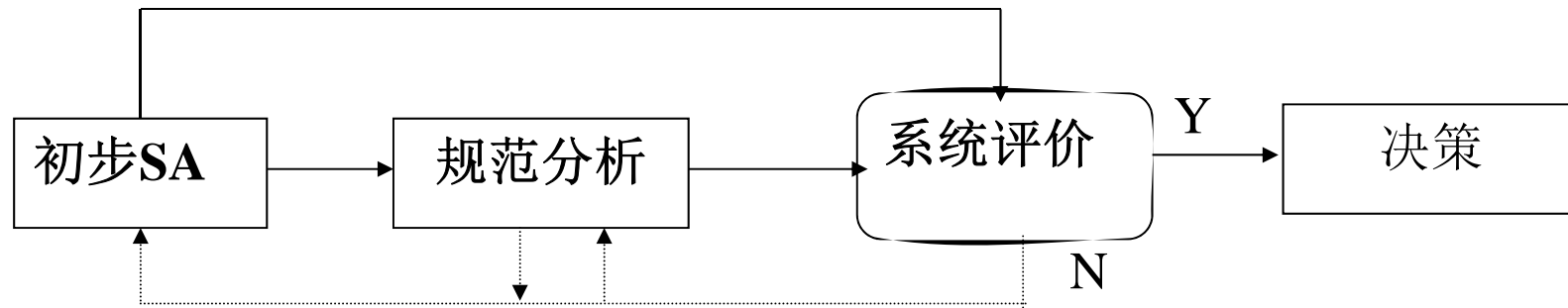


第五讲 系统评价

- 一 系统评价原理
- 二 关联矩阵法
- 三 层次分析法
- 四 模糊综合评判法

— 系统评价原理

1 意义



简单来说，系统评价就是全面评定系统的价值。

一 系统评价原理

2 概念

系统评价（评价→价值）

评价主体对系统方案满足系统目标程度的综合分析及判定。

评价对象（What）（熟悉方案和确定评价指标）

评价主体（Who）（评定对象系统价值大小的人或集体）

效用：某主体对某种利益和损失所独有的感觉及反应。

一 系统评价原理

评价目的 (Why)

评价时期 (When)

期初评价、期中评价、期末评价、跟踪评价

评价地点 (Where)

评价方法 (How)

