和四站保障能力3个一级指标下,2#舰的舰载直升机保障能力在3艘舰中处于较低层次。

通过排序分析,在总体保障能力方面,1#舰>3#舰>2#舰。

5 结论

1) 针对目前舰载直升机保障方面缺少数据、关联度不确定等情况,在通过调研并借鉴大量资料的基础上建立了舰载直升机保障能力评估指标体系。在指标量值的确定中,引入 SAATY TL 的 1~9 标度法,将定性分析统一用定量数字来表达。

2) 在保障能力评估过程中,采用了离差偏好法,建立了决策者对于指标的偏好矩阵,从对评估对象进行排序的角度对各个指标的权重进行了重新定义,在评估过程中不仅客观地分析了指标量值,而且建立了量值与偏好矩阵的偏差函数,从评估过程开始就融入了决策者的偏好信息,使结果具有一定的实用价值。

参 考 文 献

[1] 李瑞迁,王尚仁,王永正,等.航空机务学[M].北京:国防大学出版社,2005. (LI R Q, WANG S R, WANG Y Z, et al. Aviation maintenance science[M]. Beijing: National Defense University Press, 2005.)

- Journal of Chinese Inertial Technology, 2009, 17(3):360-365.)
- [5] 陈维娜, 曾庆华, 李荣冰, 等. 微机械陀螺温度混合线性回归补偿方法[J]. 中国惯性技术学报, 2012, 20(1):99-103. (CHEN W N, ZENG Q H, LI R B, et al. Mixed linear regression temperature compensation method for annular-vibrating MEMS gyroscope[J]. Journal of Chinese Inertial Technology, 2012, 20(1):99-103.)
- [6] 许德新, 何昆鹏, 梁海波. 惯性测量组件的温度误差补偿模型研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010, 31(5):607-613. (XU D X, HE K P, LIANG H B. Compensating for non-linear errors caused by temperature changes in MEMS inertial measurement units[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2010, 31(5):607-613.)
- [7] XIA D Z, WANG S R, ZHOU B L. Temperature compensation method of silicon microgyroscope based on BP neural network[J]. Journal of Southeast University: English Edition, 2010, 26(1):58-61.
- [8] 吉训生, 王寿荣. 硅微陀螺阵列信号处理技术研究[J]. 宇航学报, 2009, 30(1):235-239. (JI X S, WANG S R. Research on procession of silicon micro-gyroscope array [J]. Journal of Astronautics, 2009, 30(1):235-239.)
- [9] 潘华, 李安, 胡柏青. BP混沌混合神经网络在光纤陀螺温度漂移预测中的应用[J]. 中国惯性技术学报, 2006, 14(6):73-75. (PAN H, LI A, HU B Q. Application of chaos-BP combined artificial neural network in predicting FOG temperature drift[J]. Journal of Chinese Inertial Technology, 2006, 14(6):73-75.)
- [10] 高隽. 神经网络原理及仿真实例[M]. 北京:机械工业出版社, 2005:44-45. (GAO J. Artificial neural network principle and simulation examples[M]. Beijing: China Machine Press, 2005:44-45.)
- [11] 郭伟, 张栋, 李巨韬, 等. 改进型BP神经网络对电容称重传感器的非线性校正[J]. 传感技术学报, 2012, 25(10):1354-1360. (GUO W, ZHANG D, LI J T, et al. Nonlinear calibration of capacitance weighing sensor with improved BP neural network model[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2012, 25(10):1354-1360.)
- [12] 金芬. 遗传算法在函数优化中的应用研究[D]. 苏州:苏州大学, 2008. (JIN F. Application research of genetic algorithm in function optimization[D]. Suzhou: Suzhou University, 2008.)
-
- (上接第92页)
- [2] 韩维, 商兴华, 李成, 等. 舰载机维修保障力量需求研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2010, 25(6):670-674. (HAN W, SHANG X H, LI C, et al. Research on the requirement of carrier aircraft maintenance support force [J]. Journal of Naval Aeronautical and Astronautical University, 2010, 25(6):670-674.)
- [3] 苏畅, 张恒喜. 航空装备保障系统效能评估[J]. 空军工程大学学报, 2006, 7(1):13-15. (SU C, ZHANG H X. Effectiveness evaluation of aeronautical equipment support system[J]. Journal of Air Force Engineering University, 2006, 7(1):13-15.)
- [4] 董景伟, 鲁冬林, 王小龙, 等. 基于模糊层次分析法的工程装备修理机场能力评估[J]. 四川兵工学报, 2013, 34(12):44-48. (DONG J W, LU D L, WANG X L, et al. Repair ability assessment of engineering equipment repair institution based on fuzzy analytic hierarchy process [J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2013, 34(12):44-48.)
- [5] 王彦虎, 高潮, 王宁. 基于加权主成分分析的公路工程质量评价研究[J]. 交通科技, 2013(1):120-123. (WANG Y H, GAO C, WANG N. Study on quality comprehensive evaluation of highway engineering based on weighted principal component analysis[J]. Transportation Science & Technology, 2013(1):120-123.)
- [6] 史凤隆, 赵功伟, 祝华远, 等. 灰色聚类法在航空装备保障特性评估中的应用[J]. 装备环境工程, 2013(7):43-47. (SHI F L, ZHAO G W, ZHU H Y, et al. Application of grey cluster method in aviation equipment support characteristics evaluation [J]. Equipment Environmental Engineering, 2013(7):43-47.)
- [7] 张娜, 朱建军. 三端点区间数互反判断矩阵的排序方法研究[J]. 中国管理科学, 2012, 20(2):152-158. (ZHANG N, ZHU J J. Research on the priority method of three-point interval number reciprocal judgment matrix [J]. Chinese Journal of Management Science, 2012, 20(2):152-158.)
- [8] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004. (XU Z S. Uncertain multiple attribute decision making: methods and applications [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.)
- [9] HERRERA F, MARTINEZ L, SANCHEZ P J. Managing non-homogeneous information in group decision making[J]. European Journal of Operational Research, 2005, 166(1):115-132.
- [10] 徐泽水. 直觉模糊偏好信息下的多属性决策途径[J]. 系统工程理论与实践, 2007(11):62-71. (XU Z S. Approached to multiple attribute decision making with intuitionistic fuzzy information[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2007(11):62-71.)