

# 基于灰模式关联分析的多属性决策方法研究

聂挥宇, 田微晴, 卢莉娜

(陆军工程大学 军械士官学校, 武汉 430075)

**摘要:**建立了基于灰模式关联分析的多属性决策模型, 论述了模型实施的基本流程。举例对其实效性进行了分析。

**关键词:**灰模式; 关联决策; 多属性; 维修保障; 优选方案

**本文引用格式:**聂挥宇, 田微晴, 卢莉娜. 基于灰模式关联分析的多属性决策方法研究[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(S2):156-158,222.

**Citation format:**NIE Huiyu, TIAN Weiqing, LU Lina. Research on Multi-Decision Method Based on Grey Model Association Analysis[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2019, 40(S2):156-158,222.

**中图分类号:**TJ07

**文献标识码:**A

**文章编号:**2096-2304(2019)S2-0156-03

## Research on Multi-Decision Method Based on Grey Model Association Analysis

NIE Huiyu, TIAN Weiqing, LU Lina

(Army Engineering University Wuhan Mechanical Technology College, Wuhan 430075, China)

**Abstract:** The paper studies the basic principle of multi-attribute decision-making and the application of grey relational analysis in multi-attribute decision-making. A multi-attribute decision-making model based in grey pattern correlation analysis is established, and the basic process of model implementation is discussed. An example is given to illustrate the effectiveness of the proposed method.

**Key words:** Grey model; relevant decision making; multiple attributes; maintenance support; optimum scheme

多属性决策(Multiple Attribute Decision Making, MADM)是指在具有相互冲突,不可公度性(没有统一的度量标准)的多属性的情况下,从事先拟定的有限方案集中进行选择的决策<sup>[1]</sup>。一般的多属性决策问题属性多于两个且具有矛盾性、不可共度性和离散性等特点。其一般步骤为:①了解问题,分析问题属性,提出可能方案;②方案筛选,剔除一些性能较差的方案,以减少评价工作量;③建立决策矩阵,完成信息的采集工作;④数据预处理,使得决策矩阵中数据标准化;⑤确定各级权重,为下一步评判做准备;⑥综合评判,选出最佳方案。多属性决策的方法主要有:加权和法、加权积法、TOPSIS法、基于估计相对位置的方案排队法、ELECTRE法以及PROMETHEE法等。

本文着重分析决策的逻辑过程以及决策结果的优化问题。采用灰模式关联决策方法,在无需确定属性权重的情况下实现决策方案的优选。

### 1 理论基础

对所需决策问题进行分析是任何决策方法进行的前提,而所谓的分析其实就是找出决策问题中的相关逻辑关系即评价系统。通常情况下,一个评价系统大致可以分为目标、准则以及方案3个层次。

具体的层次结构示意图如图1。

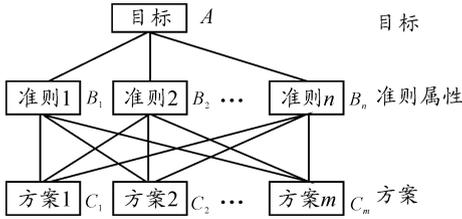


图1 递阶层次结构示意图

灰模式关联是指以灰模式为核心,模式的评估与辨识为内容,旨在找出最优方案的一整个过程<sup>[2]</sup>。灰模式关联分析的重要内容是选用合适的灰数及白化函数。常见3种灰数及白化函数如图2。

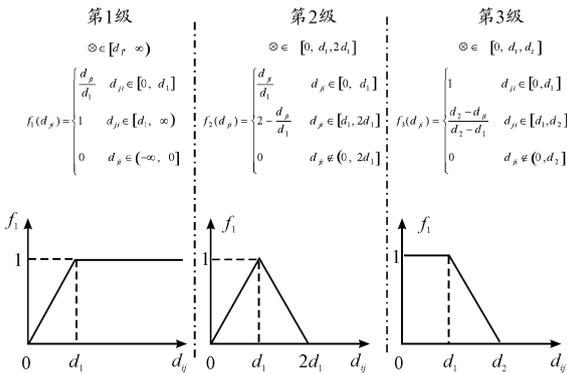


图2 常见灰数及白化函数

## 2 基于灰模式关联分析的多属性决策模型

### 1) 主要方法及流程

#### ① 专家评分

各位专家依据各属性对方案进行评分,评分时采取10分制原则,分值越高者,方案最优。如h位专家对属性j进行评价打分得表1。

表1 专家打分

方案	专家1	专家2	...	专家h
方案1	$d_{11}^{(j)}$	$d_{12}^{(j)}$	...	$d_{1h}^{(j)}$
方案2	$d_{21}^{(j)}$	$d_{22}^{(j)}$	...	$d_{2h}^{(j)}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
方案m	$d_{m1}^{(j)}$	$d_{m2}^{(j)}$	...	$d_{mh}^{(j)}$

