老哥带你学数模

模糊综合评价模型原理与案例

微信公众号：科研交流

他日若遂凌云志，敢笑黄巢不丈夫

一、模糊数学

现实世界中的许多现象和关系具有不确定性。这些不确定性的表现形式多种多样，如**随机性**、**灰色性**、**模糊性**和**粗糙性**等。

模糊数学正是利用模糊集及其运算研究、处理模糊不确定现象和关系的数学分支学科。

许多数学建模问题包括模糊现象和关系，这类问题往往可以用模糊数学方法处理。

本讲主要介绍**模糊集**和**模糊综合评价**。

二、模糊集

1. 模糊集

现实中的许多现象及关系比较模糊。如高与矮，长与短，大与小，多与少，穷与富，好与差，年轻与年老等。

这类现象不满足“非此即彼”的排中律，而具有“亦此亦彼”的模糊性。

需要指出的是，模糊不确定不同于随机不确定。随机不确定是因果律破损造成的不确定，而模糊不确定是由于排中律破损造成的不确定。

为了研究模糊现象和关系，美国控制论专家扎德1965年引入了模糊集概念。

定义 设给定论域 U，所谓U上的一个模糊集A是指对于任意$x \in U$，都都能确定一个正数$\mu_A(x) \in [0,1]$用其表示 x 属于A的程度。映射