系统评价是多方面要素 (5W1H) 所构成的问题复合体。

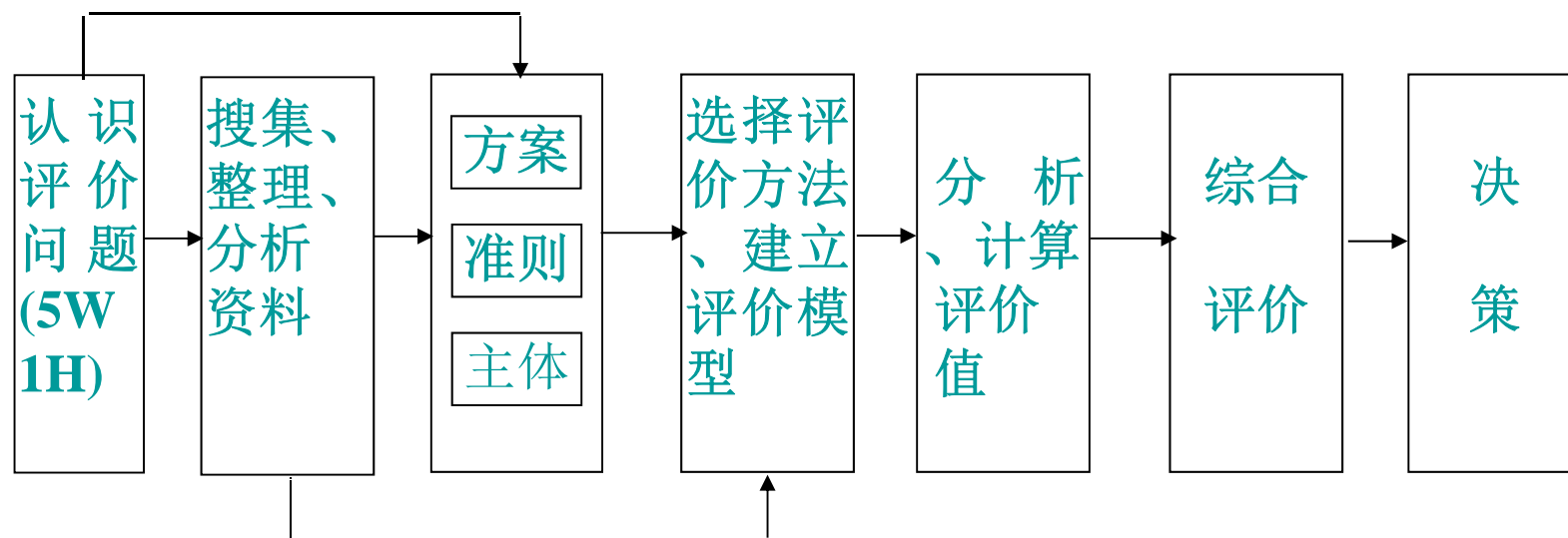
一 系统评价原理

3 评价分类

- **按评价项目分类：** 目标评价、方案评价、设计评价、计划评价、规划评价
- **按内容分类：** 技术评价、经济评价、社会评价、综合评价

一 系统评价原理

4 程序和方法



✚ 关联矩阵法（原理性方法）

✚ 层次分析法（评价要素多层次分布）

✚ 模糊综合评判法（多评价主体）

二 关联矩阵法

关联矩阵法是常用的系统综合评价法，它主要是用矩阵形式来表示各替代方案有关评价指标及其重要度与方案关于具体指标的价值评定量之间的关系。设有：

$A_1、A_2、\dots、A_m$ 是某评价对象的 m 个替代方案。

$X_1、X_2、\dots、X_n$ 是评价替代方案的 n 个评价指标。

$W_1、W_2、\dots、W_n$ 是 n 个评价指标的权重。

$V_{i1}、V_{i2}、\dots、V_{in}$ 是第 i 个替代方案 A_i 的关于 X_j 指标($j=1\sim n$)的价值评定量。

$A_i (i = \overline{1, m})$: 评价对象 (可替代且非劣方案)

$X_j (j = \overline{1, n})$: 评价指标 (准则、项目)

ω_j : 指标权重, $0 < \omega_j < 1, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1$

二 关联矩阵法

根据具体评价系统，确定系统评价指标体系及其相应的权重，然后对评价系统的各个替代方案计算其综合评价值，即求出各评价指标评价值的加权和。

V_{ij} A_i	X_j	X_1	X_2	\dots	X_n	V_i
	ω_{ij}	ω_1	ω_2	\dots	ω_n	
A_1				\dots		$V_1 = \sum_{j=1}^n \omega_j V_{1j}$
A_2				\dots		$V_2 = \sum_j \omega_j V_{2j}$
\vdots		\vdots	\vdots	\cdot	\vdots	\vdots
A_m				\dots		$V_m = \sum_j \omega_j V_{mj}$

$$\omega_{ij} = ?$$

$$V_{ij} = ?$$

逐对比较法、古林法

逐对比较法

逐对比较法是确定评价指标权重的简便方法之一。其基本的做法是：对各替代方案的评价指标进行逐对比较，给相对重要的指标得分，据此可得到各评价项目的权重 W_j 。再根据评价主体给定的评价尺度，对各替代方案在不同评价指标下一一进行评价，得到相应的评价值，进而求加权和得到综合评价值。

二 关联矩阵法

方案预期结果列表

评价指标Xj 替代方案Ai	期望利润(万元)	产品成品率(%)	市场占有率(%)	投资费用(万元)	产品外观
自行设计(A ₁)	650	95	30	110	美观
国外引进(A ₂)	730	97	35	180	比较美观
改建(A ₃)	520	92	25	50	美观

二 关联矩阵法

逐对比较法列表

评价指标	得分序号										累计得分	权重
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
期望利润 (X_1)	1	1	1	1							4	0.4
产品成品率 (X_2)	0				1	1	1				3	0.3
市场占有率 (X_3)		0			0			0	1		1	0.1
投资费用 (X_4)			0			0		1		1	2	0.2
产品外观 (X_5)				0			0		0	0	0	0.0

二 关联矩阵法

评价尺度例表

评价尺度(得分) 评价指标	5	4	3	2	1
期望利润（万元）	800以上	701-800	601-700	501-600	500以下
产品成品率（%）	97以上	96-97	91-95	86-90	85以下
市场占有率（%）	40以上	35-39	30-34	25-29	25以下
投资费用（万元）	20以下	21-80	81-120	121-160	160以上
产品外观	非常美观	美观	比较美观	一般	不美观

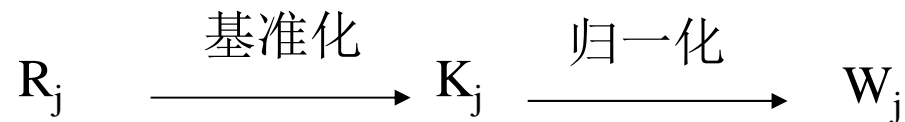
二 关联矩阵法

x_j 关联矩阵表（逐对比较法）

V_{ii} A_i	ω_j	期望利润	产品成品率	市场占有率	投资费用	产品外观	V_i
		0.4	0.3	0.1	0.2	0.0	
自行设计(A_1)		3	3	3	3	4	3.0
国外引进(A_2)		4	4	4	1	3	3.4
改建(A_3)		2	3	2	4	4	2.7

古林法求 ω_j 例表

序号	评价指标	R_j	K_j	ω_j
1	期望利润	3	18	0.580
2	产品成品率	3	6	0.194
3	市场占有率	0.5	2	0.065
4	投资费用	4	4	0.129
5	产品外观	—	1	0.032
合计			31	1.000



