哈爾濱工業大學

Harbin Institute of Technology

系统工程基础课程

实验报告

院　　系：航天学院

班　　级：1704104

姓　　名：尉前进

学　　号：1170400423

电子邮箱：1170400423@stu.hit.edu.cn

联系电话：15765519258

日　　期：2020.4.27

1．实验题目： 系统建模与分析实验

2．实验目的

熟悉以下内容：

1) 移动平均法
2) 解析结构模型分析方法
3) AHP 方法

3．实验主要原理

1) 移动平均法

确定移动数据的项数 n，依次计算从 $t-n+1$ 期开始，直到 t 期结束的给定时间序列中 n 项实际值的平均值，作为第 $t+T$ 期的预测值

$$y_{t+T}=\bar{y}_t=\frac{1}{n}(y_t+y_{t-1}+\dots+y_{t-n+1})$$

$\overline{y_t}$ 称为移动平均数；相当于用近 n 期的加权平均数作为移动平均数，它们的权重相同，都是 $\frac{1}{n}$

显然 $\overline{y_t}=\overline{y_{t-1}}+\frac{1}{n}(y_t-y_{t-n})$

上述方法便称为简单移动平均法

2）解析结构模型分析法

最短路算法（Dijkstra算法）

- ✓ 假设每条弧的权都不小于0（如果有负权，算法失效）
- ✓ 对每个顶点给定一个标号，标号分临时标号和固定标号（分别称为T类标号和P类标号）
- ✓ 顶点i的临时标号记为T(i)，它表示从起点s到顶点i的最短距离的上界
- ✓ 顶点i的固定编号记为P(i)，表示起点s到顶点i的实际最短距离
- ✓ 已经得到P类标号的顶点，不再改变其标号，而没有标上P类标号的顶点必须标上T类标号
- ✓ 算法的每一步要把某一顶点的T类标号改为P类标号
- ✓ 当终点获得P类标号后，就得到了从起点到终点的最短路线
- ✓ 算法开始时，给起点固定编号P(s)=0，其余顶点标上临时标号T(j)=∞

3) AHP 方法

✓层次单排序：根据判断矩阵计算，对于上一层次某个元素而言，本层次与之联系的元素重要性次序的权值。单层权值即解方程

$$\mathbf{BW} = \lambda_{\max}\mathbf{W}$$
$$\mathbf{W} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)^T$$

✓一致性检验：随机一致性比率小于0.1

- 判断矩阵特征根的变化来判断一致性程度

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

*n*为判断矩阵的维数

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

4．实验内容

1、移动平均法

已知某公司近年的销售额如下表所示 年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
销售额（百万）	4	6	5	8	9	5	4	3	7	8

完成下列操作：

（1）编写 m 文件程序，应用简单一次移动平均法，取 n=5，计算移动平均值。

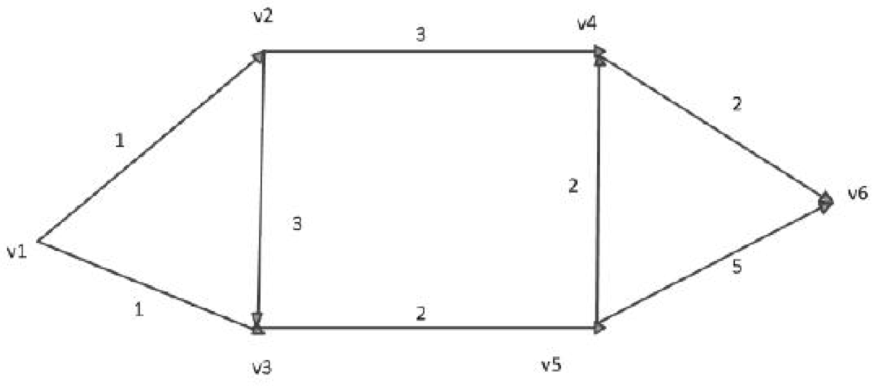
（2）编写 m 文件程序，将原始数据和移动平均后的数据以折线图的形式绘制在一张图上，横轴是年度，线型采用红色实线和绿色虚线。

