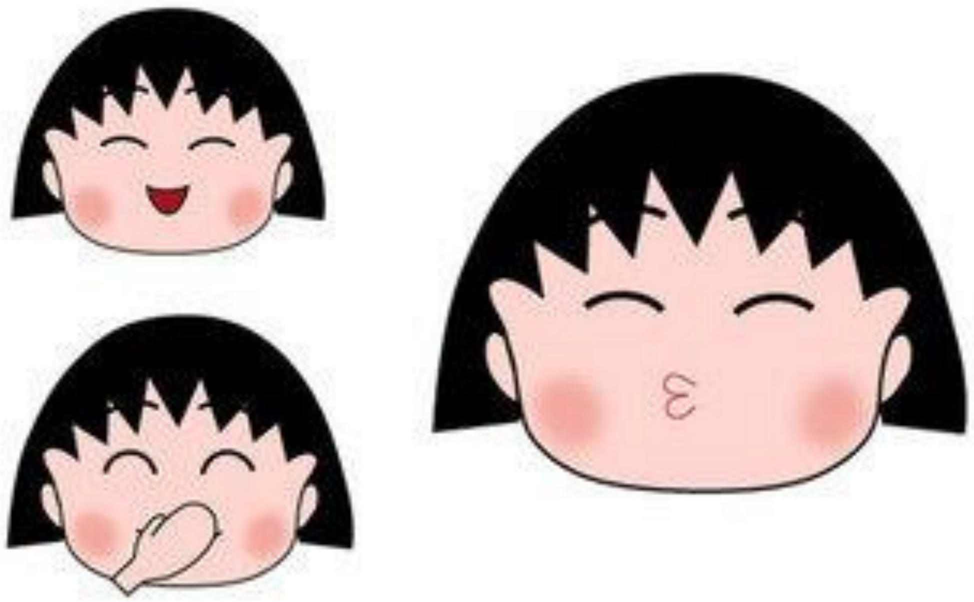
第3章 系统模型

敏哥 jiangdemin@sunlands.com

答应我，不懂，请随时找我！



考生必做六件事

1. 记笔记
2. 下载课件
3. 及时复习课件和笔记
4. 落课的话及时看重播
5. 按时完成作业和随堂考
6. 记得给老师打分噢！

- 系统模型
  - 系统模型概述
    - 模型的概念和分类
    - 模型的构建
  - 结构模型化技术
    - 结构模型的概念
    - 图的基本概念及其矩阵表示法
    - 系统要素可达矩阵的构造
    - 解释结构模型法
    - ISM的应用举例
    - ISM的缺陷
  - 预测模型
    - 回归分析
    - 趋势线分析
  - 优化模型简介
  - 系统仿真模型
    - 系统仿真的概念与步骤
    - 蒙特卡罗法

第3章 系统模型（重点） P61-P100

第三章，大纲考核知识点和考核目标：

（一）系统模型概述

理解：模型的概念和分类、模型的构建

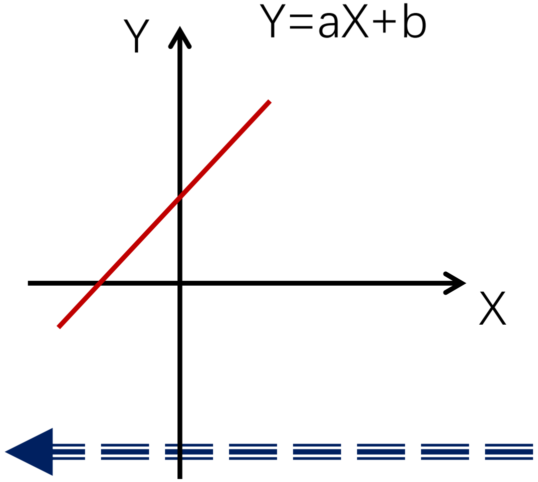
3.1 系统模型概述 P62-P66

3.1.1 模型的概念和分类（理解）P62-P64

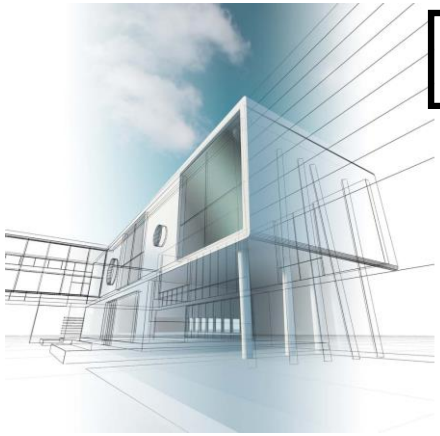
填空

1. 模型的概念

模型：**对现实世界某些属性的抽象**。而系统工程最常用的是**数学模型**，即分析模型。



3.1.1 模型的概念和分类（理解）P62-P64



填空/选择

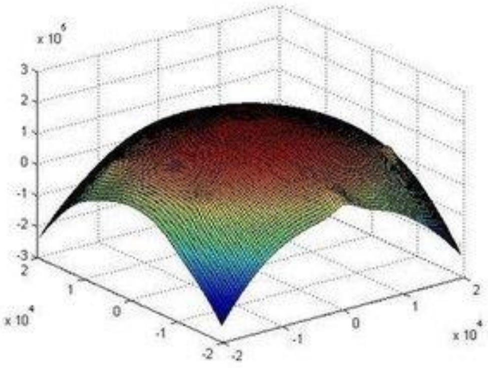
系统模型具有以下三个特征：

(1)它是对现实世界部分的抽象或模仿。

(2)它由与分析问题有关的因素构成。

(3)它表明了有关因素间的相互关系。

在构造模型时，要兼顾它的**现实性**和**易处理性**。



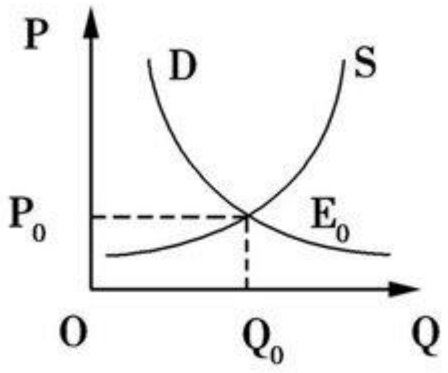
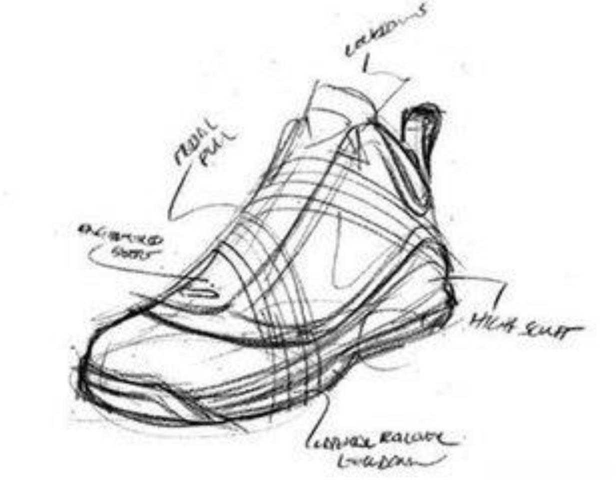


图15 均衡曲线

3.1.1 模型的概念和分类（理解）P62-P64

2. 模型的分类

填空/选择



模型的分类	
图形与实物模型	➢**实物模型**有**城市规划模型**和作战**沙盘** ➢**图形模型**包括：1.**不严格图**：**图**画、草**图**、框**图**，没有严格的规定，用来表示那些还不太清楚的问题。 2.**严格图**：图论**图**、逻辑**图**、工程**图**。有严格确定的结构形式和规范。
分析模型	**数学关系式**表达变量间关系，应用在自然科学和工程技术
仿真模型	用**“伪实验”**预测行动的各种后果，实验对象不是真实世界而是仿真模型。 通常指**计算机仿真**。

尚德机构
学习是一种信仰

填空/选择

2. 模型的分类

模型的分类	
博弈模型	**“人的行为导向”**。人的试验规则和计算机试验程序构成了博弈模型
判断模型	**会议讨论，它的缺陷较多，影响处理问题的质量。** **德尔菲法（专家调查法）**。

3.1.1 模型的概念和分类（理解）P62-P64

例题

单项选择题：

系统工程人员常常用（　　　）表示那些还不太清楚的问题，如描述效能原 理、系统组态和宏观过程等。

A.框图　　　　B.图论图

C.逻辑图　　　D.工程图

尚德机构
学习是一种信仰

答案解析

答案：A

解析：P62

图画、草图和框图为 不严格图，即没有严格确定的规范， 作图者常常需要附加文字说明。这种图由于内涵小,所以应用极为广泛,系统工程人员常常用其表示那些还不太清楚的问题。