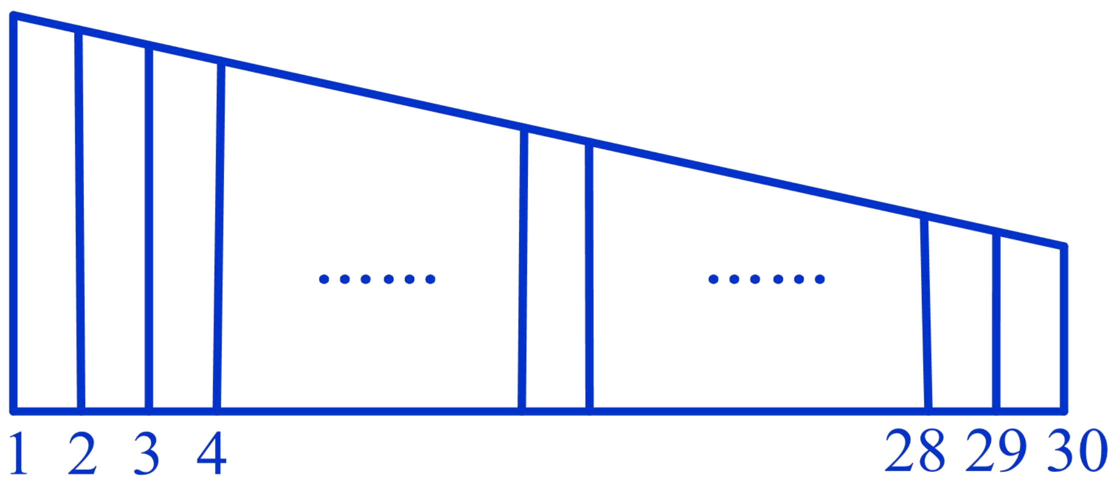
$$x \in U \to \mu_A(x) \in [0,1]$$

称为A的**隶属函数**，函数值$\mu_A(x)$称为x对A的**隶属度**。

显然，每个元素都有隶属度的集合即为模糊集。确定模糊集的关键是构造隶属函数。

下面举例说明如何构造隶属度。

例1 从下列30条线段中选出长线段。



解 “长” 是模糊概念，可用模糊集描述。

设x_i表示第$i(i=1,2,\ldots,30)$条线段,则论域 $U=\{x_1, x_2,\ldots, x_{30}\}$。

若A为“长线段”的集合，则线段x_i作为集A的成员资格，就是x_i对A的隶属度。

下面建立A的一种隶属函数。

因为线段越长，属于A 的程度越大，所以线段的长短可作为A的隶属度。

从而，令$A(x_1)=1, A(x_{30})=0$，作直线

$$A(x_i)-0=\frac{1-0}{1-30}(i-30)$$

从而得第i条线段x_i属于“长线段”集A的隶属函数

$$A(x_i)=\frac{1}{29}(30-i), i=1,2,\cdots,30$$

2. 模糊集的运算

由于模糊集中没有元素和集合间的绝对隶属关系，所以模糊集的运算是通过隶属函数完成的。

设模糊集A,B的隶属函数为$\mu_A(x)$，$\mu_B(x)$，则A与B的常用运算有

(1) 包含：$A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \le \mu_B(x)$

(2) 相等：$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x)$

(3) 交：$C = A \cup B \Leftrightarrow \mu_C(x)$

$$= \mu_A(x) \vee \mu_B(x)$$

(4) 补：$A^C \Leftrightarrow \mu_{A^C}(x) = 1 - \mu_A(x)$

(5) 内积：$A \quad B = \bigvee_{x \in U} \left(A(x) \wedge B(x) \right)$

(6) 外积：$A \otimes B = \bigwedge_{x \in U} \left(A(x) \vee B(x) \right)$

其中$\vee, \wedge$分别表示取大，小运算。

3. 隶属度函数的确定

由模糊集的概念可知，模糊数学的基本思想是隶属度，所以应用模糊数学方法建立数学模型的关键是建立符合实际的隶属函数。然而，如何确定一个模糊集的隶属函数至今还是尚未完全解决的问题。