#### ② 建立灰数及其白化函数

根据10分制评分原则,可将得分等级分为优、良、中、差四个等级。依据图2判断,四个等级满足如下对应关系:

- “优”(K=1)对应第一级灰数① $\in [9, \infty)$ ;
- “良”(K=2)对应第二级灰数② $\in [0, 7, 14]$ ;
- “中”(K=3)对应第二级灰数③ $\in [0, 5, 10]$ ;
- “差”(K=4)对应第三级灰数④ $\in [0, 1, 4]$ 。

#### ③ 初始模式生成

以第i个方案对应的第j个属性为例,将评分结果代入各灰数的白化函数得:

$$\begin{aligned}
 & k = 1 \\
 n_{i1}^{(j)} &= f_1(d_{i1}^{(j)}) + f_1(d_{i2}^{(j)}) + \dots + f_1(d_{ih}^{(j)}) \\
 & k = 2 \\
 n_{i2}^{(j)} &= f_2(d_{i1}^{(j)}) + f_2(d_{i2}^{(j)}) + \dots + f_2(d_{ih}^{(j)}) \\
 & k = 3 \\
 n_{i3}^{(j)} &= f_3(d_{i1}^{(j)}) + f_3(d_{i2}^{(j)}) + \dots + f_3(d_{ih}^{(j)}) \\
 & k = 4 \\
 n_{i4}^{(j)} &= f_4(d_{i1}^{(j)}) + f_4(d_{i2}^{(j)}) + \dots + f_4(d_{ih}^{(j)})
 \end{aligned}$$

计算:

$$\max_k (n_{ik}^{(j)}), k = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

取其所对应的k值作为方案i对应属性j的特征值,记为。同理方案i对应其他属性的特征值可一一列出。这些特征值共同构成方案i的模式: $X_i = (K_i^1, K_i^2, \dots, K_i^m)$ 即初始模式i。同理可得各方案所对应的初始模式。

#### ④ 构造标准模式

因为初始模式生成时采取的方式的缘故,使得评价体系中各属性的极性均为极小值极性。现以j属性为例,采取如下公式进行变换。

$$k_i^j = \frac{\min(K_i^j)}{K_i^j}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

则,模式i可变换为 $(k_i^1, k_i^2, \dots, k_i^n)$ ,记为 $r_{(i)}$ 。

令

$$r_j = \max_i (k_i^j) \quad (3)$$

$r_j$ 即属性j所对应的标准模式中的值。同理,可得标准模式为:

$$r_{(0)} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$$

#### ⑤ 选出优化方案

以 $r_{(0)}$ 为参考序列, $r_{(i)}$ 为比较序列,令

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\min} &= \min_i \min_j |r_j - k_i^j| \\
 \Delta_{\max} &= \max_i \max_j |r_j - k_i^j| \\
 \Delta_{ij}^{(0)} &= |r_i - k_i^j|
 \end{aligned}$$

可得

$$\xi_{ij}^0 = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}^{(0)} + \zeta \Delta_{\max}} \quad (4)$$

其中, $\xi_{ij}^{(0)}$ 为变换模式 $r_{(i)}$ 与标准模式 $r_{(0)}$ 之间相对于属性j的关联系数; $\zeta$ 为分辨系数,通常取 $0 < \zeta \leq 0.5$ 。

令

$$g_i^{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_{ij}^0 \quad (5)$$

其中, $g_i^{(0)}$ 为变换模式 $r_{(i)}$ 对于标准模式 $r_{(0)}$ 的绝对值关联度。

汇总所有绝对值关联度,其中最大者所对应的模式为最优模式,对应的方案为最优方案。

### 2) 灰模式关联多属性决策模型

综合上述分析,可建立灰模式关联多属性决策模型框图如图3。

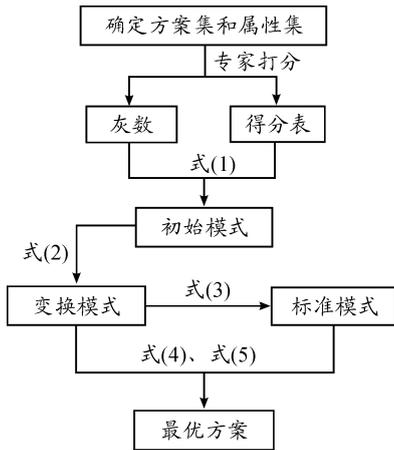


图3 灰模式关联多属性决策模型框图

整个模型的构建分6步完成:

- ① 根据实际所需决策的内容,咨询相关方面专家确定方案集和属性集;
- ② 构建灰数,专家对各方案进行评分;
- ③ 构建初始模式;
- ④ 模式变换;
- ⑤ 构建标准模式;
- ⑥ 变换模式与标准模式比较,选出最优方案。

### 3 示例分析

假设经决策模型分析得某部件的维修方案有任务前预防性维修、任务期间状态维修、任务期间事后维修3种,记为  $C = \{c_1, c_2, c_3\}$ ;考虑装备任务期间工作状态、维修费用、可用度以及使用风险四个属性,记为  $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ 。其中,工作状态主要指装备在任务过程中的技术状态、寿命状态的综合衡量;维修费用指在对装备进行维修所产生的一切费用;可用度表示装备在任意时刻启用时处于可工作或者可使用状态的程度;使用风险指装备在使用过程中发生使任务中断的风险。评分过程中,方案  $c_i$  相对于属性  $b_j$  的评分越高,则方案  $c_i$  情况下对属性  $b_j$  越有利。

#### 1) 专家打分

请5位专家为3个维修方案对应于各属性的值进行评价打分,得表2。

#### 2) 模式生成

表2中数据经式(1)计算可得3个方案初始模式:  $X_1 = (1, 3, 1, 1)$ ,  $X_2 = (2, 3, 1, 1)$ ,  $X_3 = (3, 2, 2, 3)$ 。

初始模式经式(2)转换可得变换模式:

$$r_{(1)} = (1, \frac{1}{3}, 1, 1), r_{(2)} = (\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, 1, 1)$$

$$r_{(3)} = (\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3});$$

变换模式经式(3)得标准模式:  $r_{(0)} = (1, \frac{1}{2}, 1, 1)$ 。

#### 3) 计算方案优先次序

计算式(2)中结果可知:

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_j |r_j - k_i^j| = 0$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_j |r_j - k_i^j| = \frac{2}{3}$$

取分辨系数  $\zeta = 0.5$ ,代入式(4)得:

$$\xi_{ij}^{(0)} = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}^{(0)} + \zeta \Delta_{\max}} = \frac{1}{3\Delta_{ij}^{(0)} + 1}$$

计算各变换模式与标准模式间的关联系数得:

变换模式(1),  $(1, 2/3, 1, 1)$ ;

变换模式(2),  $(2/5, 2/3, 1, 1)$ ;

变换模式(3),  $(1/3, 1, 2/5, 1/3)$ 。

利用式(5)计算各变换模式的绝对值关联度  $g_i^{(0)}$  得:

$$g_1^{(0)} = \frac{1}{4}(1 + \frac{2}{3} + 1 + 1) \approx 0.92$$

$$g_2^{(0)} = \frac{1}{4}(\frac{2}{5} + \frac{2}{3} + 1 + 1) \approx 0.77$$

$$g_3^{(0)} = \frac{1}{4}(\frac{1}{3} + 1 + \frac{2}{5} + \frac{1}{3}) \approx 0.52$$

显然  $g_1^{(0)} > g_2^{(0)} > g_3^{(0)}$ ,由此可见对于该部件在保证任务成功性的前提之下,其最佳维修方案是  $c_1$  即任务前预防性维修。

表2 专家打分

属性方案	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5
$c_1$	9	8	7	8	9
$b_1$					
$c_2$	8	6	7	8	7
$c_3$	6	5	5	4	4
$c_1$	4	3	4	3	3
$b_2$					
$c_2$	5	4	6	6	6
$c_3$	7	6	8	7	7
$c_1$	9	8	8	7	8
$b_3$					
$c_2$	8	8	9	8	9
$c_3$	7	6	5	6	6
$c_1$	9	8	8	9	7
$b_4$					
$c_2$	9	9	8	9	9
$c_3$	5	3	2	3	4

### 4 结论

利用灰模式关联决策方法解决了维修决策结果的优选问题。文中方法可有效适用于装备的维修保障过程中。然而该方法在分析过程中采用的评分方法存在较多主观因素,如何采取更科学的评分方法使得决策更具科学性还有待进一步研究。

(下转第222页)