3.1.1 模型的概念和分类（理解）P62-P64

例题

单项选择题：

一个好的模型必须兼顾（　　），应该使模型反映系统运行的主要特征。

A.抽象性和现实性　　B.易处理性和客观性

C.现实性和易处理性　　D.抽象性和客观性

答案解析

答案：C

解析：P_{63}

在构造模型时，要兼顾它的现实性和易处理性，考虑到现实性模型必须包括现实系统中的主要因素。

例题

单项选择题：

（　　）是靠"人的行为导向"来预测的 。

A.仿真模型　　B.博弈模型

C.分析模型　　D.判断模型

答案解析

答案：B

解析：P_{63}

博弈和行为科学关系密切，是“人的行为导向”，系统的“伪试验”是靠人 和计算机的不断对话共同完成的。

尚德机构
学习是一种信仰

例题

填空题：

系统模型包括图形和实物模型，分析模型，（______），博弈模型，判断模型。

答案解析

答案：仿真模型

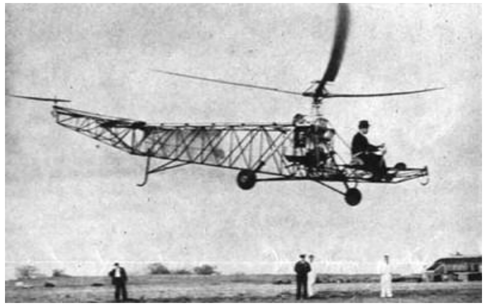
解析：P_{63}

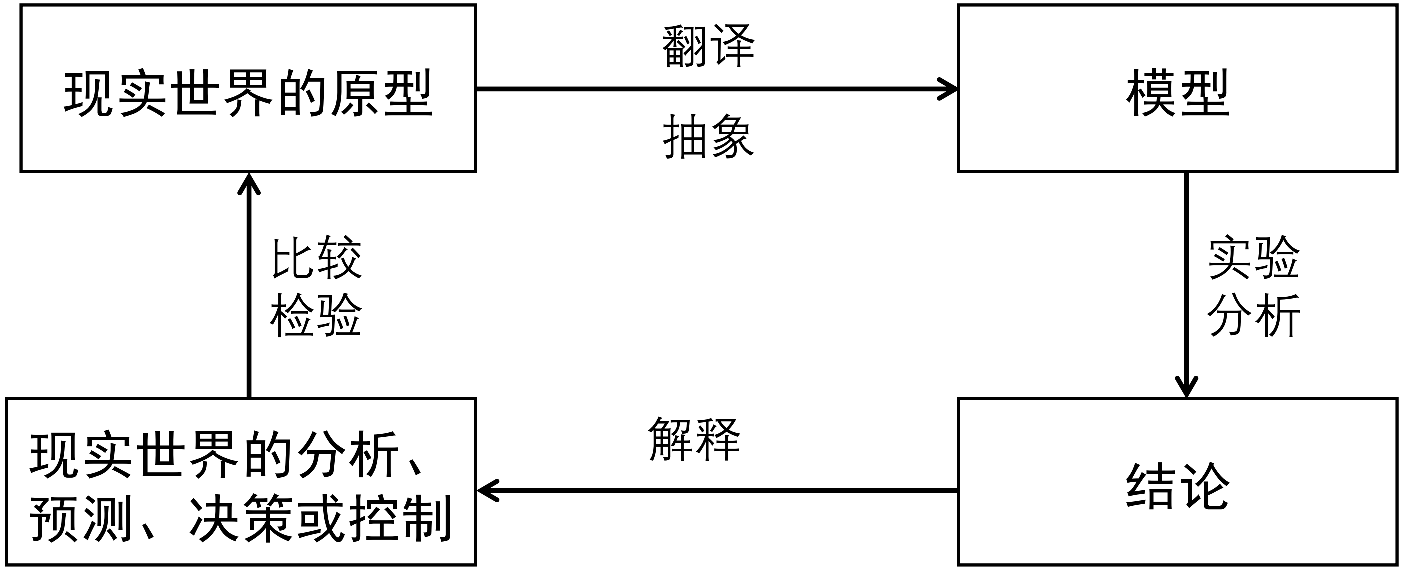
模型的分类：图形与实物模型，分析模型，方正模型，博弈模型，判断模型。

3.1 系统模型概述 P62-P66

3.1.2 模型的构建（理解）P64-P66

构建模型是指将现实世界中的原型加以概括形成模型的过程。





物理学的伯努利方程

图3-1　构建模型

3.1 系统模型概述 P62-P66

3.1.2 模型的构建（理解）P64-P66

1.构建模型的一般原则

（1）**建立方框图**。建立方框图的目的是简化对系统内部相互作用的说明。用一个方框代表一个 子系统。

（2）**考虑信息相关性**。模型中应只包括系统中与研究目的有关的信息。

（3）**考虑信息准确性**。需要大量反映系统运行过程的数据和信息。

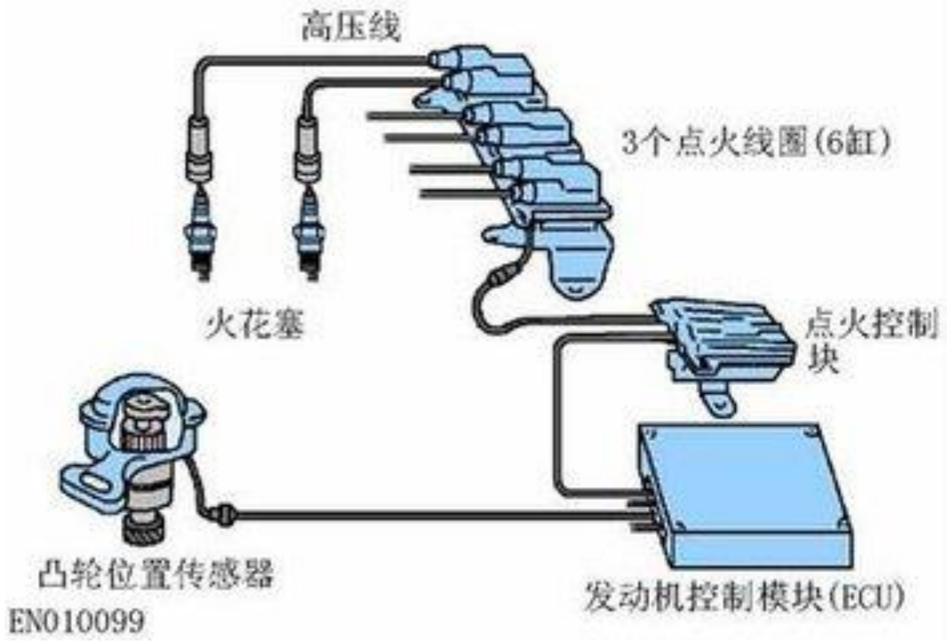
（4）**考虑信息结集性**。

必胜诀：“准”“相” “框” “集”

3.1 系统模型概述 P62-P66

3.1.2 模型的构建（理解）P64-P66

图 4 电子式安全气囊系统程序框图



例题

单项选择题：

构建模型时会建立方框图，一个方框图代表一个（____）？。

A.问题 B.资源

C.子系统 D.部门

答案解析

答案：选 C

建立方框图的目的是简化对系统内部相互作用的说明。一个系统是由许多子系统组成的。用**一个方框代表一个子系统。**

例题

简答题：

请简述构建模型的一般原则。

答案解析

解析：P_{64}

1.构建模型的一般原则：

（1）建立方框图。

（2）考虑信息相关性。

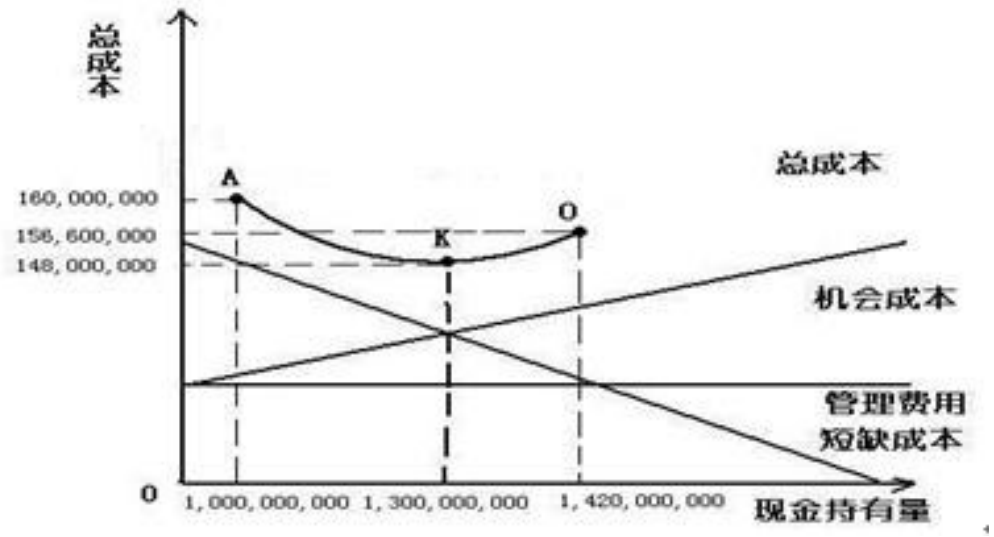
（3）考虑信息准确性。

（4）考虑信息结集性。

3.1 系统模型概述 P62-P66

3.1.2 模型的构建（理解）P64-P66

2.按照在模型中的所起的作用不同，因素可分为：



现金持有模型

（1）可忽略其影响的因素。

（2）对模型起作用但不属于模型描述范围的因素。属于环境的外部因素，视为外生变量/参数/输入变量/自变量。

（3）模型所需研究的因素。属于内生变量/输出变量/因变量

3.建模的基本步骤

简答

（1）形成问题 → （2）确定系统的特征因素 → （3）确定模型的结构 → （4）构建模型 → （5）模型真实性检验

必胜诀："成""因""结""构""真"

例题

简答题：

请简述建模的基本步骤。

答案解析

答案：

（1）形成问题。

（2）确定系统的特征因素。

（3）确定模型的结构。

（4）构建模型。

（5）模型真实性检验。

解析：P_{63}

- 系统模型
  - 系统模型概述
    - 模型的概念和分类
    - 模型的构建
  - 结构模型化技术
    - 结构模型的概念
    - 图的基本概念及其矩阵表示法
    - 系统要素可达矩阵的构造
    - 解释结构模型法
    - ISM的应用举例
    - ISM的缺陷
  - 预测模型
    - 回归分析
    - 趋势线分析
  - 优化模型简介
  - 系统仿真模型
    - 系统仿真的概念与步骤
    - 蒙特卡罗法

第三章，大纲考核知识点和考核目标：

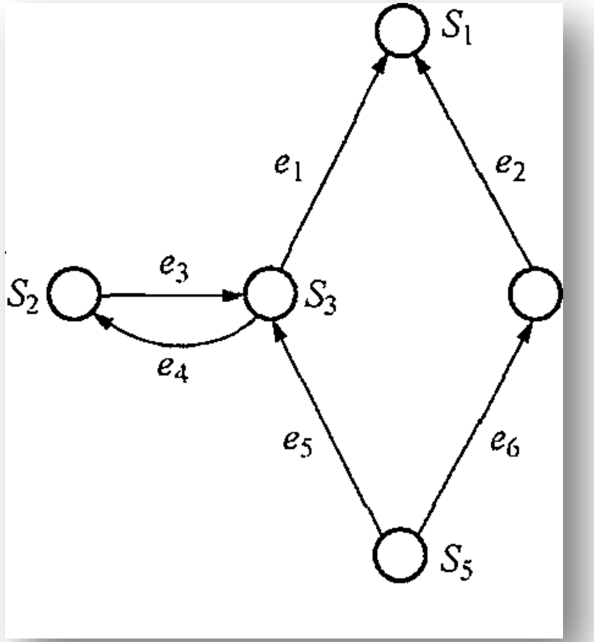
（二）结构模型化技术

识记：结构模型的概念、ISM的缺陷

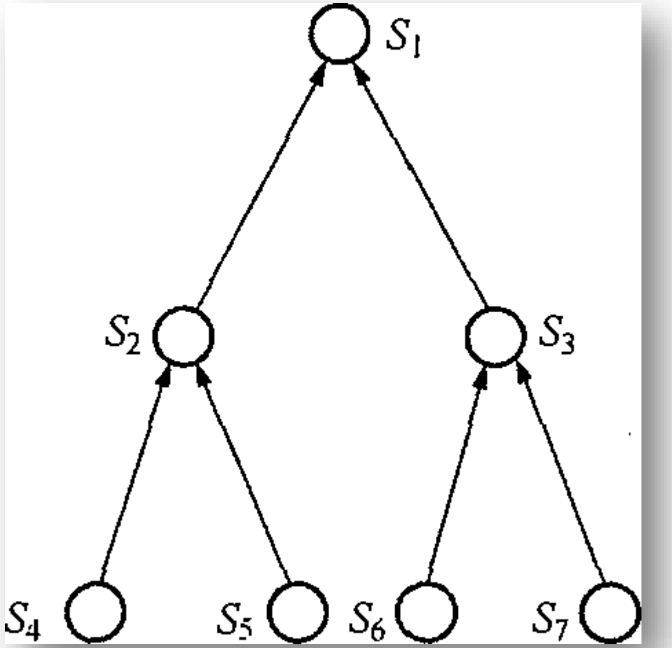
理解：系统结构的基本表达方式、图的基本概念及其矩阵表示法、系统要素可达矩阵的构造、解释结构模型法