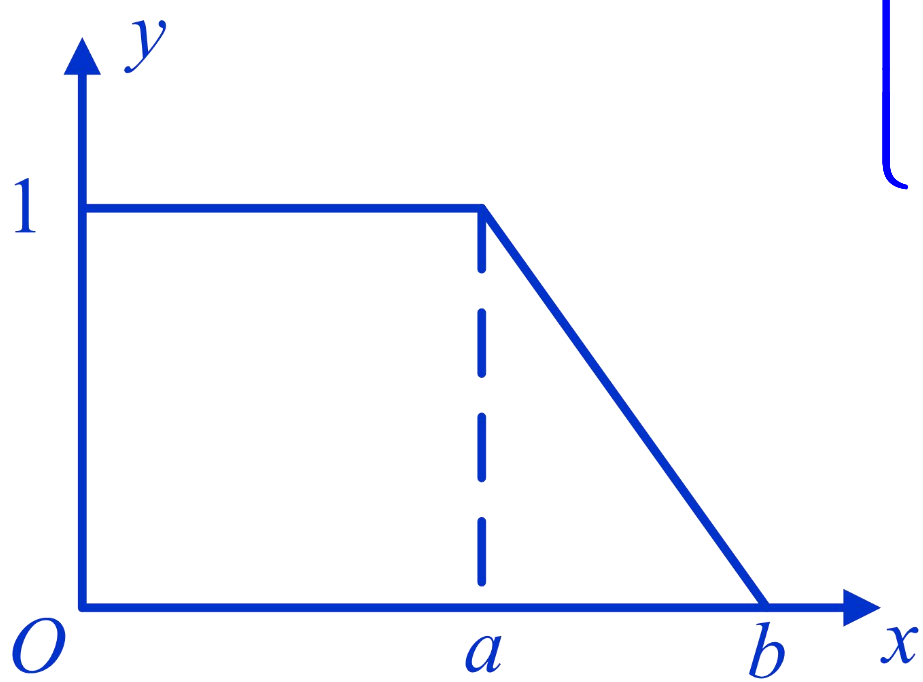
确定隶属度的常用方法是模糊分布法。

模糊分布法将隶属函数看成一种模糊分布，首先根据问题性质选取适当的模糊分布，然后再依据相关数据确定分布中的参数。

下面简要介绍模糊分布中常用的梯形分布。

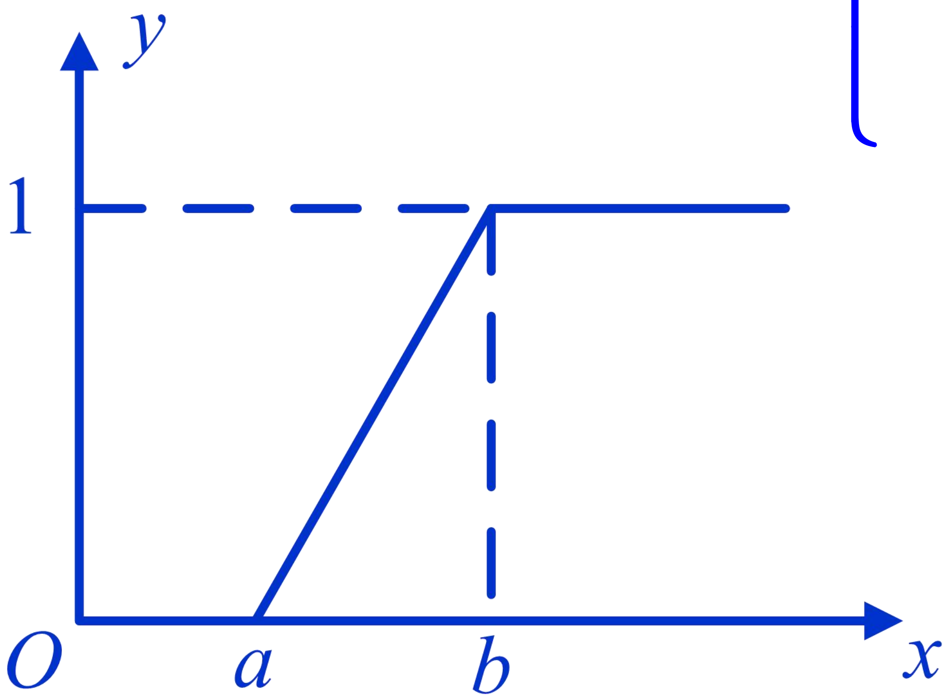
(1) 偏小型

$$A(x)=\begin{cases}1, & x<a,\\ \dfrac{b-x}{b-a}, & a\le x\le b,\\ 0, & x>b.\end{cases}$$

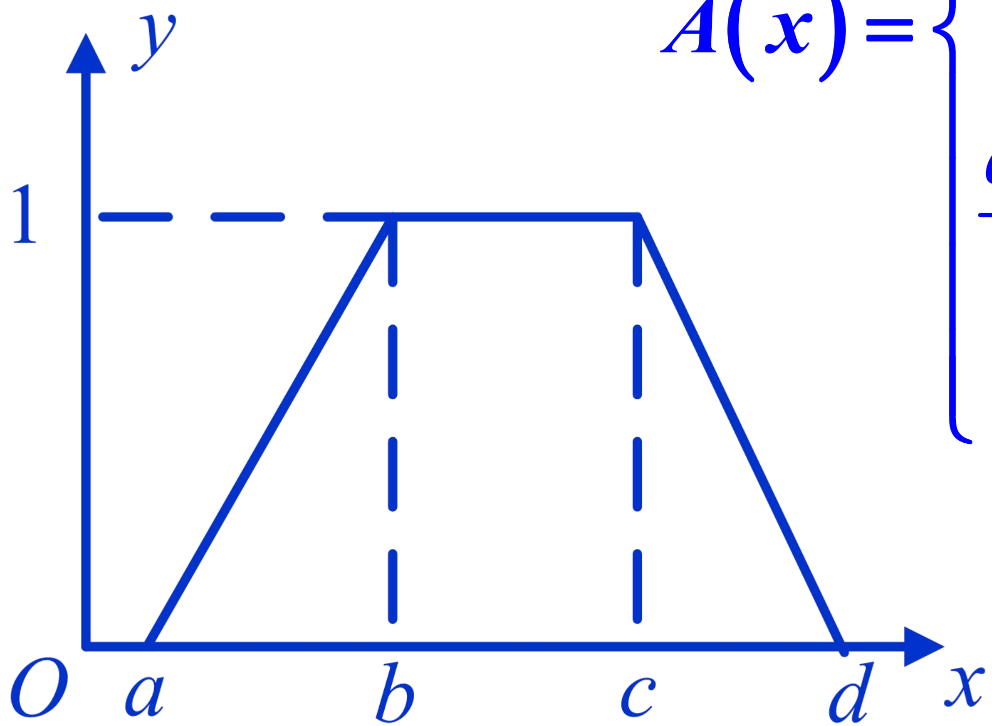


(2) 偏大型

$$A(x)=\begin{cases}0, & x<a,\\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a\le x\le b,\\ 1, & x>b.\end{cases}$$



(3) 中间型



$$A(x)=\begin{cases}0, & x<a,\\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a\le x<b,\\ 1, & b\le x<c,\\ \dfrac{d-x}{d-c}, & c\le x<d\\ 0, & x\ge d.\end{cases}$$