（3）编写 m 文件程序，应用一次指数平滑法，取不同的α值，计算平滑值。

（4）编写 m 文件程序，将原始数据、移动平均后的数据和指数平滑后的数据，以折线图的形式绘制在一张图上，横轴是年度，线型采用红色实线、绿色虚线和蓝色点划线。

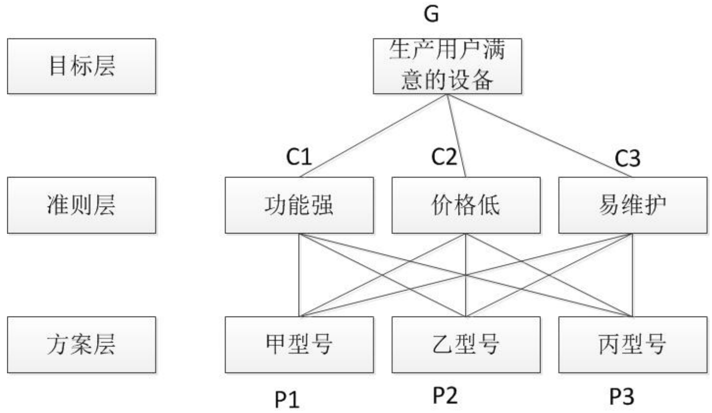
2．最短路算法

已知图如下所示，编写 m 文件程序，求取 v1 到各点的最短路。



3. **AHP 方法**

某厂拟生产一种设备，经调查用户了解，希望设备功能强，价格低，维修容易，有三种型号可供选择，通过分析建立层次结构模型。



已知：甲型号性能好、价格一般、维护需要一般技术水平；乙型号性能最好、价格较贵、维护需要一般技术水平；丙型号性能差、价格低、容易维护。据此，得到相应的判断矩阵，如下图所示。

C1	P1	P2	P3
P1	1	1/4	2
P2	4	1	8
P3	1/2	1/8	1

C2	P1	P2	P3
P1	1	4	1/3
P2	1/4	1	1/8
P3	3	8	1

C3	P1	P2	P3
P1	1	1	1/3
P2	1	1	1/5
P3	3	5	1

假定用户在设备选择上要求：首先功能强；其次易维护；再次价格低。据此，得到准则层相对总目标的判断矩阵如下图所示。

G	C1	C2	C3
C1	1	5	3
C2	1/5	1	1/3
C3	1/3	3	1

编写 m 文件程序，使用 AHP 方法，分析那种方案更有优势。

5．程序代码

1.1

```
close all
clear
clc
year =2003:2012;
sales =[4 6 5 8 9 5 4 3 7 8];
%%%%%%%%一次移动平均
T=3;
n=5;
salesave =[];
for i=1:(length(sales)-n+1)
salesave(i) = sum(sales(i:i+n-1))/n;
end
```

1.2

```
salesnew = [sales(1:7) salesave];
figure
plot(year,sales,'r');
hold
plot([year 2013 2014 2015],salesnew,'g--');
grid
legend('原始数据','一次移动平滑后数据')
xlabel('年度')
ylabel('销售量(百万元)')
```

1.3

```
s0=sales(1);
alpha = 0.1; %%0.3 0.5
s(1)= alpha*sales(1)+(1-alpha)*s0;
for i=2:length(sales)
 s(i)= alpha*sales(i)+(1-alpha)*s(i-1);
end
salesnewexpo = [sales(1:T) s];
figure
plot(year,sales,'r');
hold
plot([year 2013 2014 2015],salesnewexpo,'g--');
grid
xlabel('年度')
ylabel('销售量(百万元)')
```