应用：**ISM的应用举例**

结构模型是应用有向连接图描述系统各要素间的关系，以表示一个作为要素集合体的系统的模型。



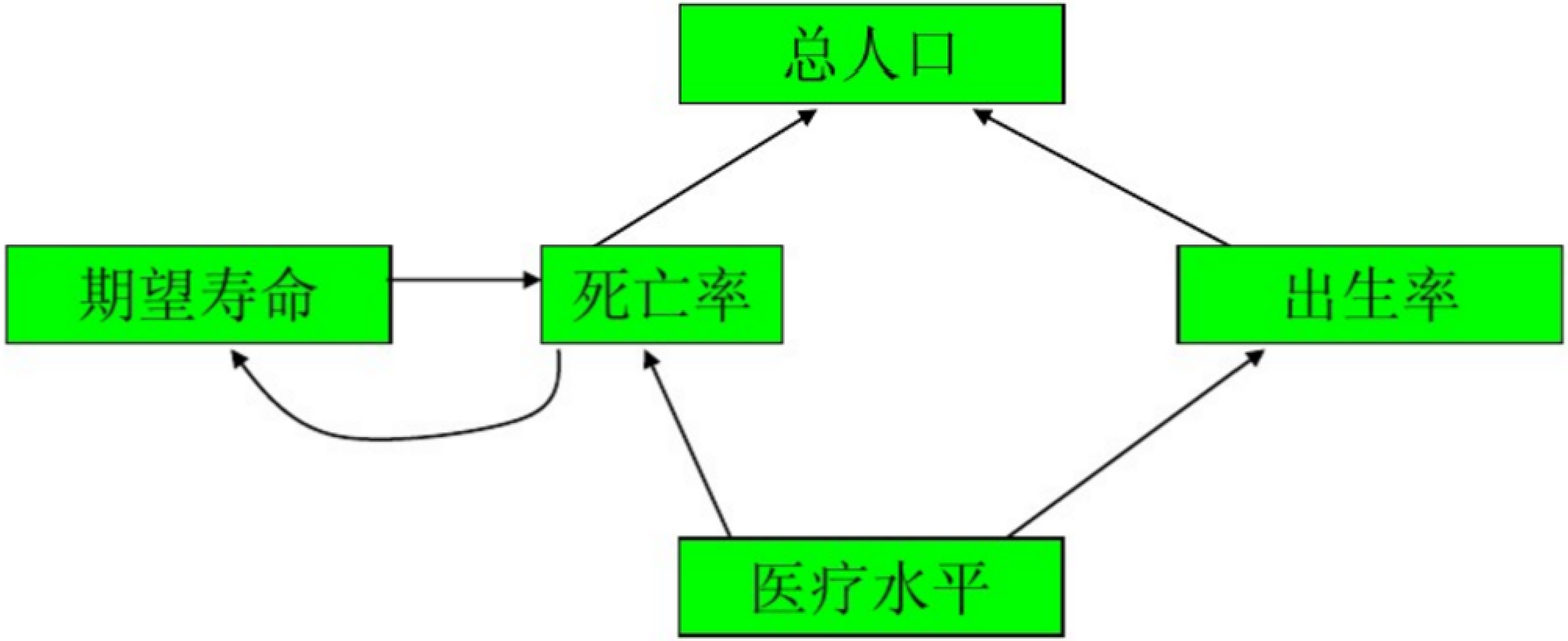
（a）有向连接图



（b）树图

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.1.1 结构模型的概念（理解）P66-P68



填空/选择

结构模型具有的基本性质：

（1）结构模型是一种图形模型。

节点表示系统的要素，**有向边**表示要素间存在的关系。

（2）结构模型是一种以**定性分析**为主的模型。

（3）结构模型可以用**矩阵形式**来描述。

（4）结构模型处于**数学模型**和以文字表现的**逻辑分析**形式之间。

尚德机构 学习是一种信仰

1. 图的几个基本概念：

（1）有向连接图，由若干节点和有向边连接而成的网络图。

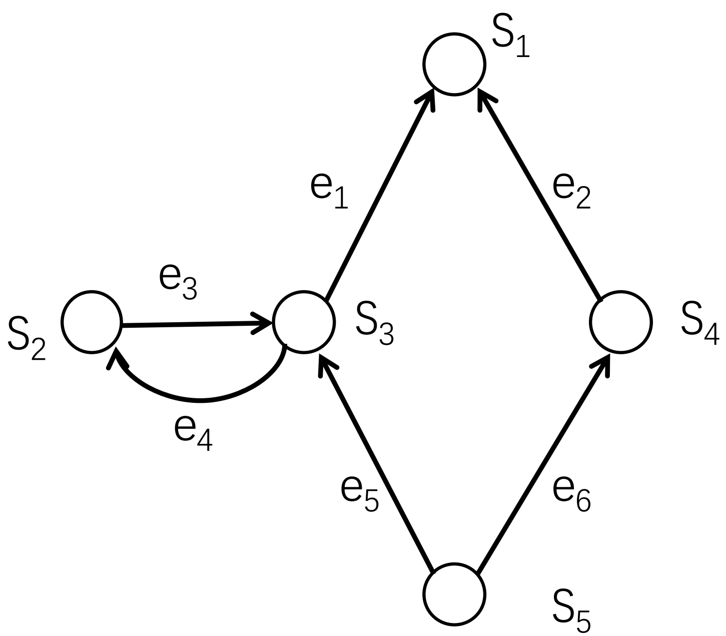
用数学语言描述：G= ｛S，E｝。

G为有向图；

S为节点集合。 S= $\{S_i \mid$ **i** $=1,2,\cdots,5\}$ **；**

E为有向边的集合。

E= $\{[S_3, S_1], [S_4, S_1], [S_2, S_3], [S_3, S_2],$
$[S_5, S_3], [S_5, S_4]\}$。



（a）有向连接图

尚德机构
学习是一种信仰

1. 图的几个基本概念：

（2）链

P_1=｛S_5, e_6, S_4, e_2, S_1｝**就是一条链，**

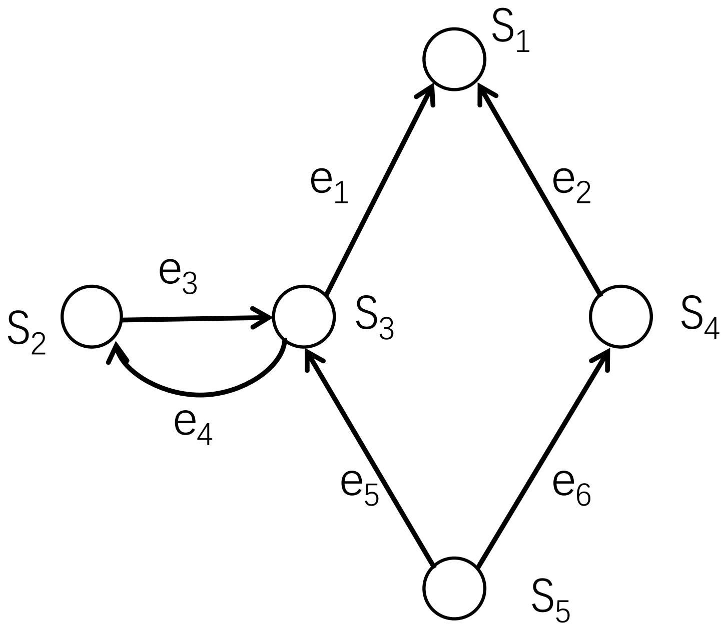
起点为S_5, **终点为**S_1。

（3）回路

如果一条链的起点和终点相同，这条链就称为闭链或回路。

P_2=｛S_2, e_3, S_3, e_4, S_2｝**就是一条回路，**

起点为S_2, **终点为**S_2。



（a）有向连接图

尚德机构 学习是一种信仰

例题

单项选择题：

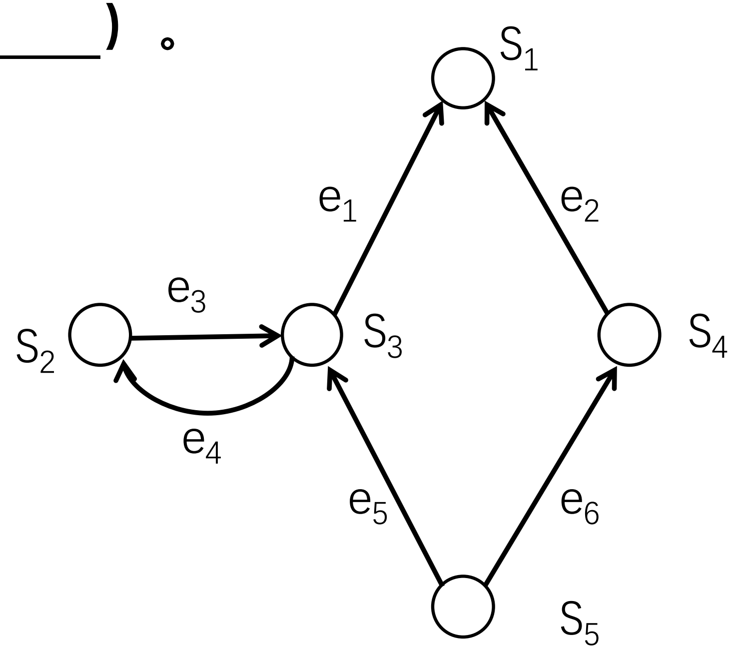
在右测有向连接图中，属于回路的是（_____）。

A. $P_1=\{S_3, e_4, S_2, e_3, S_3\}$

B. $P_2=\{S_2, e_4, S_3, e_1, S_1\}$

C. $P_3=\{S_5, e_6, S_4, e_2, S_1\}$

D. $P_4=\{S_2, e_3, S_3, e_5, S_5\}$



有向连接图

答案解析

答案：选 A

如果一条链的起点和终点相同，这条链就称为闭链或回路。

例题

某系统由四个要素（S_1, S_2, S_3, S_4）组成，经过两两判断任务：
S_2**影响**S_3, S_1 **影响**S_4, S_3 **与**S_1**相互影响，则该系统的关系集合**
E可以表示为

A. **E** = $\{[S_2, S_3], [S_1, S_4], [S_3, S_1]\}$

B. **E** = $\{[S_2, S_3], [S_1, S_4], [S_3, S_1], [S_1, S_3]\}$

C. **E** = $\{[S_3, S_2], [S_1, S_4], [S_3, S_1], [S_1, S_3]\}$

D. **E** = $\{[S_3, S_2], [S_1, S_4], [S_3, S_1]\}$

答案解析

答案：选 B

S_2**影响**S_3，S_1，**影响**S_4，S_3，**与**S_1**相互影响**

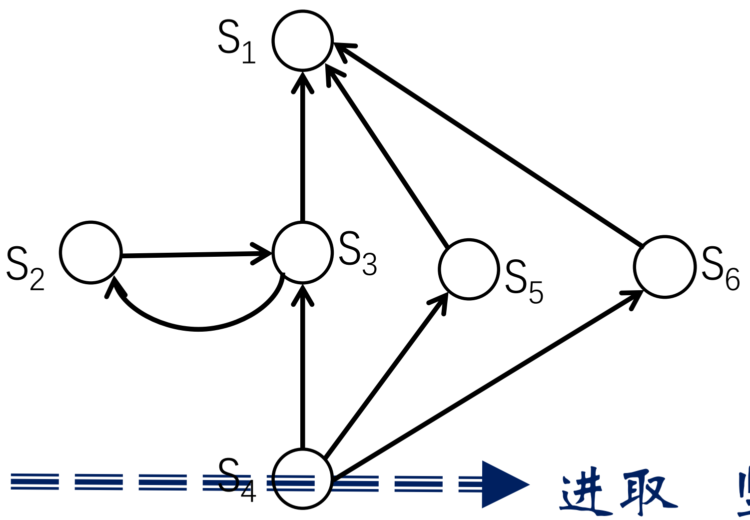
2. 邻接矩阵和可达矩阵

（1）邻接矩阵。

是图的矩阵表示，用来描述图中各节点**两两**之间的**直接**关系。

邻接矩阵A的元素a_{ij}可以定义如下：

$$a_{ij}=\begin{cases}1 & S_i\ R\ S_j\ \text{（}R\text{表示}S_i\text{和}S_j\text{有关系）}\\ 0 & S_i\ \bar{R}\ S_j\ \text{（}\bar{R}\text{表示}S_i\text{和}S_j\text{没有关系）}\end{cases}$$



$$A=[a_{ij}]_{6\times 6}=\begin{array}{c} \\ S_1\\ S_2\\ S_3\\ S_4\\ S_5\\ S_6\end{array}\begin{array}{c}\begin{array}{cccccc}S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6\end{array}\\ \begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\1&1&0&0&0&0\\0&0&1&0&1&1\\1&0&0&0&0&0\\1&0&0&0&0&0\end{bmatrix}\end{array}$$