偏小型一般适用于描述“小”、“少”、“浅”、“淡”等偏向小的程度的模糊现象；偏大型正好与偏小型相反；而中间型一般适用于描述处于中间状态的模糊现象。

三、模糊综合评价

评价是人类社会中经常性的、极为重要的认识活动。

对一个事物的评价通常要涉及多个因素或多个指标，评价是在多因素相互作用下的一种综合评判。

综合评价是数学建模竞赛中较为常见的问题，如长江水质的评价与预测(2005A), 艾滋病疗法的评价及疗效的预测(2006B), 2010上海世博会影响力的定量评估(2010B)。

综合评价的方法众多，常用的有灰色评价法、层次分析法、模糊综合评价法、数据包络分析法、人工神经网络评价法、理想解法等。有时，还可将两种评价方法集成为组合评价方法。

各种评价方法出发点不同，解决问题的思路不同，适用对象不同，各有优缺点。

不同的评价方法会产生不同的评价结论，有时甚至结论相左，即综合评价的结果不是唯一的。

模糊综合评价作为模糊数学的一种具体应用，最早由我国学者汪培庄提出。基本思想是：以模糊数学为基础，应用模糊关系合成原理，将一些边界不清、不易定量的因素定量化，从多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合评价。具体步骤为：首先确定被评价对象的因素集和评价集，然后再分别确定各因素的权重及它们的隶属度向量，获得模糊评价矩阵，最后将模糊评价矩阵与因素的权向量进行模糊运算并归一化，从而得到模糊评价综合结果。

模糊综合评价法简单易掌握，对多因素、多层次的复杂问题评价效果较好，很难为其它评价方法所替代。

1. 确定评价指标和评价等级

设$U=\{u_1,u_2,\ldots,u_m\}$为刻画被评价对象的m种因素，即**评价指标**；$V=\{v_1,v_2,\ldots,v_n\}$为刻画每一因素所处状态的n种评语，即**评价等级**。

这里，m为评价因素的个数，通常由具体指标体系决定; n为评语的个数，一般划分为3～5个等级。

例如，某服装厂欲采用模糊综合评价法来了解顾客对某种服装的欢迎程度。

顾客是否喜欢某种服装，通常与这种服装的花色、样式、价格、耐用度和舒适度等因素有关，故确定评价服装的因素集为U={花色, 样式, 价格, 耐用度，舒适度}。

综合评价的目的是弄清楚顾客对衣服各方面的欢迎程度。因此，评价集应为V={很欢迎, 欢迎, 一般, 不欢迎}。

2. 构造模糊综合评价矩阵

在确定了评价指标和评价等级后，接着就要对每个评价指标u_i (i=1, 2,…m)逐一进行模糊评价。

具体评价方法是：对评价指标u_i给出其能被评为等级v_j的隶属度r_{ij}。r_{ij}可理解为指标u_i对于等级v_j的隶属度，通常要将r_{ij}归一化以便于使用。

设指标 u_i 的模糊评价为 $r_i=(r_{i1},r_{i2},\ldots,r_{in})$，则对所有评价指标 $u_i(i=1,2,\ldots,m)$ 进行的模糊评价构成的矩阵

$$R=\left(r_{ij}\right)_{m\times n}=\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

称为各指标的模糊综合评价矩阵。

通常采用频率法确定隶属度r_{ij}。

例如，在前例中，对该服装的花色，众多被调查者中有20%认为“很欢迎”，50%认为“欢迎”，30%认为“一般”，没有人认为“不欢迎”，则u_1的评价向量为$R_1=(0.2, 0.5, 0.3, 0)$。

同理可得其它指标的评价向量为

R_1=(0.2,0.5,0.3,0)，R_2=(0.1,0.3,0.5,0.1)，R_3=(0,0.1,0.6,0.3)，R_4=(0,0.4,0.5,0.1)，R_5=(0.5,0.3,0.2,0)。

由此可得模糊综合评价矩阵为

$$A=\begin{pmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.6 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \end{pmatrix}$$