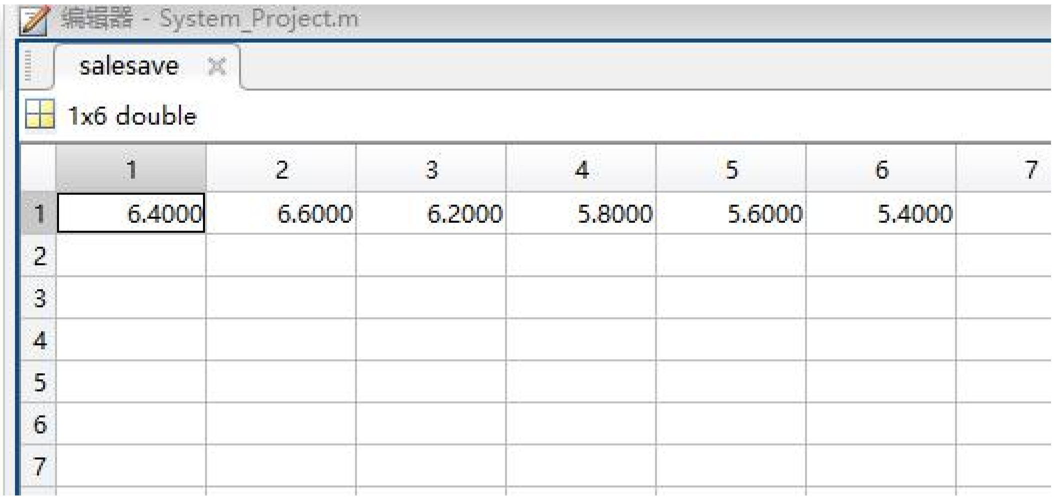
1.4

```
figure
plot(year,sales,'r');
hold
plot([year 2013 2014 2015],salesnew,'g--');
grid
plot([year 2013 2014 2015],salesnewexpo,'b.-');
```

```
legend('原始数据','一次移动平滑后数据','一次指数平滑\alpha=0.3');
2.
clear
clc
W = [1 1 3 3 2 2 2 5 0];
DG = sparse([1 1 2 2 3 4 5 5 6],[2 3 3 4 5 6 4 6 1],W);
h = view(biograph(DG,[],'ShowWeights','on'));
[dist,path,pred]=graphshortestpath(DG,1);
3.
C1 = [1 1/4 2;4 1 8;1/2 1/8 1];
C2 = [1 4 1/3;1/4 1 1/8;3 8 1];
C3 = [1 1 1/3;1 1 1/5;3 5 1];
%
n = 3;
RI = 0.58;
[V1,D1] = eig(C1);
CI1 = (max(max(D1))-n)/(n-1);
CR1 = CI1 / RI ;
%
[V2,D2] = eig(C2);
CI2 = (max(max(D2))-n)/(n-1);
CR2 = CI2 / RI ;
%
[V3,D3] = eig(C3);
CI3 = (max(max(D3))-n)/(n-1);
CR3 = CI3 / RI;
%%%%%
RI = 0.58;
CP = [1 5 3;1/5 1 1/3;1/3 3 1];
[VP,DP] = eig(CP);
CIP = (max(max(D3))-n)/(n-1);
CRP = CI3 / RI;
%
W1 = V1(1,1)*VP(1,1)+ V2(1,1)*VP(2,1)+V3(1,1)*VP(3,1);
W2 = V1(2,1)*VP(1,1)+ V2(2,1)*VP(2,1)+V3(2,1)*VP(3,1);
W3 = V1(3,1)*VP(1,1)+ V2(3,1)*VP(2,1)+V3(3,1)*VP(3,1);
```