例题

填空题：

邻接矩阵反映了各要素两两之间的（_____）。

A.直接关系。

B.间接关系。

C.顺序关系。

D.包含关系。

答案解析

答案：选 A

邻接矩阵的特性：

行汇

1） 矩阵A的元素**全为零的行**对应的节点称作**汇点**

列源

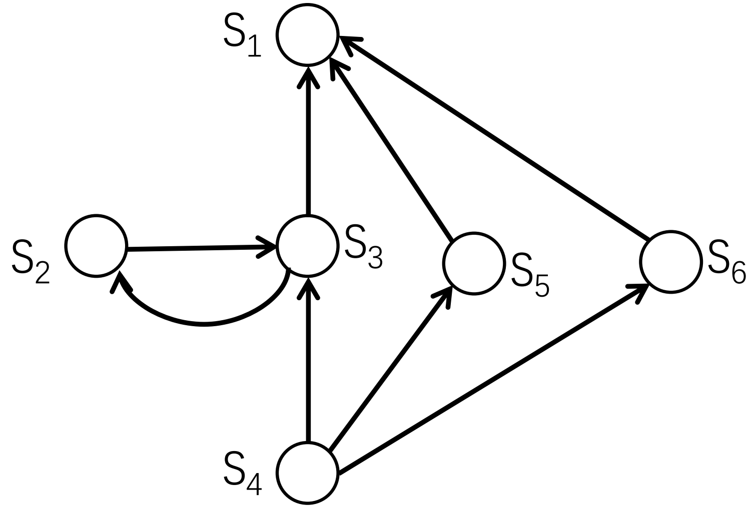
2） 矩阵A的元素**全为零的列**对应的节点称作**源点**。

行离

3） 对应每一节点的行中，其元素值为1的数量，就是**离开**该节点的有向边数。

列进

4） 对应每一节点的列中，其元素值为1的数量，就是**进入**该节点的有向边数。



$$A=[a_{ij}]_{6\times 6}=\begin{array}{c} \\ S_1\\ S_2\\ S_3\\ S_4\\ S_5\\ S_6 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \end{array}\\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1\\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

例题

单项选择题：

下列关于邻接矩阵特性的说法正确的是（_____）？

A.全为零的行对应的节点称为源点。

B.全为零的列对应的节点称为汇点。

C. 行中值为1的个数，表示离开该节点有向边的个数。

D. 列中值为1的个数，表示离开该节点有向边的个数。

答案解析

答案：选 C

行汇 列源 行离 列进

例题

填空题：

在邻接矩阵中，对应每一节点的行中，其元素值为1的数量，

就是（_____）该节点的有向边数。

尚德机构
学习是一种信仰

答案解析

答案：离开

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.2.2 图的基本概念及其矩阵表示法（理解）P68-P71

1）$Si \times Sj$，即Si与Sj和Sj与Si互有关系，形成回路

2）$Si \bigcirc Sj$，即Si与Sj和Sj与Si均无关系。

3）$Si < Sj$，即 Si与Sj有关，Sj与Si无关

4）$Si > Sj$，即 Sj与Si有关，Si与Sj无关

对$n \times n$，需要进行n^2，一般进行比较利用上三角矩阵的方式，比较（$n^2 - n$）/2次即可

2. 邻接矩阵和可达矩阵

（2）可达矩阵。

可达矩阵(Reachability Matrix)，是指用矩阵形式描述有向链接图各节点之间经过一定长度的通路后可以到达的程度。

布尔代数运算规则：

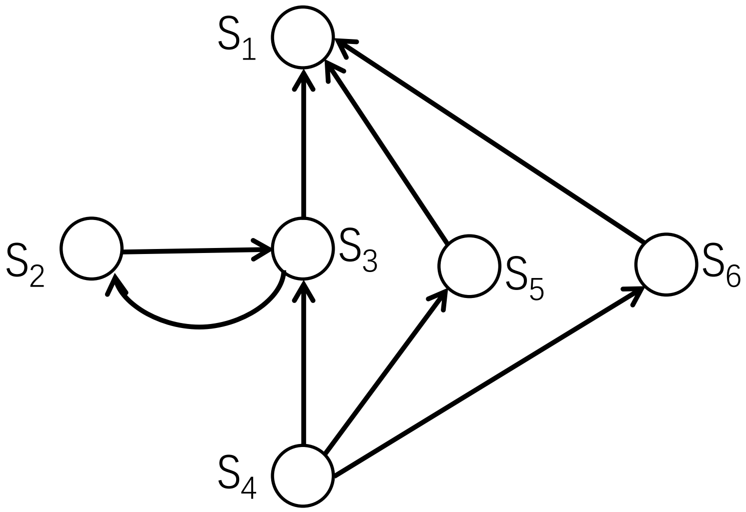
“或”运算：0+0=0， 0+1=1, 1+0=1, 1+1=1。

“与”运算：0x0=0, 0x1=0, 1x0=0， 1x1=1

2. 邻接矩阵和可达矩阵

（2）可达矩阵。

根据图像写出邻接矩阵



$$A=[a_{ij}]_{6\times 6}=\begin{array}{c} \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{array}$$

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.2.2 图的基本概念及其矩阵表示法（理解）P68-P71

$$A_1=A+I=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\1&1&0&0&0&0\\0&0&1&0&1&1\\1&0&0&0&0&0\\1&0&0&0&0&0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

A1描述了各节点间经过长度不大于1的通道后的可达程度

利用知识点：线性代数

记住下面公式就懂啦

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a+e & b+f \\ c+g & d+h \end{bmatrix}$$

同一方位即可

课外知识点

课外知识点

布尔代数运算规则：

“或”运算：0+0=0， 0+1=1, 1+0=1, 1+1=1。

“与”运算：0x0=0, 0x1=0, 1x0=0， 1x1=1

左矩阵第一行乘以右矩阵第一列（分别相乘,第一个数乘第一个数）,乘完之后相加,即为结果的第一行第一列的数,依次往下算。**行乘列，要对位**

$$C = AB = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1\times1+2\times2+3\times3 & 1\times4+2\times5+3\times6 \\ 4\times1+5\times2+6\times3 & 4\times4+5\times5+6\times6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & 32 \\ 32 & 77 \end{pmatrix}$$

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.2.2 图的基本概念及其矩阵表示法（理解）P68-P71

$$A_2=(A+I)^2=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\\boxed{1}&1&1&0&0&0\\1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

A2描述了各节点间经过长度不大于2的通道后的可达程度

布尔代数运算规则：

"或"运算：0+0=0， 0+1=1, 1+0=1, 1+1=1。

"与"运算：0x0=0, 0x1=0, 1x0=0， 1x1=1

行乘列，要对位

1*1+0*1+1*1+0*0+1*0+1*0

=1+0+1+0+0+0

=1+1+0+0+0

=1+0+0+0=1

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.2.2 图的基本概念及其矩阵表示法（理解）P68-P71

$$A_2=(A+I)^2=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

计算

$$=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&\boxed{1}&1&1&1&1\\1&0&0&\boxed{0}&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

A2描述了各节点间经过长度不大于2的通道后的可达程度

$$A_3=(A+I)^3=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\0&0&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&1&1&0&0&0\\1&1&1&1&1&1\\1&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&0&1\end{bmatrix}=A_2$$

A3描述了各节点间经过长度不大于3的通道后的可达程度

3.2 结构模型化技术 P66-P87

3.2.2 图的基本概念及其矩阵表示法（理解）P68-P71

依次类推，得到：

$$A_1 \neq A_2 \neq \ldots A_{r-1} = A_r,\quad r \leqslant n-1$$

式中，n为矩阵的阶数。

则：

$$A_{r-1} = (A_1 + I)^{r-1} = R$$

矩阵R称为**可达矩阵**。

$$A_3=A_2=\begin{array}{c|cccccc} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \\ \hline S_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ S_2 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_3 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ S_4 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ S_5 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ S_6 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

可达矩阵$R=A_2$

S_2和S_3在矩阵中对应的**行和列**元素完全相等。说明S_2和S_3是一回路集。选其中一个节点即可代表回路集中的其他节点。简化后的可达矩阵称为**缩减可达矩阵R'**

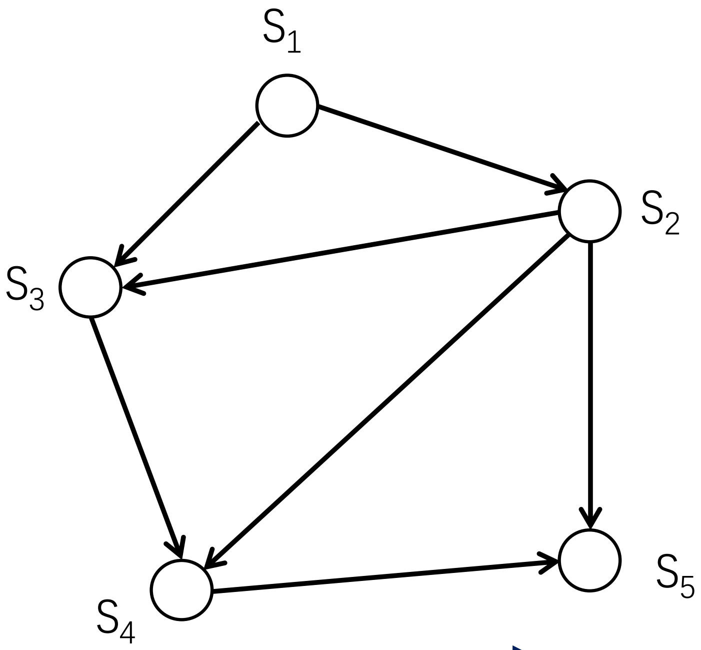
选节点S_3为代表节点。则R'为：

$$R' = \begin{array}{c} \\ S_1 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} S_1 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

例题

计算题：

系统的结构图如下图所示，请分别建立其邻接矩阵A、可达矩阵M和缩减矩阵M′。



答案解析

答案：

邻接矩阵A为：

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

答案解析

答案：

$$A_1=A+I=\begin{bmatrix}1&1&1&0&0\\0&1&1&1&1\\0&0&1&1&0\\0&0&0&1&1\\0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$A_2=(A+I)^2=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1\\0&1&1&1&1\\0&0&1&1&1\\0&0&0&1&1\\0&0&0&0&1\end{bmatrix}\Rightarrow$$

A2=A3=M

由于可达矩阵中不存在完全相等元素值的节点，因此，不存在缩减矩阵。

答案解析

答案：

邻接矩阵A为：

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

答案解析

答案：

$$A_1=A+I=\begin{bmatrix}1&1&1&0&0\\0&1&1&1&1\\0&0&1&1&0\\0&0&0&1&1\\0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$$A_2=(A+I)^2=\begin{bmatrix}1&1&1&1&1\\0&1&1&1&1\\0&0&1&1&1\\0&0&0&1&1\\0&0&0&0&1\end{bmatrix}$$