3. 评价指标权重的确定

确定了模糊综合评价矩阵，尚不足以对事物做出评价。原因在于，各评价指标在评价目标中有不同的地位和作用，即各评价指标在综合评价中占有不同的权重。

通常引入一个模糊向量 $A=(a_1, a_2,\ldots,a_n)$ 来表示各评价指标在目标中所占权重，称之为**权重向量**。

其中a_i为u_i的权重， $a_i \geq 0, \sum a_i = 1$

确定权重通常有主观和客观两类方法。主观法的代表是层次分析法。客观法是根据各指标间的联系，利用数学方法计算出各指标的权重，如质量分数法、变异系数法等。

下面用实例介绍变异系数法。

例2 已知5个投资方案如下表，试确定4个评价指标的权重。

方案 目标	A1	A2	A3	A4	A5
投资额	5.20	10.08	5.25	9.72	6.60
期望净现	5.20	6.70	4.20	5.25	3.75
风险盈利	4.73	5.71	3.82	5.54	3.30
风险损失	0.473	1.599	0.473	1.313	0.803

变异系数法的设计原理是：若某项指标的数值差异较大，能明确区分开各被评价对象，说明该指标的分辨信息丰富，因而应给该指标以较大的权重；反之，若各个被评价对象在某项指标上的数值差异较小，那么这项指标区分各评价对象的能力较弱，因而应给该指标较小的权重。

因为方差可以描述取值的离散程度，即某指标的方差反映了该指标的的分辨能力，所以可用方差定义指标的权重。

由于方差的大小是相对的，还需考虑指标取值的大小、量级，故指标的分辨能力可定义为

$$v_i = s_i \Big/ \left|\overline{x_i}\right|$$

解 根据变异系数法，可按照下列步骤确定各指标的权重：

(1) 计算第i项指标的均值与方差

$$\overline{x_i} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} a_{ij},\ s_i^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{n}\left(a_{ij} - \overline{x_i}\right)^2$$

(2) 令 $v_i = s_i \big/ \left|\overline{x_i}\right|$，则归一化的$v_i$即为各指标的权重，即

$$\omega_i = v_i \Big/ \sum v_i$$

经计算，

$$\overline{x_1} = 7.37,\ s_1 = 2.38,$$

$$v_1 = \frac{s_1}{\overline{x_1}} = \frac{2.38}{7.37} = 0.323,$$

同理

$$v_2 = 0.227,\ v_3 = 0.228,\ v_4 = 0.544$$

从而，4项评价指标的权重为

$$\omega_1 = 0.244, \omega_2 = 0.172,$$
$$\omega_3 = 0.173, \omega_4 = 0.412.$$

需要指出的是，用变异系数法求出的某指标的权重与该指标在评价体系中的重要性是**两个概念**。

变异系数法的作用只是提高指标的分辨能力，利于排序。

其实，使用变异系数法的前提恰恰是所有指标在评价体系中的重要性相当。也就是说，当指标在评价体系中的重要性相差较大时，使用变异系数法确定权重并不一定合适。

4. 模糊合成与综合评价

模糊综合评价矩阵R中的不同行反映了被评价事物从不同的指标评价对各等级的隶属程度。用权向量A将不同的行进行综合，就可得到被评价事物从总体上对各等级的隶属程度，即模糊综合评价结果。

通常采用所谓“模糊合成”来实现

上述综合，基本思想是：对评价矩阵 R 和权向量A进行某种适当的模糊运算，将两者合成为一个模糊向$B=\{b_1,b_2,\ldots,b_n\}$，即$B=A\ R$，然后对B按照一定法则进行综合分析后即可得出最终的模糊综合评价结果。

常用的模糊合成算子有：

$$(1)M(\wedge,\vee):b_j=\bigvee_{i=1}^{m}\left(a_i\wedge r_{ij}\right)$$

$$(2)M(\cdot,\vee):b_j=\bigvee_{i=1}^{m}\left(a_i\cdot r_{ij}\right)$$

$$(3)M(\wedge,+):b_j=\sum_{i=1}^{m}\left(a_i\wedge r_{ij}\right)$$

$$(4)M(\cdot,+):b_j=\sum_{i=1}^{m}\left(a_i\cdot r_{ij}\right)$$

上述模糊合成算子的特点是：

特点	算子			
	$M(\wedge,\vee)$	$M(\cdot,\vee)$	$M(\wedge,\oplus)$	$M(\cdot,\oplus)$
体现权数作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
利用 R 的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素突出型	主因素突出型	加权平均型	加权平均型