二 关联矩阵法

古林法求 V_{ij} 列表

序号 (j)	评价指标	替代方案	R_{ij}	K_{ij}	V_{ij}
1	期望利润	A_1	0.890	1.250	0.342
		A_2	1.404	1.404	0.384
		A_3	—	1.000	0.274
2	产品成品率	A_1	0.979	1.032	0.334
		A_2	1.054	1.054	0.342
		A_3	—	1.000	0.324

二 关联矩阵法

3	市场占有率	A_1	0.857	1.200	0.333
		A_2	1.400	1.400	0.389
		A_3	—	1.000	0.278
4	投资费用	A_1	1.636	0.455	0.263
		A_2	0.287	0.287	0.160
		A_3	—	1.000	0.577
5	产品外观	A_1	1.333	1.000	0.364
		A_2	0.750	0.750	0.272
		A_3	—	1.000	0.364

二 关联矩阵法

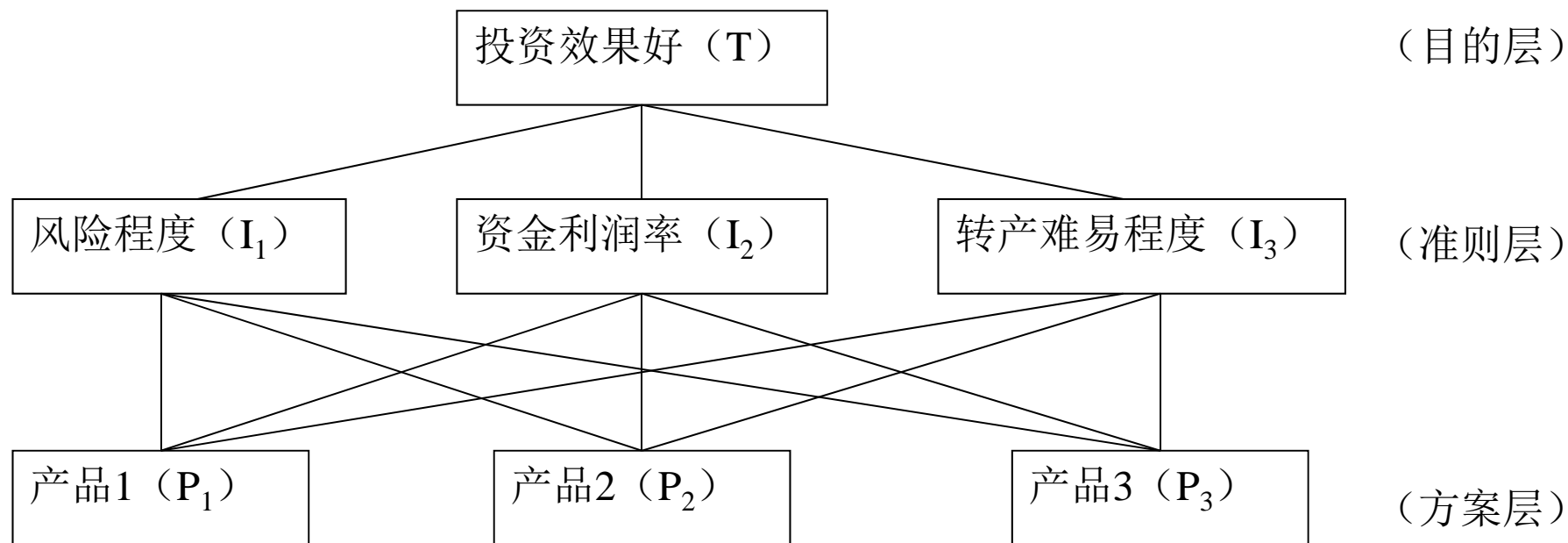
关联矩阵列表（古林法）

X_j	期望利润	产品成品率	市场占有率	投资费用	产品外观	V_i
ω_j	0.580	0.194	0.065	0.129	0.032	
V_{ij}						
A_i						
A_1	0.342	0.334	0.333	0.263	0.364	0.330
A_2	0.384	0.342	0.389	0.160	0.272	0.334
A_3	0.274	0.324	0.278	0.577	0.364	0.326

三 层次分析法 (AHP)

许多评价问题的评价对象属性多样、结构复杂，难以完全采用定量方法或简单归结为费用、效益或有效度进行优化分析与评价，也难以在任何情况下，做到使评价项目具有单一层次结构。这时需要首先建立多要素、多层次的评价系统，并采用定性与定量有机结合的方法或通过定性信息定量化的途径，使复杂的评价问题明朗化。

三 层次分析法 (AHP)



基本思想和实施步骤:

AHP方法把复杂问题分解成各个组成因素，又将这些因素按支配关系分组形成递阶层次结构。通过两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性。然后综合有关人员的判断，确定备选方案相对重要性的总排序。整个过程体现了人们分解—判断—综合的思维特征。

三 层次分析法 (AHP)

AHP方法步骤:

(1) 分析评价系统中各基本要素之间的关系，建立系统的**递阶层次结构**；

三个层次

- 最高层：这一层次中只有一个要素，一般它是分析问题的预定目标或期望实现的理想结果，是系统评价的最高准则，因此也称目的或总目标层。
- 中间层：这一层次包括了为实现目标所涉及的中间环节，它可以由若干个层次组成，包括所需考虑的准则、子准则等，因此也称为准则层。
- 最低层：表示为实现目标可供选择的各种方案、措施等，是评价对象的具体化，因此也称为方案层。

两种建立递阶层次结构的方法:

- 分解法**: 目的 分目标(准则) 指标(子准则) ... 方案
- 解释结构模型化方法 (ISM法)**: 评价系统要素的层次化。

三 层次分析法 (AHP)

AHP方法步骤:

(2) 对同一层次的各要素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较，构造**判断矩阵**（专家调查法）；

(3) 由判断矩阵计算被比较要素对于该准则的**相对权重**；

(4) 计算各层要素相对于系统目的（总目标）的**合成（总）权重**，并据此对方案等排序（关联矩阵表及加权和法）。

三 层次分析法 (AHP)

AHP方法的基本工具——判断矩阵

判断矩阵标度定义

标度	含义
1	两个要素相比，具有同样重要性
3	两个要素相比，前者比后者稍微重要
5	两个要素相比，前者比后者明显重要
7	两个要素相比，前者比后者强烈重要
9	两个要素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值
倒数	两个要素相比，后者比前者的重要性标度

三 层次分析法 (AHP)

判断矩阵及其分析处理举例

T	I ₁	I ₂	I ₃	W _i	W _i ^o
I ₁	1	1/3	2	0.874	0.230
I ₂	3	1	5	2.466	0.648
I ₃	1/2	1/5	1	0.464	0.122

(3.804)

[注] W_i的求取采用方根法（几何平均值法）

I ₁	P ₁	P ₂	P ₃	W _i	W _i ^o
P ₁	1	1/3	1/5	0.406	0.105
P ₂	3	1	1/3	1.000	0.258
P ₃	5	3	1	2.466	0.637

三 层次分析法 (AHP)

I_2	P_1	P_2	P_3	W_i	W_i^o
P_1	1	2	7	2.410	0.592
P_2	1/2	1	5	1.357	0.333
P_3	1/7	1/5	1	0.306	0.075

I_3	P_1	P_2	P_3	W_i	W_i^o
P_1	1	3	1/7	0.754	0.149
P_2	1/3	1	1/5	0.333	0.066
P_3	7	5	1	3.979	0.785

3、要素相对权重或重要度向量W的计算方法

$$W=(W_1, W_2, \dots, W_n)^T$$

(1) 规范列几何法(算术平均法)

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

- 计算步骤：①A的元素按列归一化，即求
②将归一化后的各行相加；
③将相加后的向量除以n即得权重向量。

$$\frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$$

3、要素相对权重或重要度向量W的计算方法

(2)方根法(几何平均法)

$$W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

计算步骤：①A的元素按行相乘得一新向量

②将新向量的每个分量开n次方；

③将所得向量归一化即为权重向量。

方根法是通过判断矩阵计算要素相对重要度的常用方法。

3、要素相对权重或重要度向量W的计算方法

(3) 一致性检验方法

①计算一致性指标 C. I.

$$C. I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} W_j}{W_i}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

式中 $(AW)_i$ 表示向量 AW 的第 i 个分量。

②查找相应的平均随机一致性指标 R. I. (Random Index)。

③计算一致性比例 C. R. (Consistency Ratio)

$$C. R. = C. I. / R. I. < 0.1$$

表给出1~15阶正互反矩阵计算1000次得到的平均随机一致性指标。

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R.	0	0	0.	0.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
I.			52	89	12	26	36	41	46	49	52	54	56	58