$\Rightarrow$ A2=A3=M

由于可达矩阵中不存在完全相等元素值的节点，因此，不存在缩减矩阵。

尚德机构
学习是一种信仰

具有N个节点的有向图，其中Si为既有有向边进入，又有有向边输出。余下的N-1个要素组成下列集合。

（1）$A(S_i)$——没有回路的上位集

（2）$B(S_i)$——有回路的上位集

（3）$C(S_i)$——无关集

（4）$D(S_i)$——下位集

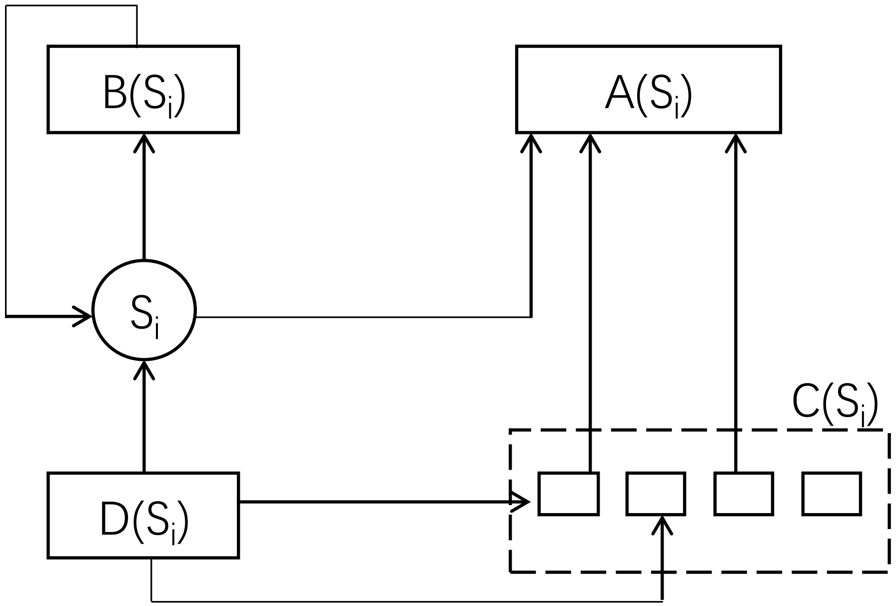


图3-4　要素的四种集合关系

例题

填空题：

一个系统有N个要素组成，其中一个要素S与其他元素的关系有：没有回路的上位集，有回路的上位集，__________，下位集。

答案解析

答案：无关集

解释结构模型法（ISM）

◆ISM属于**概念模型**，它可以把模糊不清的思想、看法转化为直观的具有良好结构关系的模型。

◆将系统构建成一个多级递阶的结构模型。

◆适用于变量众多、关系复杂而结构不清晰的系统分析中。

◆可用于方案的排序。

尚德机构
学习是一种信仰

例题

选择题：

下列关于解释结构模型表述不正确的是（ ）

A.将系统构成一个多级递阶的结构模型

B.属于判断模型

C.可以用于方案的排序

D.适用于变量众多、关系复杂而结构不清晰的系统分析中

答案解析

答案：B

答案解析：见教材75页

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

尚德机构
学习是一种信仰

简答题

1.ISM的工作程序

（1）组织实施ISM的小组。小组成员10人左右；对待解决的问题都持关心态度；保证持有各种不同观点的人员进入；能及时做出决策的负责人加入更有效。

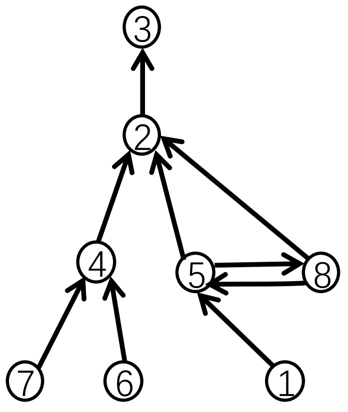
（2）设定问题。在ISM实施阶段，问题必须取得一致意见，并以文字形式规定。

（3）选择构成系统的要素。

（4）根据要素明细表构建模型，并建立反映要素关系的可达矩阵。

（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。



有向连接图

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

2.结构模型的建立

相关几个定义：

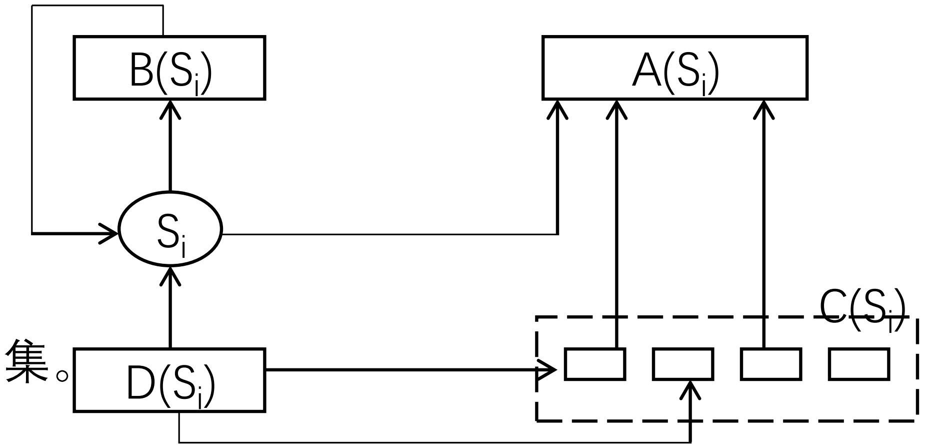


图3-4 要素的四种集合关系

(1) 可达集$R(S_i)$

要素Si可以到达的要素集合定义为要素Si的可达集。

$$R(S_i)=\{S_j \in N \mid m_{ij}=1\}$$

m_{ij}为i节点到j节点的关联（可达）值，如m_{ij}=1表示i关联j。

(2) 前因集$A(S_i)$

将要到达要素Si的要素集合定义为要素Si的前因集，也称先行集

$$A(S_i)=\{S_j \in N \mid m_{ij}=1\}$$

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

(3) 共同集合

所有要素Si的可达集合$R(S_i)$与其前因集合$A(S_i)$的交集为先行集$A(S_i)$的要素集合**定义**为共同集合，用T表示：。

$$T=\{S_j \in N \mid R(S_i) \cap A(S_i)=A(S_i)\}$$

(4) 最高级要素集合

没有比它再高级别的要素可以到达，**其可达集$R(S_i)$中只包含它本身的要素集**。

$$H=\{S_j \in N \mid R(S_i) \cap A(S_i)=R(S_i)\}$$

2.结构模型的建立

在**得到可达矩阵**的情况下，建立结构模型的一般步骤如下。

(1) 区域划分

把系统分为有关系的几个部分或子部分。

(1) 可达集$R(S_i)$：横着数，我可以捅谁？

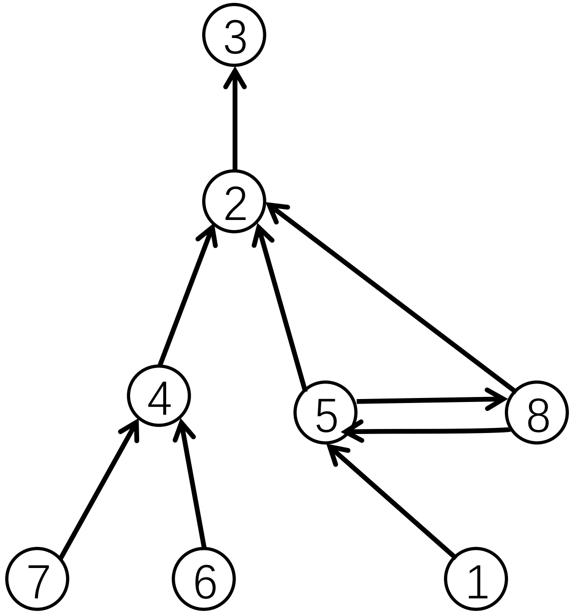
(2) 前因集$A(S_i)$：竖着数，我可以捅谁？

(3) 共同集合：横着捅的数比竖着捅的多，而且竖着被捅的人，还全部属于横着被捅的人

2.结构模型的建立

例如，有可达矩阵：

$$
R=\begin{bmatrix}
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1
\end{bmatrix}
\Leftrightarrow
$$



共同集步骤

1.找R>=A的集合

2.A里面的数字一定全部是R里面的

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

根据可达矩阵得到个要素的$R(S_i)$与$A(S_i)$，并计算$R(S_i)\cap A(S_i)$，如下表。

并求出共同集T。

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i)\cap A(S_i)$
1	1，2，3，5，8	1	1
2	2，3	1，2，4，5，6，7，8	2
3	3	1，2，3，4，5，6，7，8	3
4	2，3，4	4，6，7	4
5	2，3，5，8	1，5，8	5，8
6	2，3，4，6	6	6
7	2，3，4，7	7	7
8	2，3，5，8	1，5，8	5，8

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

求出的共同集为：

T=｛1，6，7｝，即求出了底层要素的集合。

如果S_i和$S_j \in T$。且S_i和S_j在**同一部分内**，则他们的可达集有共同的元素，即$R(S_i) \cap R(S_j) \neq \varnothing$。否则，他们分别属于两个连通域。

因为，$R(S_1) \cap R(S_6)=\{2, 3\} \neq \varnothing$。所以，系统只有一个连通域。

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

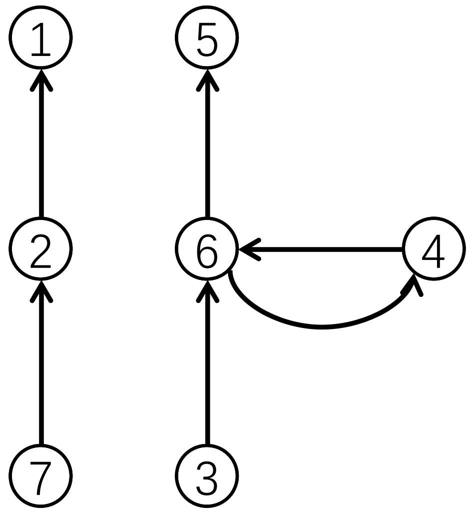


图2

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i) \cap A(S_i)$
1	1	1，2，7	1
2	1，2	2，7	2
3	3，4，5，6	3	3
4	4，5，6	3，4，5	4，6
5	5	3，4，5，6	5
6	4，5，6	3，4，6	4，6
7	1，2，7	7	7

求出的共同集为：

T=｛3，7｝，即求出了底层要素的集合。

因为，$R(S_3)\cap R(S_7)=\varnothing$。所以，系统有两个连通域。分别是：

｛1，2，7｝和｛3，4，5，6｝

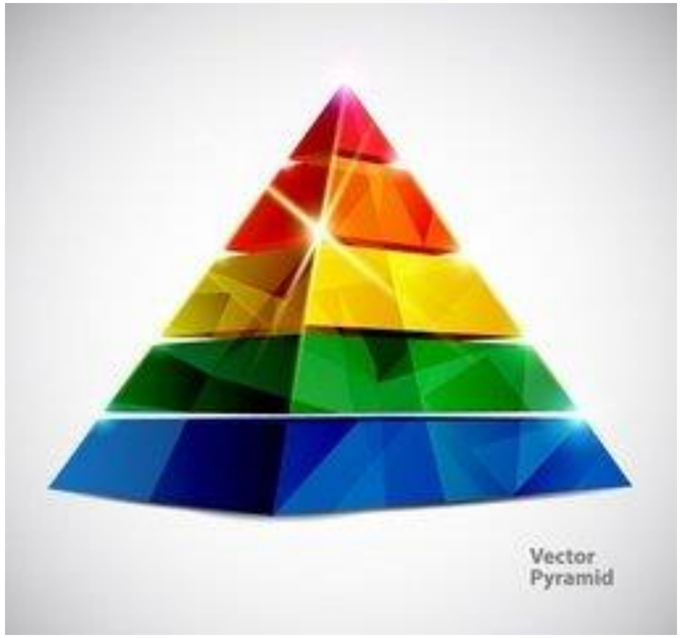
对无关的区域共同进行研究是没有意义的。重新研究所判断的关系是否正确。

尚德机构
学习是一种信仰

(2) 级间划分

首先利用最高级集合确定出多级结构的最高级要素，找出最高级要素后，从可达矩阵中划去相应的行和列。接着，再从剩下的可达矩阵中寻找新的最高要素，依次类推，找出从上到下的级次，用L_1，L_2, L，L_k。

L（n）=[L_1，L_2, L，L_k]。



(3) 最高级要素集合：竖着捅的数比横着捅的多，而且横着被捅的人，还全部属于竖着被捅的人

最高集步骤

1.找A>=R的集合

2.R里面的数字一定全部是A里面的

$$
R=\begin{bmatrix}
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1
\end{bmatrix}
$$

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i) \cap A(S_i)$
1	1，2，3，5，8	1	1
2	2，3	1，2，4，5，6，7，8	2
3	3	1，2，3，4，5，6，7，8	3
4	2，3，4	4，6，7	4
5	2，3，5，8	1，5，8	5，8
6	2，3，4，6	6	6
7	2，3，4，7	7	7
8	2，3，5，8	1，5，8	5，8

$L_1=\{3\}$

在可达矩阵R中去掉要素S_3后，进行二级划分。得到下表R'

$$R=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i) \cap A(S_i)$
1	1，2，5，8	1	1
2	2	1，2，4，5，6，7，8	2
4	2，4	4，6，7	4
5	2，5，8	1，5，8	5，8
6	2，4，6	6	6
7	2，4，7	7	7
8	2，5，8	1，5，8	5，8