其实，也可以取M为普通的矩阵乘法，此时合成即为加权平均。至于到底取何种算子取决于问题的性质和算子的特点。

通常，采用主因素突出型和加权平均型算法的结果大同小异。但在实际中还是要注意这两类算法的特点。

主因素突出型适用于模糊矩阵中数据相差很悬殊的情形，而加权平均型则常用于因素很多的情形，可以避免信息丢失。

B称为模糊**综合评价向量**，b_j满足 $0 \quad b_j <1$，且需要**归一化**。b_j可理解为被评价对象对第j等级的隶属度。

对B分析处理后即可获得综合评价结果。分析处理B的常用方法有：

(1) **最大隶属度法**，即认定被评价对象的等级为最大隶属度对应的等级，适用于某隶属度明显大于其它隶属度的情形。

（2）**加权平均法**，具体方法是：给评价集$V=\{v_1,v_2,\dots,v_n\}$中的各等级赋以适当的分值$C=\{c_1,c_2,\dots,c_n\}$，用归一化的综合评价向量$B=\{b_1,b_2,\dots,b_n\}$对C的加权平均值

$$\sum_{i=1}^{n} c_i b_i$$

做为模糊综合评价结果。

例如，设评价等级集为{很好, 好, 一般, 差}，综合评价向量B={0.4, 0.3, 0.2, 0.1},。按最大隶属度法，评价等级为“很好”。若给评价集分别赋值{4, 3, 2, 1}，则加权平均值为

$$4\times0.4+3\times0.3+2\times0.2+1\times0.1=3.0$$

即评价等级为“好”。

例3 在教学过程的综合评价中，取U={清楚易懂，教材熟悉，生动有趣，板书整齐清晰}，V={很好，较好，一般，不好}。设某班学生对教师的教学评价矩阵为

$$R=\begin{pmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \end{pmatrix}$$

若考虑权重A=(0.5, 0.2, 0.2, 0.1), 试求学生对这位教师的综合评价。

解 根据A和R，利用四种合成算子，编程计算得

$$B=\begin{pmatrix} 0.3333 & 0.4167 & 0.1667 & 0.0833 \\ 0.3200 & 0.4000 & 0.2000 & 0.0800 \\ 0.3390 & 0.4237 & 0.2033 & 0.0339 \\ 0.3500 & 0.3700 & 0.2400 & 0.0400 \end{pmatrix}\begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \end{matrix}$$

$$M(\wedge,\vee): b_j = \bigvee_{i=1}^{m}\left(a_i \wedge r_{ij}\right)$$

A=(0.5, 0.2, 0.2, 0.1)

$$R = \begin{pmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \end{pmatrix}$$

结果表明，学生对该老师在“教材熟悉”方面最认可，“清楚易懂”次之，“板书整齐清晰”则得不到认可。

显然，例3过于简单。不仅给出了模糊综合评价矩阵R，而且还直接给出了权重向量A。

其实，实际问题往往只提供了一系列的评价对象以及每个对象的若干评价指标，并且这些指标可能数值差异很大，性质也不同。

此时，不仅指标的权重向量A需要根据适当的方法确定，就连评价矩阵R也要按照某种方法对评价指标进行处理后才能获得。

确定权重向量A的常用方法是前面介绍的变异系数法，而处理评价指标获取评价矩阵R的常用方法有相对偏差法和相对优属度法。

这两种方法简单、实用，在建模竞赛中可考虑与灰色关联分析结合使用。

5. 相对偏差模糊矩阵评价法

相对偏差模糊矩阵评价法与灰色关联分析有点类似。首先虚拟一个理想方案u，然后按照某种方法建立各方案与u的偏差矩阵R，再确定各评价指标的权重A，最后用A对R加权平均得各方案与u的综合距离F，则根据F即可对方案进行排序。

相对偏差评价法步骤如下：

(1) 虚拟理想方案

$$u=(u_1, u_2,\cdots, u_n)$$

其中

$$u_i=\begin{cases}\max\limits_j\{a_{ij}\}, & a_{ij}\text{为效益型指标}\\ \min\limits_j\{a_{ij}\}, & a_{ij}\text{为成本型指标}\end{cases}$$