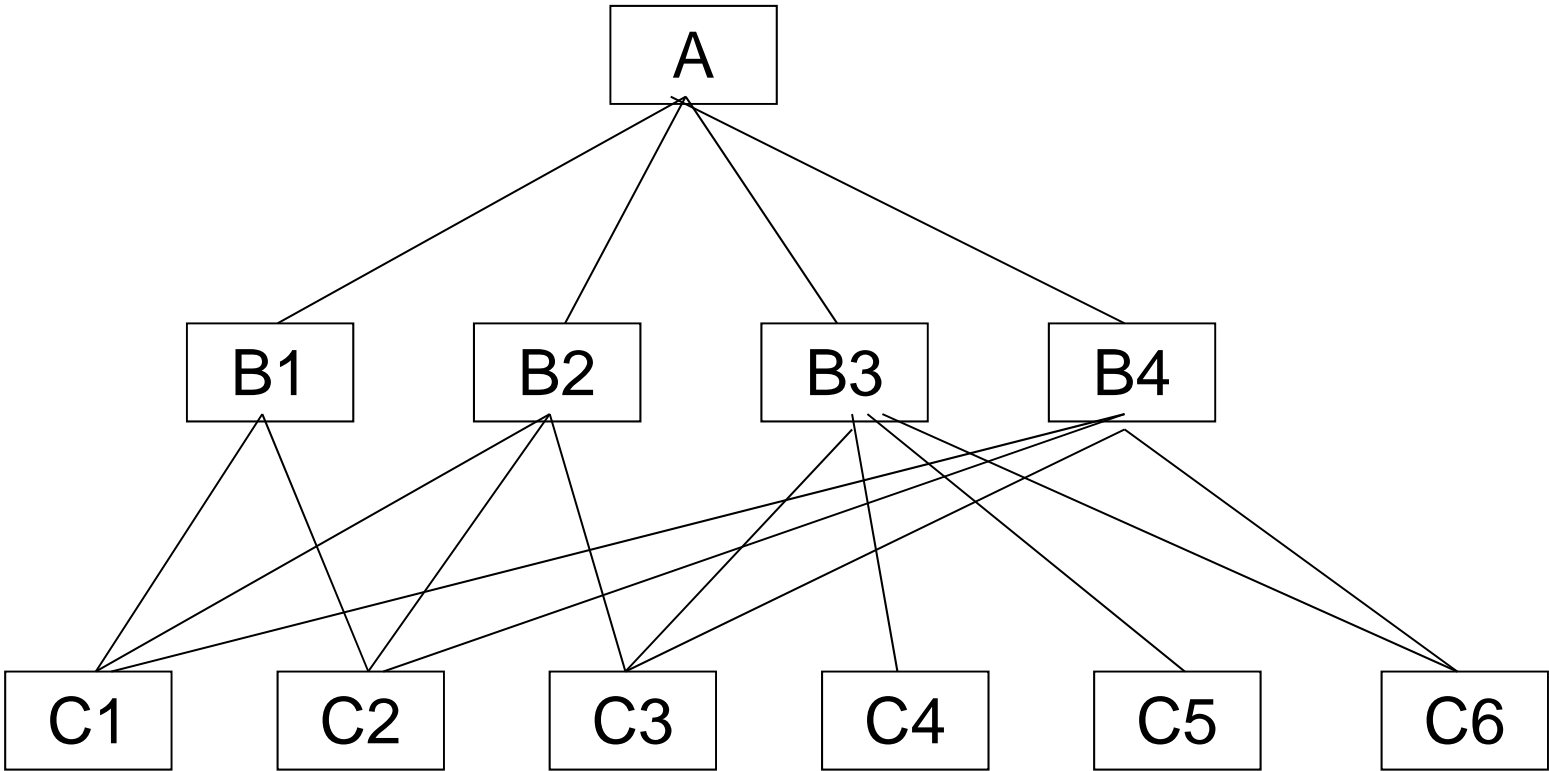
例：分别用方根法和规范列平均法求以下判断矩阵的最大特征根

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 4 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/4 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

方案总重要度计算例表

T	I1	I2	I3	
$\sum_{i=1}^{C_i} b_i C_j i$	0.230	0.648	0.122	
P1	0.105	0.592	0.149	0.426
P2	0.258	0.333	0.066	0.283
P3	0.637	0.075	0.785	0.291

科研课题的评价与选择



AHP方法在系统评价中的应用举例

A	B1	B 2	B3	B4	Wi	Wi0	λ	$\lambda_{\max} =$ 4.055 C. I. =0.018 R. I. =0.89 C. R. =0.02 < 0.1
	w_{\max}^0							
B1	1	3	1	1	1.316	0.291	4.309	
B2	1/3	1	1/3	1/3	0.577	0.127	3.291	
B3	1	3	1	1	1.316	0.291	4.309	
B4	1	3	1	1	1.316	0.291	4.309	
(4.525)								

B1	C1	λ_{ii} C 2	W_i^0	λ_{\max}			= 2 C.I.=0 C.R.=0 < 0.1
C1	1	3	1.732	0.750	2		
C2	1/3	1	0.577	0.250	2		
(2.309)							

B2	C1	C 2	C3				= 3.039 C.I.=0.02 R.I.=0.52 C.R.=0.039 < 0.1
C1	1	1/5	1/3	0.406	0.105	3.036	
C2	5	1	3	2.446	0.637	3.040	
C3	3	1/3	1	1.000	0.258	3.040	
(3.872)							