由上表可知L_2=｛2｝

在可达矩阵R'中去掉要素S_2后，进行三级划分。得到下表R''

$$R=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i) \cap A(S_i)$
1	1，5，8	1	1
4	4	4，6，7	4
5	5，8	1，5，8	5，8
6	4，6	6	6
7	4，7	7	7
8	5，8	1，5，8	5，8

由上表可知L_3=｛4,5,8｝

在可达矩阵R''中去掉要素S_4，S_5，S_8后，进行四级划分。得到下表R'''

$$
R=\begin{bmatrix}
1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1\\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1\\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0\\
0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0\\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1
\end{bmatrix}
$$

要素	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$R(S_i)\cap A(S_i)$
1	1	1	1
6	6	6	6
7	7	7	7

由上表可知L_4=｛1，6，7｝

通过级间划分，将8个要素划分在4级内：

$L=[L_1, L_2, L_3, L_4,]$。

由此可以得出按级间顺序排列的可达矩阵R_1

3.2.4 解释结构模型法（理解） P75-P81

$$R_1 = \begin{array}{c} S_3 \\ S_2 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_8 \\ S_1 \\ S_6 \\ S_7 \end{array} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(3) 强连通块划分

在同一区域内同级要素相互可达的要素称为强连通块，如，

{5，8} 就是强连通块。——回路

$$R_1=\begin{array}{c} S_3 \\ S_2 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_8 \\ S_1 \\ S_6 \\ S_7 \end{array}\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

尚德机构
学习是一种信仰

(4) 求缩减可达矩阵R_2

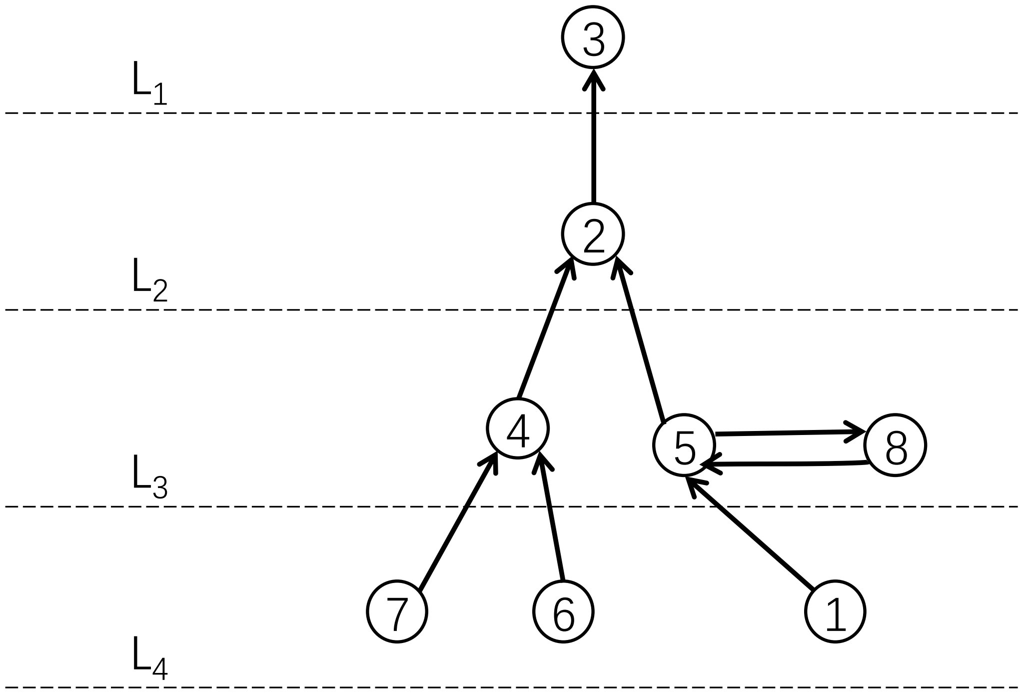
在强连通块中，要素间相互可达且互为先行，即构成一个回路。

因此，只要选其中一个作为代表要素即可。

选S5作为代表元素，得到缩减可达矩阵为：

$$
\begin{array}{c c}
 & \begin{array}{ccccccc} S_3 & S_2 & S_4 & S_5 & S_1 & S_6 & S_7 \end{array} \\
\begin{array}{c} S_3 \\ S_2 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_1 \\ S_6 \\ S_7 \end{array} &
\begin{bmatrix}
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

(5) 做结构模型



ISM的应用举例

1.成立ISM小组；

2.确定关键问题及导致因素，列举各导致因素的相关性；

3.建立可达矩阵；

4.进行区域划分和级间划分；

5.建立结构模型与解释结构模型；

6.根据解释结构模型进行分析；

7.解决措施；

ISM 的缺陷：

1.假定了级与级间不存在反馈回路

2.系统各要素间的逻辑关系，依赖人们的经验判断，比较主观。

3.实施ISM，需要方法技术专家、参与者、协调人的参加。

例题

选择题：

下述不是解释结构模型的主要缺陷是（　　）。

A.假定级与级间不存在反馈回路

B.由人的经验判断要素之间的关系

C.需要方法技术专家、参与者、协调人的共同参与

D.定性分析与定量分析方法的结合

答案解析

答案：D

答案解析：见教材86页

预测技术分类：

定性预测：德尔菲法

定量预测：回归分析、趋势线分析和平滑分析

3.3 预测模型（应用） P87-P90

例题

选择题：

下列不属于预测技术中的定量预测的是（　　）。

A.回归分析　　C.德尔菲法

B.趋势线分析　　D.平滑分析

3.3 预测模型（应用） P87-P90

答案解析

答案：C

答案解析：见教材87页

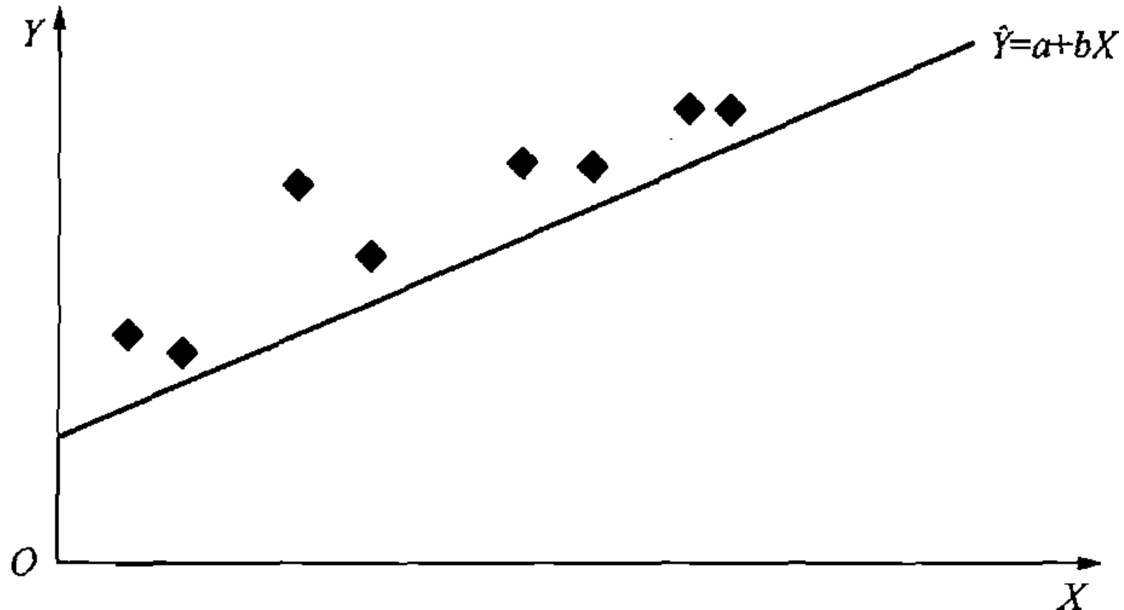
1. 因果关系回归分析：

如果变量间存在直线相关，则能够画出一条从散点群通过的直线。这条直线称为回归直线。

该直线的数学解析式称为拟合回归方程。

Y=a+bX

$$\hat{y} = \hat{a} + \hat{b}x$$



尚德机构
学习是一种信仰

1. 因果关系回归分析：

拟合直线回归方程的条件是：根据已知数据（X和Y观察值）求得的a和b应使得Σ(Y- $\hat{y}$)²有极小值。计算公式如下：

$$b=\frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n(\bar{x})^2}$$

$$a=\bar{y}-b\bar{x}$$

求出a和b，即可写出回归方程 **Y=a+bX**

尚德机构
学习是一种信仰

例题

计算题：

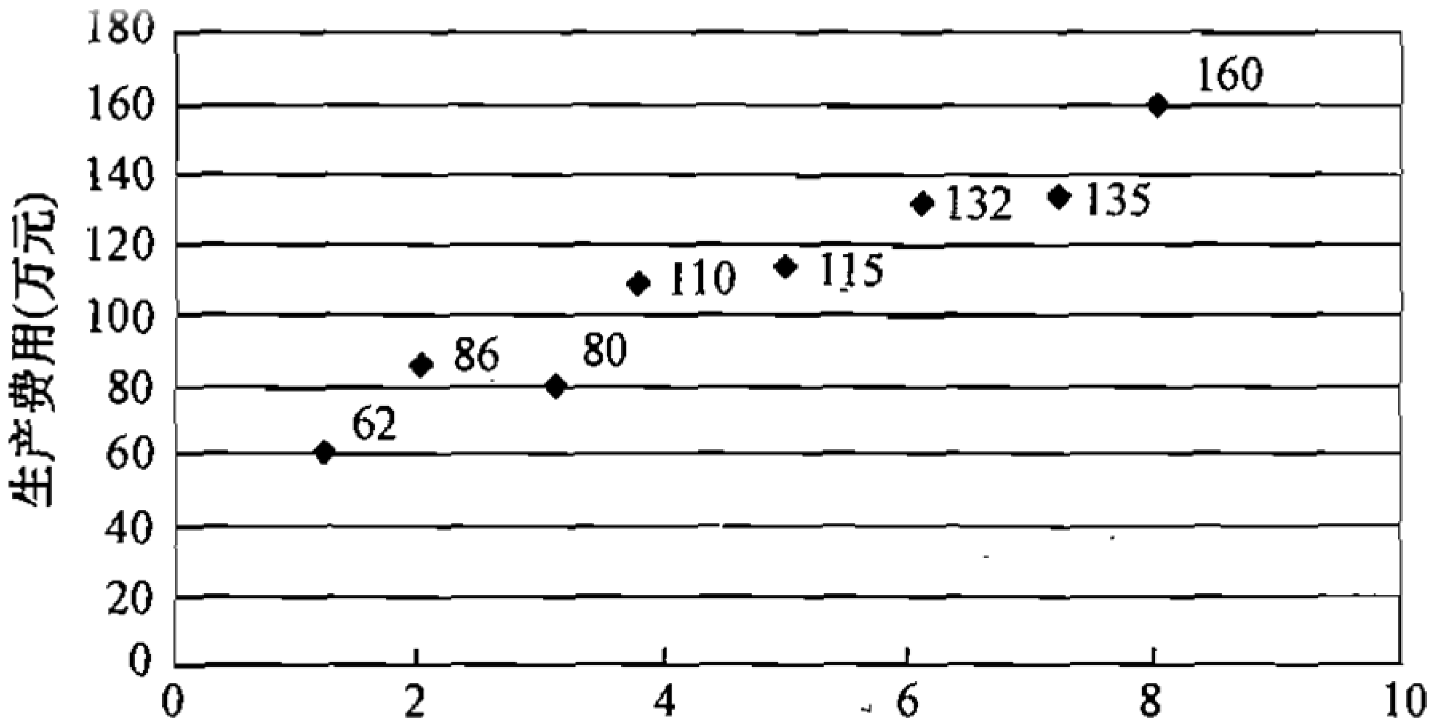
某企业在近8年中的产品产量与生产费用如表3-8所示，根据表中数据绘出散点图，并写出回归方程。