6．实验结果及分析

1.1



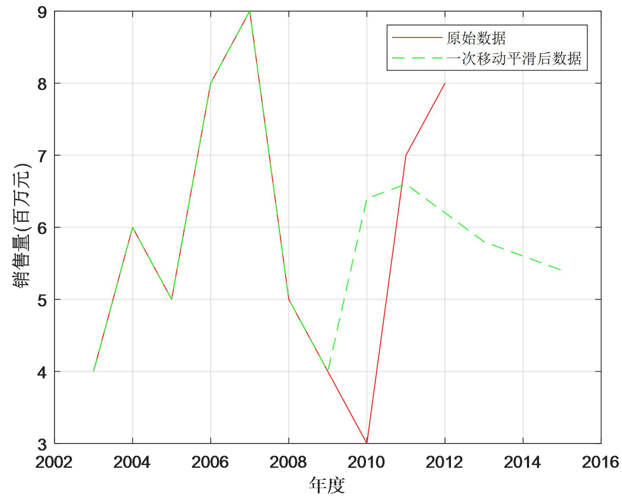
编辑器 - System_Project.m

salesave

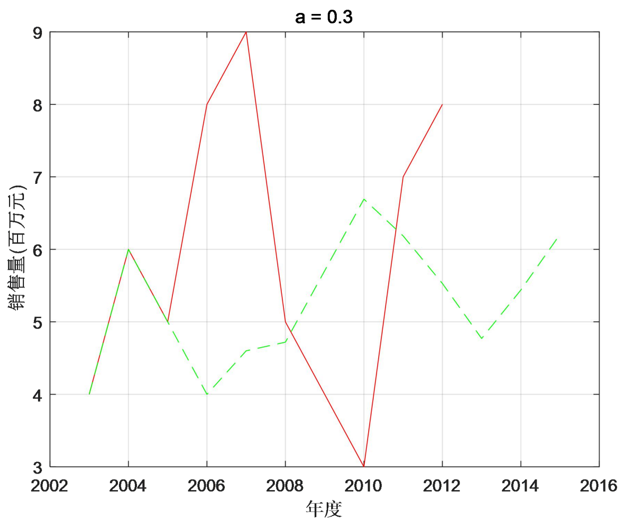
1x6 double

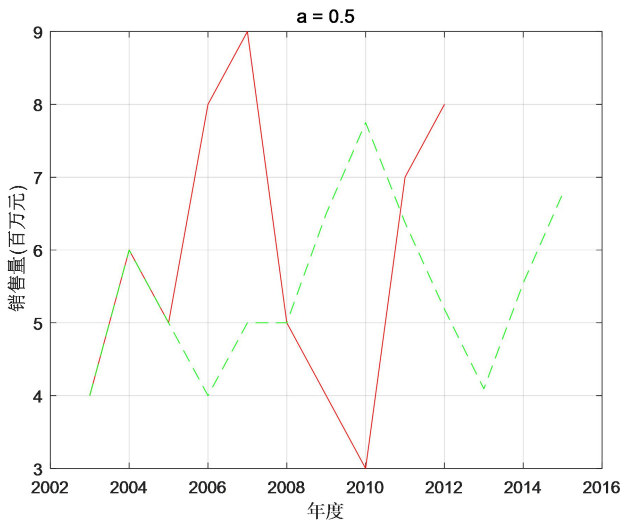
	1	2	3	4	5	6	7
1	6.4000	6.6000	6.2000	5.8000	5.6000	5.4000	
2							
3							
4							
5							
6							
7							

1.2

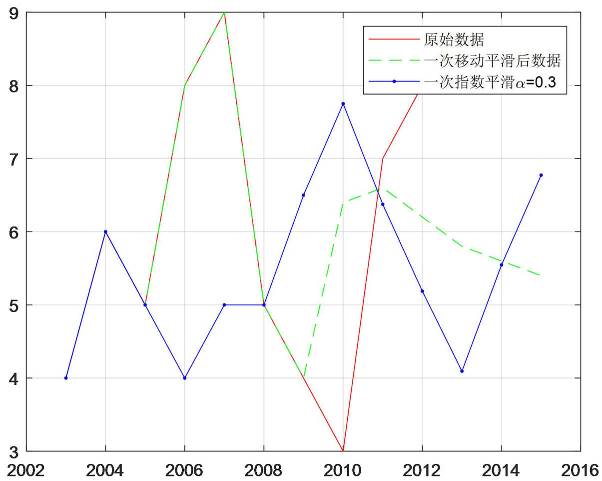


1.3





1.4



2.