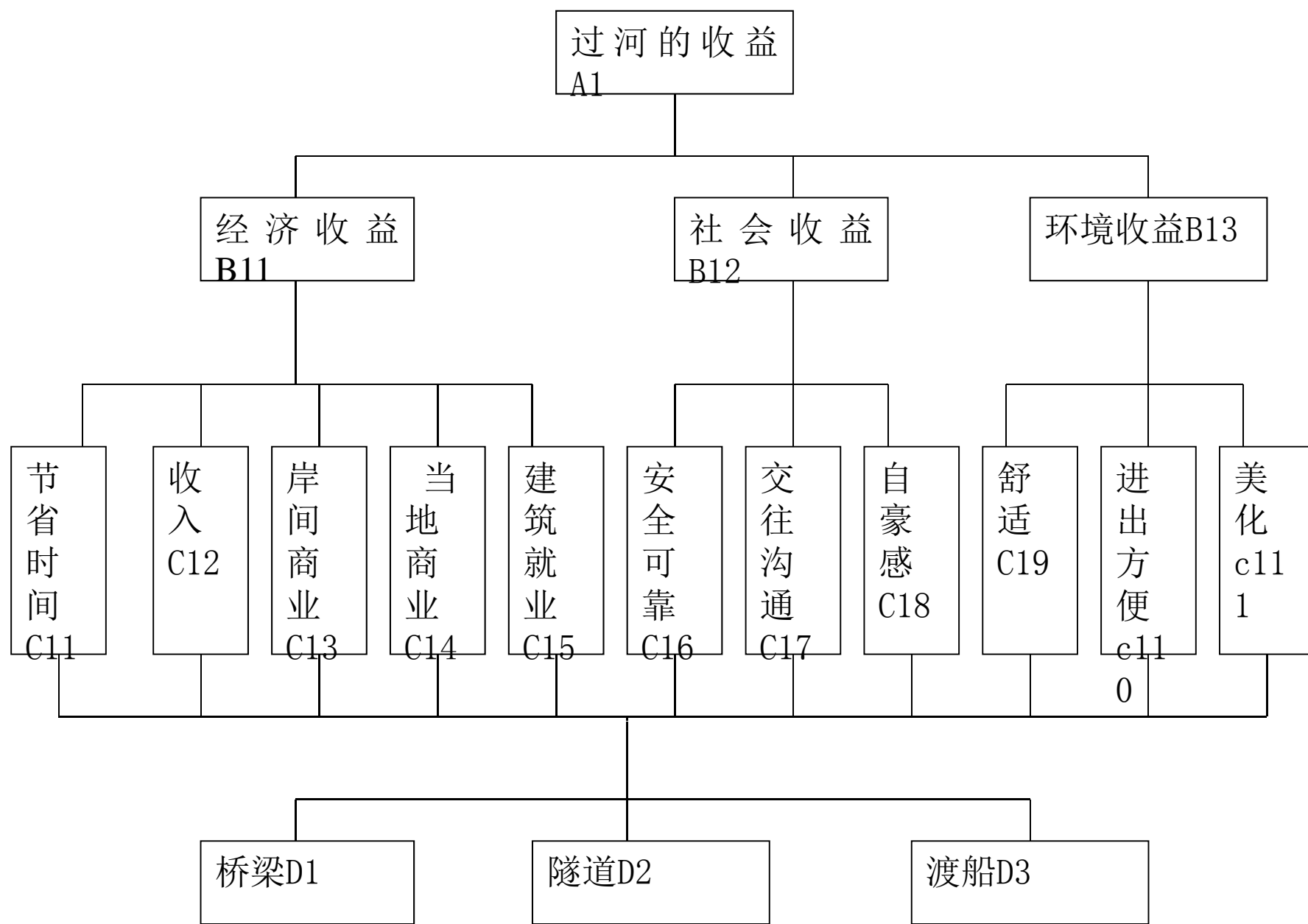
B3	C3	C4	C5	C6				= 4.011 C. I. =0.0036 R. I. =0.89 C. R. =0.0041 < 0.1
C3	1	1	3	2	1.565	0.351	4.009	
C4	1	1	3	2	1.565	0.351	4.009	
C5	1/3	1/3	1	1/2	0.486	0.109	4.014	
C6	1/2	1/2	2	1	0.841	0.189	4.011	
w_{max}^0 (4.457)								