序号	产品产量（千吨>	生产费用（万元>
1	1.2	62
2	2	86
3	3.1	80
4	3.8	110
5	5	115
6	6.1	132
7	7.2	135
8	8	160

尚德机构
学习是一种信仰

答案解析

答案：



答案解析

答案：

$$\Sigma xy = 1.2\times 62+2\times 86+\cdots+8\times 160 = 4544.6$$

$$\bar{x} = (1.2+2+\cdots+8)/8=4.55$$

$$\bar{y} = (62+86+\cdots+160)/8=110$$

$$\Sigma x^2 = 1.2^2+2^2+\cdots+8^2=207.54$$

因此，$b=\dfrac{4544.6-8\times 4.55\times 110}{207.54-8\times 4.55\times 4.55}=12.90$

$a=110-12.90\times 4.55=51.31$

故所求回归方程是，$Y=51.31+12.90X$

2. 具有时间序列关系的回归分析：

当所测得或统计的数据具有时间序列关系时，其回归模型为：

$$y_i=a+bt_i$$

式中，y_i为第i个实测值；t_i为**周期序数**或与周期序数有关的值。

当t_i以一般统计数据表示时，系数a和b可按因果关系回归分析中的公式求出。**若能使t_i的平均数为0（$\bar{t}$ =0）**，则求解系数a和b的公式为：

$$b=\frac{\Sigma ty - n\bar{t}\bar{y}}{\Sigma t^2 - n(\bar{t})^2}$$

$$a = \bar{y}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i^2}$$

式中，t_i为周期序数；y_i为第i个实测值；n为实测值的个数。

为了使 $\bar{t}=0$，当周期序数为奇数时，令中间的数值为0；当周期序数为偶数时，令中间的一对数为-0.5和0.5.

尚德机构
学习是一种信仰

例题

计算题：

假如有一组具有时间序列的数据如下表所示，试建立其回归模型，并预测第七年时软件的销售额。

年度	t_i	y_i	t_iy_i	t_i^2
第一年	-2.5	1.5	-3.75	6.25
第二年	-1.5	2.3	-3.45	2.25
第三年	-0.5	2.7	-1.35	0.25
第四年	0.5	4.1	2.05	0.25
第五年	1.5	4.5	6.75	2.25
第六年	2.5	5.5	13.75	6.25

答案解析

由表的数据可知，$\bar{t}=0$；

$\bar{y}=$（1.5+2.3+……+5.5）/6=3.43

由公式可知：a=3.43 b=0.8

所拟建立的回归模型为：

$$Y_i=3.43+0.8t_i$$

第七年的销售额，即i=7，$t_7=3.5$，代入回归方程得

Y7=6.23（万元）

1.二次趋势曲线预测模型

二次趋势曲线模型的斜率是随时间变化的，其数学方程为：

$$Y_i=a+bx+cx^2$$

式中，y_i为时间数列的趋势值；a，b和c为常数；x为时间序列年次。

设**时间序列的中点为原点**，则可得

$$\Sigma y=Na+c\,\Sigma x^2 \quad \Sigma xy$$
$$=b\,\Sigma x^2 \quad \Sigma x^2y$$
$$=a\,\Sigma x^2$$

一般统计学书籍或数学手册都有附表

求解上述联立方程，即可得a，b和c的值

尚德机构
学习是一种信仰

2.三次趋势曲线预测模型

三次趋势曲线的数学方程为：

$$Y_i=a+bx+cx^2+dx^3$$

式中，y_i为时间数列的趋势值；a，b，c和d为常数；x为时间序列年次。

设**时间序列的中点为原点**，用最小平方法求得系数的值。

$\Sigma y=Na+c\ \Sigma x^2\ \Sigma xy$

$=b\ \Sigma x^2\ +d\Sigma x^4\ \Sigma x^2y$

$=a\ \Sigma x^2+c\Sigma x^4\Sigma x^3y$

$=b\ \Sigma x^4+d\Sigma x^6$

求解上述联立方程，即可得a，b和c的值

3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

1.概念

模型的优化：就是为了就某些系统参数和变量取得较好值或最优值的一种方法。

- **数学模型**
  - **确定型优化方法**
    - 直接法：**优选法和0.618法**
    - 间接法：**非线性规划、牛顿法、梯度法**
  - **随机型优化方法**
    - **排队论、**
    - **马尔可夫过程**
    - **概率统计方法**

3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

2.优化技术分类

基本模型如满足一下各项条件则此优化问题称为线性规划问题：

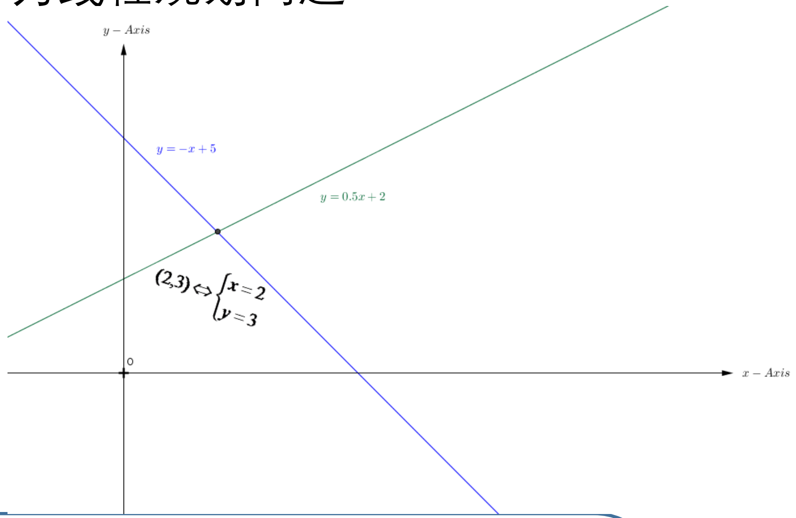
（1）具有**唯一**的目标函数。

（2）决策变量无论在目标函数或约束条件中出现都具有**幂为1**的指数形式， 并往往和一常数相乘。

（3）目标函数或约束条件中都**不包括决策变量的乘积项**。

（4）目标函数或每个约束条件中决策变量的**系数均为常数**。

（5）决策变量之值可以是**任一实数**。



如果不存在约束条件则称为**无约束优化**；

如果有一个或多个约束条件则称为**约束优化问题**；

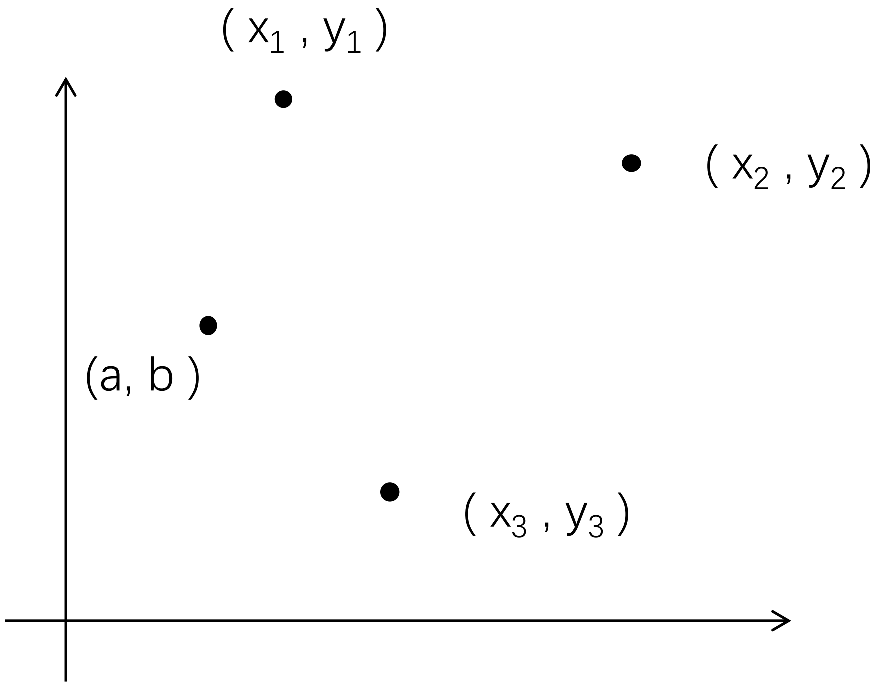
如果一部分决策变量限定为整数，称为**整数规划**或混合整数规划

3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

3.优化模型的建构

（1）**无约束优化：**

$$\min Z=\sum_{i=1}^{m}\sqrt{(a-x_i)^2+(b-y_i)^2}$$



用梯度法，在梯度方向上连续的跨步找出最小值。

选择合适的起始点在应用梯度法或搜索法时很重要。

3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

3.优化模型的建构

（2）**约束优化：**

一个生产制造企业欲安排一个月的生产计划，产品A和B。A产品的利润为80元，B产品的利润为100元，每月供应的原材料达6000kg，可利用的工时为1600h，生产A产品需要4kg原材料和20h，生产B产品需要6kg原材料和18h。按照规定，每月至少要交付32件A产品和20件B产品，且假设所有产品都能销售出去，要求确定A产品和B产品的月生产数量，使得利润最大