(2) 建立相对偏差模糊矩阵R

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

其中：

$$r_{ij} = \frac{\left| a_{ij} - u_i \right|}{\max_j \left\{ a_{ij} \right\} - \min_j \left\{ a_{ij} \right\}}$$

(3) 确定各评价指标权重w_i

(4) 对各方案的偏差加权平均

$$F_j = \sum_{i=1}^{m} w_i r_{ij} \left(j = 1, 2, \cdots, n \right)$$

(5) 根据F_j值进行综合评价

若$F_t<F_s$，则第t个方案排在第s个方案之前。

例4 现有下列5个农业技术经济方案，试评价各方案的优劣。

方案＼指标	产量($x1$)	投资($x2$)	耗水量($x3$)	用药量($x4$)	劳力($x5$)	除草剂($x6$)	肥力($x7$)
A1	1000	120	5000	1	50	1.5	1
A2	700	60	4000	2	40	2	2
A3	900	60	7000	1	70	1	4
A4	800	70	8000	1.5	40	0.5	6
A5	800	80	4000	2	30	2	5

解上述评价指标中，产量、肥力是效益型，而其余均为成本型。

(1)理想方案为

u=(1000,60,4000,1,30,0.5,1)。

(2)根据前述方法求出相对偏差模糊矩阵。

$$\underset{\sim}{R}=\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0.25 & 0 & 0.5 & 0.66 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0.75 & 1 & 0.8 \\ 0.333 & 0 & 0.75 & 0 & 0 & 0.33 & 0.4 \\ 0.667 & 0.17 & 1 & 0.5 & 0.75 & 0 & 0 \\ 0.667 & 0.33 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0.2 \end{pmatrix}$$

(3)由变异系数法求出指标权重。

$$\bar{x}_1 = 0.53, \bar{x}_2 = 0.3, \bar{x}_3 = 0.4, \bar{x}_4 = 0.5,$$
$$\bar{x}_5 = 0.6, \bar{x}_6 = 0.598, \bar{x}_7 = 0.48;$$
$$s_1 = 0.3793, s_2 = 0.4147, s_3 = 0.4541, s_4 = 0.5,$$
$$s_5 = 0.3791, s_6 = 0.4349, s_7 = 0.4147;$$
$$v_1 = 0.7127, v_2 = 1.3822, v_3 = 1.1354, v_4 = 1,$$
$$v_5 = 0.6319, v_6 = 0.7272, v_7 = 0.864.$$

0.110,0.214,0.176,0.156,0.098,0.113,0.134

(4)各方案的加权平均偏差为0.3525, 0.4558, 0.4505, 0.5206, 0.5864,

故方案的优劣次序为1, 3, 2, 4, 5。

6. 相对优属度模糊矩阵评价法

相对偏差法的评价依据是各方案与理想方案的偏差，而相对优属度评价法的基本思想是：首先用适当的方法将所有指标(效益型、成本型、固定型)转化为效益型(成本型)，得到优属度矩阵R，再确定各评价指标的权重A，最后用A对R加权平均得各方案的综合优属度F，则根据F即可对方案进行排序。

相对优属度评价法步骤如下：

(1) 建立模糊效益矩阵R=(r_{ij})

$$r_{ij}=\begin{cases} a_{ij}\Big/\max\limits_{j}\left\{a_{ij}\right\}, a_{ij}\text{为效益型} \\ \min\limits_{j}\left\{a_{ij}\right\}\Big/a_{ij}, a_{ij}\text{为成本型} \\ \min\limits_{j}\left|a_{ij}-\alpha_{j}\right|\Big/\left|a_{ij}-\alpha_{j}\right|, a_{ij}\text{为固定型} \end{cases}$$

其中α_j是第j个指标的适度值。

(2) 确定各评价指标权重w_i

(3) 对各方案的优属度加权平均

$$F_j = \sum_{i=1}^{m} w_i r_{ij} \left(j = 1, 2, \cdots, n \right)$$

(4) 根据F_j值进行综合评价

若$F_t > F_s$，则第t个方案排在第s个方案之前。

例5 对例2中的五个方案进行综合评价。

解 在例2的4个指标中，投资额、风险损失为成本型，期望净现值、风险盈利值为效益型。

(1)按前述方法建立相对优属度模糊矩阵。

$$M=\begin{pmatrix} 1 & 0.5159 & 0.9905 & 0.5350 & 0.7879 \\ 0.7761 & 1 & 0.6269 & 0.7836 & 0.5597 \\ 0.8284 & 1 & 0.6690 & 0.9702 & 0.5779 \\ 1 & 0.2958 & 1 & 0.3602 & 0.5890 \end{pmatrix}$$

