

# 辽宁理工学院

# 教案

课 程 名 称	系统工程
开 课 单 位	管理工程学院
授 课 学 期	第六学期
授 课 班 级	物流工程 181、182 班
授 课 教 师	胡冷

修订时间：2021 年 1 月



- (2) 系统构成要素的选取
- (3) 对要素间联系及其层次关系的分析
- (4) 系统整体结构的确定及其解释

## 二、系统结构的基本表达方式

### 1、系统结构的集合表达

设系统由  $n$  ( $n \geq 2$ ) 个要素 ( $s_1, s_2, \dots, s_n$ ) 组成, 其集合为  $S$ , 则  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  系统要素的二元关系。

$$R_{ij} = (S_i, S_j)$$

$R_{ij}$  通常有影响关系、因果关系、包含关系、隶属关系以及各种可以比较的关系

二元关系的性质:

$S_i$  与  $S_i$  之间存在二元关系  $R, S_i R S_j$

$S_i$  与  $S_i$  之间无二元关系  $R, S_i \bar{R} S_j$

$S_i$  与  $S_i$  之间的二元关系不明,  $S_i R S_j$

传递性:  $S_i R S_j, S_j R S_k$ , 则  $S_i R S_k$

传递性反映两个要素之间的间接联系, 记作  $R_t$

强连接:  $S_i R S_j, S_j R S_i$

让学生理解关系的概念及二元关系之间的性质。

以系统要素集合  $S$  及二元关系的概念为基础, 为便于表达所有要素间的关联方式, 我们把系统构成要素中满足其种二元关系  $R$  的要素  $S_i, S_j$  的要素对  $(S_i, S_j)$  的集合, 称为  $S$  上的二元关系集合, 记作  $R_b$ , 即有:

$$R_b = \{(S_i, S_j) | S_i, S_j \in S, S_i R S_j, i, j = 1, 2, \dots, n\}$$

且在一般情况下,  $(S_i, S_j)$  和  $(S_j, S_i)$  表示不同的要素对。

### 2、系统结构的有向图表达

从节点  $i$  ( $S_i$ ) 到  $j$  ( $S_j$ ) 的最小(少)的有向弧数称为  $D$  中节点间通路长度(路长), 也即要素  $S_i$  与  $S_j$  间二元关系的传递次数。在有向图中, 从某节点出发, 沿着有向弧通过其它某些节点各一次可回到该节点时, 在  $D$  中形成回路。呈强连接关系的要素节点间具有双向回路。

### 3、系统结构的矩阵表达

- (1) 邻接矩阵
- (2) 可到矩阵

善于发现问题, 分析问题, 解决问题, 做事按部就班遵循一定章程。

讲授 20-25 分钟

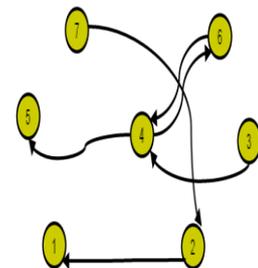
【举例】点名册、学生的位置关系

【例题】某系统由七个要素

( $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7$ ) 组成。经过两两判断认为:  $s_2$  影响  $s_1, s_3$  影响  $s_4, s_4$  影响  $s_5, s_7$  影响  $s_2, s_4$  和  $s_6$  相互影响。这样, 该系统的基本结构可用要素集合  $S$  和二元关系集合  $R_b$  来表达。

【案例】以上一例题为例

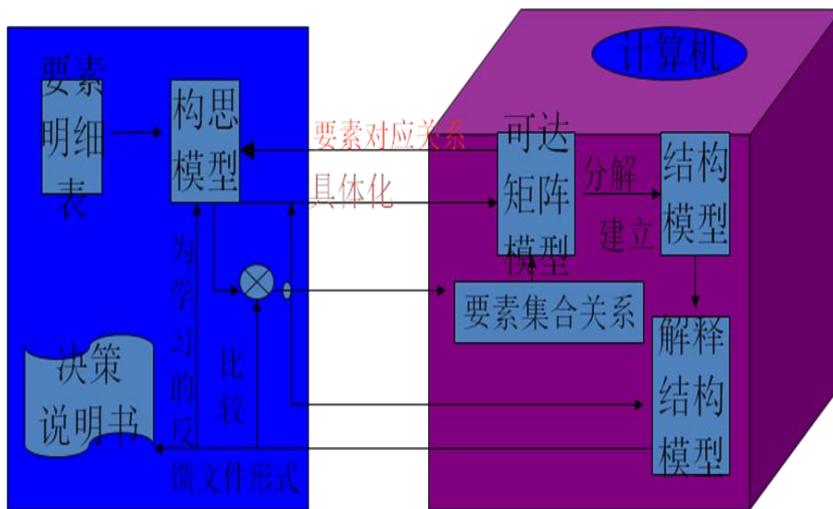
有向图如下:



【黑板展示】矩阵表达建

<p>(3) 其他矩阵</p> <p>a. 缩减矩阵</p> <p>b. 骨架矩阵</p> <p>三、常用系统结构模型化技术</p> <p>常用的系统结构模型化技术有：关联树法、解释结构模型化技术、系统动力学等，其中解释结构模型化 (ISM) 技术是最基本和最具特色的系统结构模型化技术。</p> <p>1. 逻辑树</p> <p>逻辑树又称问题树、演绎树或分解树等。麦肯锡分析问题最常使用的工具就是“逻辑树”。逻辑树是将问题的所有子问题分层罗列，从最高层开始，并逐步向下扩展。</p> <p>2、解释结构模型化 (ISM) 技术</p> <p><b>课堂小结：</b></p> <p>系统结构的基本表达方式</p> <p>建立邻接矩阵的过程与方法</p> <p><b>思考题：</b> 系统结构不同的表达方法的优缺点。</p>	<p>模过程强调矩阵表达的重点</p> <p>讲授 10-15 分钟</p> <p>强调重点难点</p>
<p style="text-align: center;"><b>第三节 ISM 解释结构模型建模</b></p> <p>一、概述</p> <p>ISM 是结构化模型技术的一种方法</p> <p>背景：美国 J. 华费尔特教授于 1973 年在进行复杂的社会经济系统的研究中开发的一种方法。</p> <p>二、使用建模工具</p> <p>应用有向连接图来描述系统各要素间的关系。</p> <p>可用矩阵形式来描述有向连接图描述的关系，以便通过逻辑演算用数学方法进行处理，进一步研究各要素间关系。</p> <p>使用邻接矩阵来描述各节点两两之间的关系，<math>S_i</math> 与 <math>S_j</math> 有关系用 1 表示，没关系用 0 表示。</p> <p>使用可达矩阵来描述有向连接图各节点之间，经过一定长度的通路后可能到达的程度。</p>	<p>3-5 分钟【课程回顾】：强调重点矩阵表达系统结构</p> <p>2-3 分钟讲授</p> <p>3-5 分钟讲授</p>

### 三、ISM 的工作程序



【流程解读】3-5 分钟

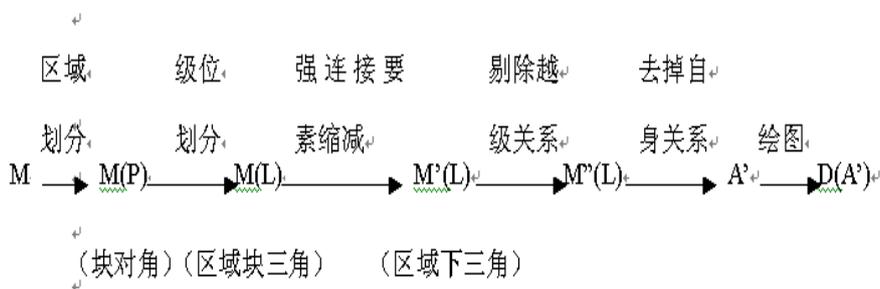
- 1、组织实施 ISM 的小组
- 2、设定问题
- 3、选择构成系统的要素
- 4、根据要素明细表作构思模型，并建立邻接矩阵和可达矩阵
- 5、对可达矩阵进行分解后建立结构模型
- 6、根据结构模型建立解释结构模型