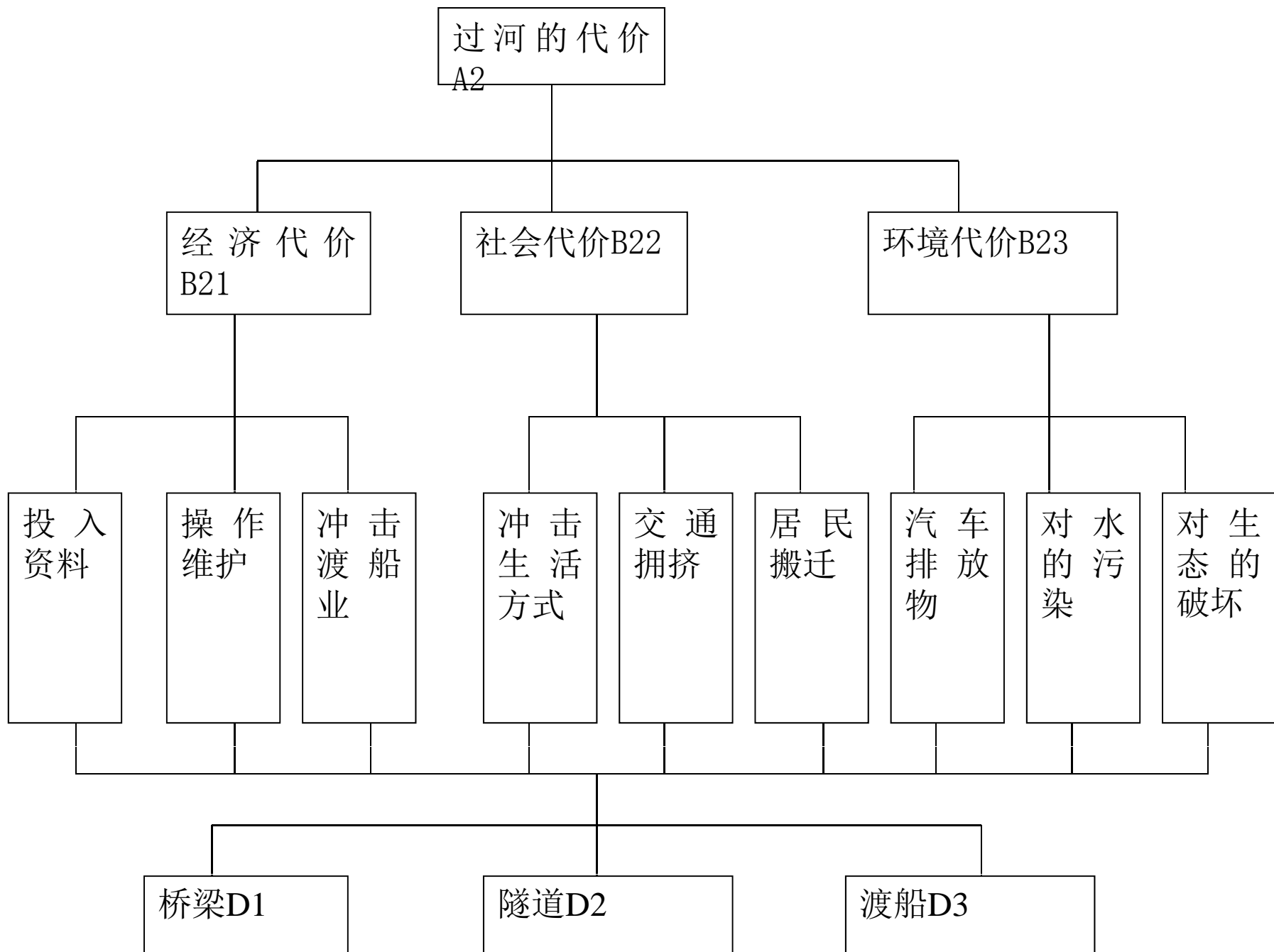
B4	C1	C2	C3	C6				= 4.044 C. I. =0.015 R. I. =0.89 C. R. =0.017 < 0.1
C1	1	1/5	1/3	1	0.508	0.096	4.031	
C2	5	1	3	5	2.943	0.558	4.065	
C3	3	1/3	1	3	1.316	0.250	4.048	
C6	1	1/5	1/3	1	0.508	0.096	4.031	
(5.275)								

C层总排序的结果

B C	B1 (0.291) \bar{w}_i	B2 (0.127)	B3 (0.291)	B4 (0.291)	
C1	0.750	0.105	0	0.096	0.260
C2	0.250	0.637	0	0.558	0.315
C3	0	0.258	0.351	0.250	0.208
C4	0	0	0.351	0	0.102
C5	0	0	0.109	0	0.032
C6	0	0	0.189	0.096	0.083

是否要建立桥梁或隧道以代替现存的轮渡？





A1	B11	B12 ^{w₀}	B13	Wi
B11	1	3	6	0.67
B12	1/3	1	2	0.22
B13	1/6	1/2	1	0.11

B11	C11	C12	C13 ^{w_i}	C14	C15	Wi
C11	1	1/3	1/7	1/5	1/6	0.04
C12	3	1	1/4	1/2	1/2	0.09
C13	7	4	1	7	5	0.53
C14	5	2	1/7	1	1/5	0.11
C15	6	2	1/5	5	1	0.23

B12	C16	C17	C18	w_i^0
C16	1	6	9	0.76
C17	1/6	1	4	0.18
C18	1/9	1/4	1	0.06

B13	C19	C110	C111	w_i^0
C19	1	1/4	6	0.25
C110	4	1	8	0.69
C111	1/6	1/8	1	0.06

C11	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	2	7	0.58
D2	1/2	1	6	0.35
D3	1/7	1/6	1	0.07

C12	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	1/2	8	0.36
D2	2	1	9	0.59
D3	1/8	1/9	1	0.05

C13	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	4	8	0.69
D2	1/4	1	6	0.25
D3	1/8	1/6	1	0.06

C14	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	1	6	0.46
D2	1	1	6	0.46
D3	1/6	1/6	1	0.08

C15	D1	D2	D3	W_i^0
D1	1	1/4	9	0.41
D2	4	1	9	0.54
D3	1/9	1/9	1	0.05

C16	D1	D2	D3	W_i^0
D1	1	4	7	0.59
D2	1/4	1	6	0.35
D3	1/7	1/6	1	0.06

C17	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	1	5	0.455
D2	1	1	5	0.455
D3	1/5	1/5	1	0.090

C18	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	5	3	0.64
D2	1/5	1	1/3	0.10
D3	1/3	3	1	0.26

C19	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	5	8	0.73
D2	1/5	1	5	0.21
D3	1/8	1/5	1	0.06