(2)由变异系数法求出指标权重。

（0.259,0.235,0.246,0.259）

(3)各方案的加权平均优属度为

0.9320, 0.5919, 0.8765, 0.5808, 0.6307,

故方案排序为1, 3, 5, 2, 4。

7. 讨论

由于灰色关联分析、相对偏差法和相对优属度法均属综合评价类方法,且都有解决同样的问题，所以自然产生一个问题：这三种方法评价同一问题的结论完全一致吗?

首先分别用相对偏差法和相对优属度法评价例5和例4。

相对偏差法评价例5的结果是：

方案排序为1，3，5，4，2。

相对优属度法的排序结果是

1，3，5，2，4。

两个方法的结果略有差异。

相对优属度法评价例4的结果是:

方案排序为1, 4, 2, 3, 5。

相对偏差法的排序结果是:

1, 3, 2, 4, 5 。

两个方法的结果差异稍大。

究竟哪个方法的结果更可靠呢?

下面再利用灰色关联分析对例4和例5进行综合评价。

灰色关联分析对例4中的方案的排序结果是：1, 3, 2, 5, 4，例5的排序结果为：1, 3, 2, 4, 5，与前两个方法的结果均不完全相同。

考虑到灰色关联分析将每个指标视为等权重，出现这个结果其实并不意外。

如果在灰色关联分析中采用与前两个方法一样的权重，则例4的排序结果为：1, 2, 3, 4, 5，例5的排序结果为：1, 3, 2, 5, 4，分别与相对偏差法和相对优属度法几乎完全一致。

若将分辨系数设为0.9，则例5灰色关联分析的结果与相对优属度法完全一致。

综上，可以得出如下结论：

(1) 灰色关联分析法、相对偏差法和相对优属度法对同一问题的评价、排序结果不尽相同；

(2) 当各**指标**在评价体系**重要性相当时**，用变异系数法确定指标权重，可提高上述方法排序的分辨率；

(3) 当各指标在评价体系重要性差异较大时，可考虑用层次分析法确定指标权重；

(4) 在实际中，对于评价类问题，应同时应用上述几种方法进行综合评价，以提高评价的可靠性。

练习1 下表为三峡水利工程枢纽确定正常蓄水位的四个技术方案。对其进行综合评价，找出最优方案。

方案 评价指标	方案1(150)	方案2(160)	方案3(170)	方案4(180)
防洪(减少淹没)面积	47	47	54.7	58.8
航运(改善航道里程)	500	500	600	660
发电效益	677	732	785	891
工程投资	214.8	236.4	270.7	311.4
移民费用	53.4	69.5	97.8	123.3
泥沙淤积	77.82	77.97	82.07	90.15
生态环境影响	1	1	2	2
与上游衔接	1	1	1.5	2

练习2 2005年安徽省各地市水资源数据如下表，对其进行综合评价。

地区	水资源总量(万方)	地表水资源量	地下水资源量	人均水资源量
总计	719.25	672.20	195.41	0.12
合肥	23.39	23.38	5.67	0.05
淮北	13.36	10.32	5.66	0.07
亳州	43.83	33.91	18.43	0.08
宿州	43.03	31.14	17.96	0.07
蚌埠	31.75	25.46	12.27	0.10
阜阳	66.54	54.49	23.14	0.08
淮南	9.90	7.98	4.26	0.04

滁州	42.93	42.62	11.01	0.10
六安	120.97	120.72	27.69	0.20
马鞍山	5.57	5.47	2.50	0.04
巢湖	41.49	41.17	10.74	0.10
芜湖	15.70	15.56	4.40	0.07
宣城	64.28	64.18	14.05	0.24
铜陵	6.03	5.95	1.22	0.09
池州	53.59	53.45	9.49	0.36
安庆	79.62	79.18	17.75	0.14
黄山	57.27	57.27	9.17	0.40

THE END