### 四、ISM 实用化方法



在工作程序基础上梳理 ISM 实施方法 3-5 分钟

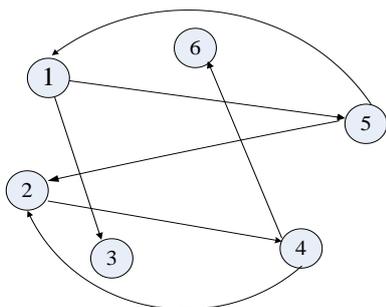
### 五、ISM 的实施及应用



8-10 分钟讲授

### 六、案例分析

使用 ISM 方法建立下面有向图递阶关系。



20-25 分钟【讲授+互动】  
 针对案例小组为单位构  
 建模型，最后总结建模结  
 果

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

①区域划分

$S_i$	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$C(S_i)$	$E(S_i)$
1	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 5	1, 5	
2	2, 4, 6	1, 2, 4, 5	2, 4	
3	3	1, 3, 5	3	3
4	2, 4, 6	1, 2, 4, 5	2, 4	
5	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 5	1, 5	
6	6	1, 2, 4, 5, 6	6	6

$$A(S_3) \cap A(S_6) = \{1,3,5\} \cap \{1,2,4,5,6\} = \{1,5\} \neq \phi$$

所以系统无法划分为两个或两个以上相互独立的区域，即

$$\Pi(S) = P = \{1,2,3,4,5,6\}。$$

$$M(P) = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

②级位划分

要素集合	$S_i$	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$C(S_i)$	$E(S_i)$	$\Pi(P_2)$
$P - L_0$	1	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 5	1, 5		$L_1 = \{3,6\}$
	2	2, 4, 6	1, 2, 4, 5	2, 4		
	3	3	1, 3, 5	3	3	

	4	2, 4, 6	1, 2, 4, 5	2, 4		
	5	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 5	1, 5		
	6	6	1, 2, 4, 5, 6	6	6	
$P - L_0 - L_1$	1	1, 2, 4, 5	1, 5	1, 5		$L_2 = \{2, 4\}$
	2	2, 4	1, 2, 4, 5	2, 4	2	
	4	2, 4	1, 2, 4, 5	2, 4	4	
	5	1, 2, 4, 5	1, 5	1, 5		
$P - L_0 - L_1 - L_2$	1	1, 5	1, 5	1, 5	1	$L_3 = \{1, 5\}$
	5	1, 5	1, 5	1, 5	5	

$\Pi(P) = L_1, L_2, L_3 = \{3, 6\}, \{2, 4\}, \{1, 5\}$

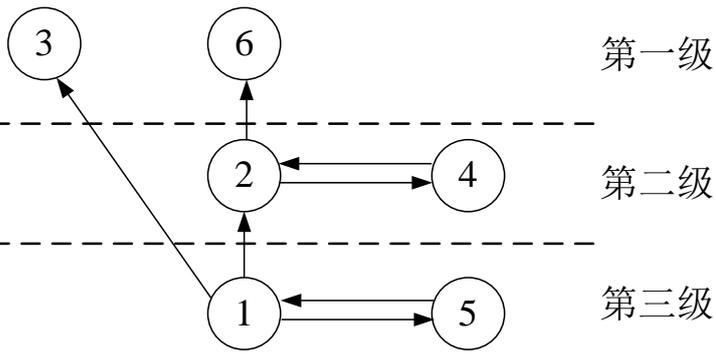
$$M(L) = \begin{matrix} & & 3 & 6 & 2 & 4 & 1 & 5 \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{matrix} 3 \\ 6 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

③提取骨架矩阵

$$M'(L) = \begin{matrix} & & 3 & 6 & 2 & 1 \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{matrix} 3 \\ 6 \\ 2 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad M''(L) = \begin{matrix} & & 3 & 6 & 2 & 1 \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{matrix} 3 \\ 6 \\ 2 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A' = M''(L) - I = \begin{matrix} & & 3 & 6 & 2 & 1 \\ \begin{matrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \end{matrix} & \begin{matrix} 3 \\ 6 \\ 2 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

④绘制多级递阶有向图



课堂小结:

1. ISM 的工作程序、实用化方法
2. ISM 实施规范法流程

作业

书后习题 P78, 21 题

3-5 分钟强调本节课重点  
难点加深印象

参考资料

- [1]赵宁.物流系统仿真案例[M]. 北京大学出版社, 2012.
- [2]彭杨. 物流系统优化与仿真[M]. 浙江大学出版社, 2009.
- [3]王红卫、谢勇. 物流系统仿真[M]. 清华大学出版社, 2009.

教学反思

通过课堂讲授学生基本可以掌握 ISM 解释结构模型建模思路,但是在计算和案例应用上存在欠缺,才下次课程讲解中补充案例分析,理论和实践相结合,加强学生的对知识点的掌握。  
课程安排设计添加互动环节,实施监控学生的掌握情况,针对学生反馈结果及时调整授课内容,突出教学重点难点。