C110	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	3	7	0.64
D2	1/3	1	6	0.29
D3	1/7	1/6	1	0.07

C111	D1	D2	D3	w_i^0
D1	1	6	1/5	0.27
D2	1/6	1	1/3	0.10
D3	5	3	1	0.63

若各判断矩阵均符合一致性要求，则各方案关于收益的总权重为：

$$W(1) = (0.57, 0.36, 0.07) T$$

同法得到各方案关于代价的总权重为：

$$W(2) = (0.36, 0.58, 0.05) T$$

综合评价结果(各方案的收益/代价)如下：

桥梁(D1)：收益/代价=1.58

隧道(D2)：收益/代价=0.62

轮渡(D3)：收益/代价=1.28

结果表明，方案D1优于D3，两者又远优于D2。

四 模糊综合评判法

某校评价教师教学质量的原始表格及某班25名同学对某教师评价意见的统计结果

课程： 评价结果(票数/隶属度)	教师： 评价等级	班级：			
		好 (100)	较 好 (85)	一 般 (70)	较 差 (55)
评价项目 (权重)					
1.教学计划及教学内容安排 (0.10)		9 0.36	14 0.56	2 0.08	0 0.00
2.教材及参考资料状况(0.10)		3 0.12	14 0.56	7 0.28	1 0.04
3.教师教学态度及责任心(0.15)		5 0.20	15 0.60	5 0.20	0 0.00
4.教师讲解能力 (0.10)		1 0.04	10 0.40	11 0.44	3 0.12

四 模糊综合评判法

5.课堂教学形式的多样化程度 (0.10)		2 0.08	11 0.44	12 0.48	0 0.00
6.理论联系实际程度及教学案例使用情况 (0.10)		5 0.20	14 0.56	6 0.24	0 0.00
7.辅助教学环节及考核情况(0.10)		4 0.16	6 0.24	13 0.52	2 0.08
8.教学改革与创新情况(0.10)		3 0.12	8 0.32	12 0.48	2 0.08
9.从本课程学习中所获得的收益程度 (0.15)		5 0.20	12 0.48	6 0.24	2 0.08
综合评价结果	综合隶属度	0.168	0.470	0.318	0.044
	综合得分	81.43			

主要步骤

1. 确定因素集F和评定(语)集E
2. 统计、确定单因素评价隶属度向量，并形成隶属度矩阵R。隶属度是模糊综合评判中最基本和最重要的概念。所谓隶属度 r_{ij} ，是指多个评价主体对某个评价对象在 f_i 方面作出 e_j 评定的可能性大小(可能性程度)。隶属度向量 $R_i=(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ ， $i=1, n$ ， $\sum_{j=1}^m r_{ij} = 1$ ，隶属度矩阵
 $R=(R_1, R_2, \dots, R_n)^T=(r_{ij})_{n \times m}$
3. 确定权重向量 W_F 等
4. 按某种运算法则，计算综合评定向量(综合隶属度向量)S及综合评定值(综合得分 μ)

四 模糊综合评判法

隶属度 r_{ij} 指多个评价主体对某个评价对象在第*i*个项目下作出第*j*等级评定的可能性程度。

若记：隶属度矩阵为 $R = (r_{ij})_{9 \times 4}$

评价项目权重向量为 $W = (w_i)_{1 \times 9}$

评价等级分值向量为 $D = (d_j)_{1 \times 4}$

则有：综合隶属度向量 $S = W \cdot R$

综合得分 $\mu = S \cdot D^T$

$$R = \begin{pmatrix} 0.36 & 0.56 & 0.08 & 0 \\ 0.12 & 0.56 & 0.28 & 0.04 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0.04 & 0.4 & 0.44 & 0.12 \\ 0.08 & 0.44 & 0.48 & 0 \\ 0.2 & 0.56 & 0.24 & 0 \\ 0.16 & 0.24 & 0.52 & 0.08 \\ 0.12 & 0.32 & 0.48 & 0.08 \\ 0.2 & 0.48 & 0.24 & 0.08 \end{pmatrix}$$

$$W = (0.1, 0.1, 0.15, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.15)$$

综合评定向量为: $B = W \cdot R =$

$$(0.1, 0.1, 0.15, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.15)$$

$$B = (0.168, 0.470, 0.318, 0.044)$$

$$N = (0.168, 0.470, 0.318, 0.044) \cdot (100, 85, 70, 55)^T = 81.43$$

$$\begin{pmatrix} 0.36 & 0.56 & 0.08 & 0 \\ 0.12 & 0.56 & 0.28 & 0.04 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 \\ 0.04 & 0.4 & 0.44 & 0.12 \\ 0.08 & 0.44 & 0.48 & 0 \\ 0.2 & 0.56 & 0.24 & 0 \\ 0.16 & 0.24 & 0.52 & 0.08 \\ 0.12 & 0.32 & 0.48 & 0.08 \\ 0.2 & 0.48 & 0.24 & 0.08 \end{pmatrix}$$

思考题

试就大学生毕业后选择职业问题建立适宜的评价模型，并进行评价选择。