系统工程中常用的基本优化模型：

$$\max(\text{或}\min) \quad f_j(x),\ j \in J$$

$$s.t.\ g_i(x)\begin{Bmatrix} \geq \\ = \\ \leq \end{Bmatrix} b_i,\ i \in I$$

$X_1=32$

3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

3.优化模型的建构

（2）约束优化：

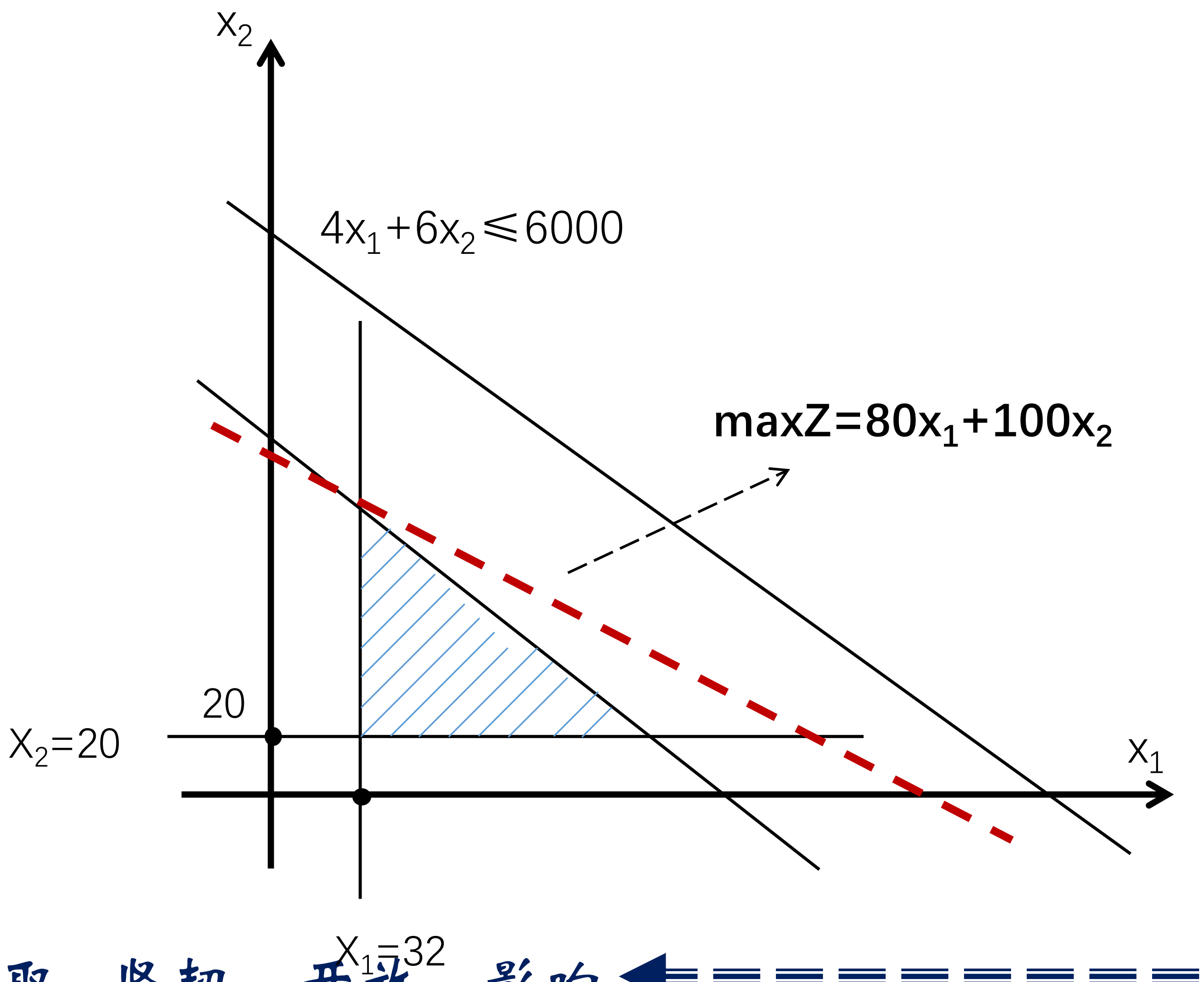
$\max Z=80x_1+100x_2$

$4x_1+6x_2\leqslant 6000$

$20x_1+18x_2\leqslant 1600$

$x1\geq 32$

$x2\geq 20$

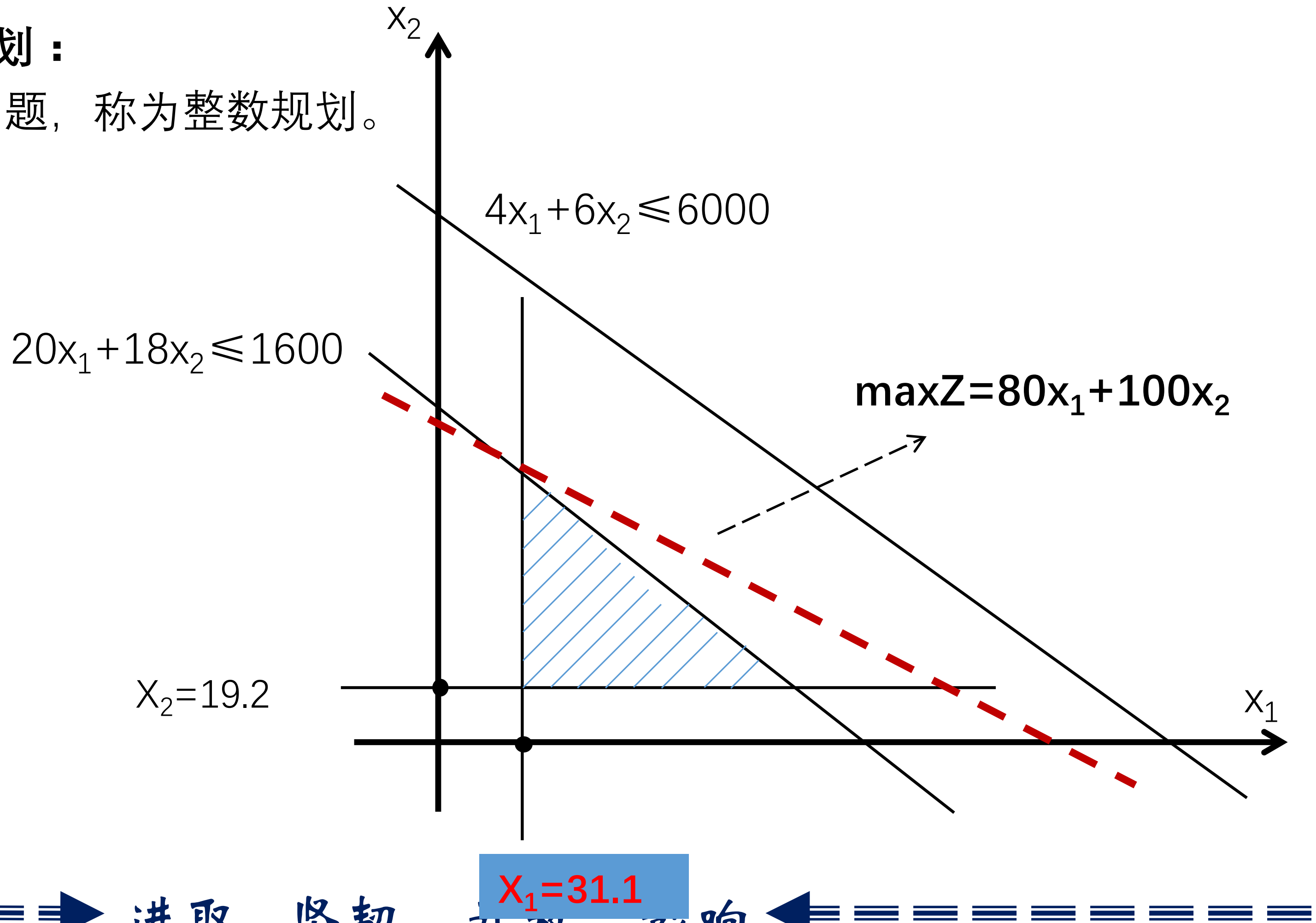


3.4 优化模型简介（识记） P91-P94

3.优化模型的建构

（3）**整数规划：**

对求最优整数解的问题，称为整数规划。



3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

3.5.1 系统仿真的概念与步骤

1.系统仿真的概念

系统仿真是设计系统的**计算机模型**，利用它进行实验以了解**系统的行为**或**评估系统运用的各种策略**的过程。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

3.5.1 系统仿真的概念与步骤

2.系统仿真的优缺点

优点：

（1）可以描述**复杂的、带有随机因素**的现实世界**系统**。

（2）允许在**假设的条件下估计现有系统的性能**。

（3）可通过**比较可供选择的系统设计，找出最好的一种**。

（4）能在**较短的时间内研究长时间范围的系统**，或在扩展的时间内研究系统的详细运行情况。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

3.5.1 系统仿真的概念与步骤

2.**系统仿真的优缺点**

缺点：

（1）一般费用较为**昂贵**，而且开发一个仿真模型要花很**长时间**。

（2）随机仿真模型**每运行一次**，仅**对一组特定的输人参数产生模型的真实特性的估计**。

（3）仿真研究产生大量数据，**使人们产生一种更信任仿真研究结果的趋向**。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

3.5.1 系统仿真的概念与步骤

3.系统仿真的一般步骤

简答题

（1）定义问题

（2）制定仿真模型

a) 确定仿真的目标

b) 确定状态变量

c) 选择模型的时间移动方法

d) 描述运用行为

e) 准备过程发生器

（3）证实模型

（4）设计仿真试验

（5）仿真运行并分析数据

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

例题

简答题：

请简述系统仿真模型的一般步骤。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

答案解析

答：系统仿真模型的一般步骤有。

（1）定义问题

（2）制定仿真模型

（3）证实模型

（4）设计仿真试验

（5）仿真运行并分析数据

3.5.2 蒙特卡罗法　（P97-P100）

蒙特卡罗法是一种适用于对静态离散系统进行仿真试验的方法。

为了估算某路口每天的车流量，对路口每分钟通过的车辆数做了100次统计，如表3-10所示。

表3-10数据表

每分钟通过车辆数（辆）	30～39	40～49	50～59	60～69	70及以上
发生次数（次）	5	25	40	28	2

根据上表，列出相应的概率分布，如下表3-11所示。

3.5.2 蒙特卡罗法 （P97-P100）

蒙特卡罗法是一种适用于对静态离散系统进行仿真试验的方法。

为了估算某路口每天的车流量，对路口每分钟通过的车辆数做了100次统计。

表3-11概率分布表

每分钟通过车辆数（辆）	概率
30～39	0.05
40 ～49	0.25
50 ～59	0.40
60 ～69	0.28
70及以上	0.02

若以随机数01,02，…，98,99,00表示上述概率分布，可将以上两表重新编写，如下。

3.5.2 蒙特卡罗法 （P97-P100）

蒙特卡罗法是一种适用于对静态离散系统进行仿真试验的方法。

为了估算某路口每天的车流量，对路口每分钟通过的车辆数做了100次统计。

表3-12概率分布和随机数取值

每分钟通过车辆数（辆）	概率	随机数取值
30 ~39	0.05	01~05
40 ~49	0.25	06 ~30
50~59	0.4	31 ~70
60~69	0.28	71 ~98
70及以上	0.02	99 ~00

如，取得随机数33，则从表中可知，这一分钟车流量在50-59辆之间，取平均数为55。

应用蒙特卡罗法，首先要知道仿真事件的概率分布，其次要确定随机数的取值。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

例题

简答题：

请简述系统仿真模型的一般步骤。

3.5 系统仿真模型（理解） P94-P100

答案解析

答：系统仿真模型的一般步骤有。

（1）定义问题

（2）制定仿真模型

（3）证实模型

（4）设计仿真试验

（5）仿真运行并分析数据

随机数的生成方法有如下三种：

（1）**随机数表法**

（2）**随机数发生器**

（3）**利用数学方法产生随机数**。

是目前采用较多的随机数生成法。
用数学方法产生的随机数称为**伪随机数**，产生伪随机数的方法如“**自乘取中法**”。

3.5.2 蒙特卡罗法 （P97-P100）

实际应用

某生产电子产品的企业，要对某种型号的产品平均无故障运行时 间做出估计。该产品由A、B和C三个部件串联而成。因此，当这三个部件中任 何一个部件发生故障而失效时，则该电子产品也即告失效。如果在该产品投入运 行后再对其无故障运行时间做出估计，则费用比较高。现在企业已经得到每一种 部件的有关运行试验记录资料，其中包括用来确定部件失效时间的概率分布，如 表3-13所示。

表3-13部件失效概率分布和随机数取值表（单位：月）

A部件			B部件			C部件		
失效时间	概率	随机数	失效时间	概率	随机数	失效时间	概率	随机数
4	0.1	01 ～10	2	0.05	01 ～05	6	0.2	01 ～20
5	0.2	11-30	3	0.1	06-15	7	0.3	21-50
6	0.3	31-60	4	0.2	16～35	8	0.25	51-75
7	0.2	61 ～80	5	0.3	36 ～65	9	0.15	76 ～90
8	0.15	81 ～95	6	0.25	66 ～90	10	0.1	91 ～00
9	0.05	96-00	7	0.1	91-00			

3.5.2 蒙特卡罗法 （P97-P100）

产品[序列号	A部件随机数	A部件失效时间	B部件随机数	B部件失效时间	C部件随机数	C部件失效时间	产品失效时间
1	33	6	24	4	52	8	4
2	50	6	72	6	85	9	6
3	13	5	19	4	79	9	4
4	82	8	20	4	86	9	4
5	59	6	91	7	72	8	6
6	30	5	88	6	20	6	5
7	24	5	95	7	12	6	5
8	02	4	38	5	21	7	4
9	15	5	41	5	99	10	5
10	38	6	51	5	58	8	5

3.5.2 蒙特卡罗法 （P97-P100）

产品[序列号	A部件 随机数	A部件失 效时间	B部件 随机数	B部件失 效时间	C部件 随机数	C部件失 效时间	产品失 效时间
11	12	5	08	3	04	6	3
12	85	8	23	4	36	7	4
13	92	8	*55*	5	01	6	5
14	79	7	*27*	4	84	9	4
15	59	6	80	6	13	6	6
16	11	5	26	4	06	6	4
17	97	9	54	5	15	6	5
18	39	6	47	5	73	8	5
19	71	7	14	3	64	8	3
20'	16	5	59	5	96	10	5

愿你今夜过得美好！