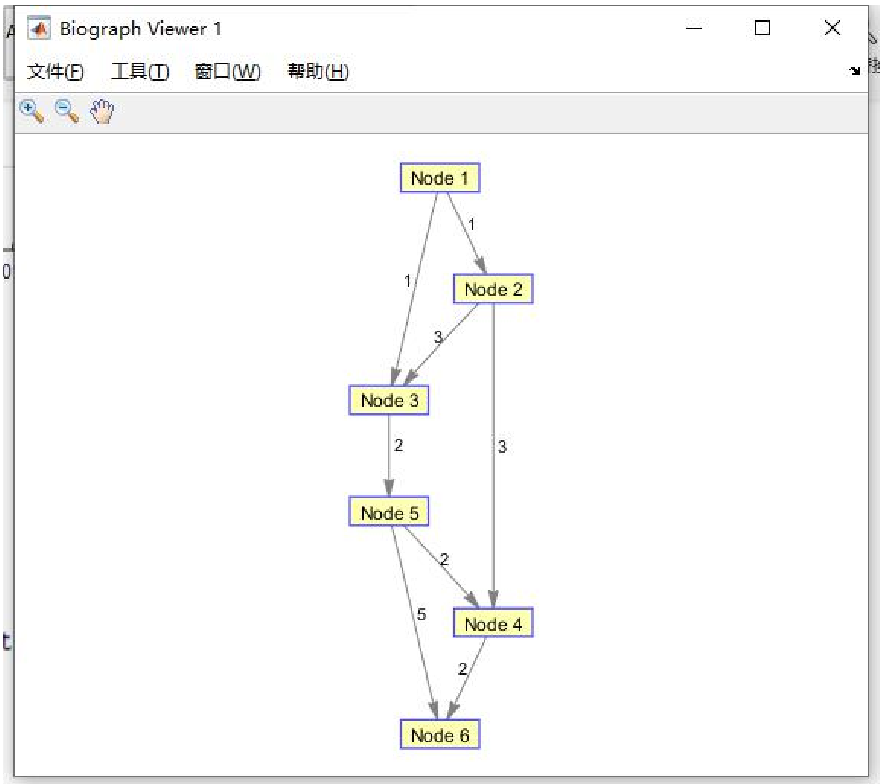
```
DG =

   (1,2)        1
   (1,3)        1
   (2,3)        3
   (2,4)        3
   (5,4)        2
   (3,5)        2
   (4,6)        2
   (5,6)        5
```

```
>> dist

dist =

     0     1     1     4     3     6
```




```
path =

  1×6 cell 数组

    {[1]}    {1×2 double}    {1×2 double}    {1×3 double}    {1×3 double}    {1×4 double}
```

3.

```
W1 =

    0.3720

>> W2 = V1(2,1)*VP(1,1)+ V2(2,1)*VP(2,1)+V3(2,1)*VP(3,1)

W2 =

    0.9803

>> W3 = V1(3,1)*VP(1,1)+ V2(3,1)*VP(2,1)+V3(3,1)*VP(3,1)

W3 =

    0.5989
```

7．结论

1. 结论见图

2. 有 6 个节点 8 条边

3. 因为 w_2 最大，所以应该选择乙方法

1．实验题目： **系统工程理论应用实验**

2．实验目的

熟悉以下内容：

1) 线性规划
2) 非线性规划

3．实验主要原理

1) 线性规划

基本概念

一般的优化（规划）问题：

$\min imize f_0(x)，x \in R^n$

$s.t. f_i(x) \le 0$

$f_0(x)$ 叫做目标函数

$f_i(x) \le 0$ 叫做约束函数

线性函数：$f(\alpha x + \beta y) = \alpha f(x) + \beta f(y), \alpha \in R^n, \beta \in R^n$

若 $f_i(x)(i = 0,1,2....)$ 是线性函数，就是**线性规划问题**，即目标函数和约束都是线性（仿射函数）的，若 $f_i(x)(i = 0,1,2....)$ 有一个不是线性规划函数，则该问题变成**非线性规划问题**;

凸函数：$f(\alpha x + \beta y) \le \alpha f(x) + \beta f(y), \alpha \in R^n, \beta \in R^n, \alpha + \beta = 1, \alpha \ge 0, \beta \ge 0$，它的几何意义就是**最优解若对应的值**存在，一定是唯一的，求解出的极值就是最值！

若 $f_i(x)(i = 0,1,2....)$ 是凸函数，就是**凸规划问题**，即目标函数和约束都是凸函数，若 $f_i(x)(i = 0,1,2....)$ 有一个不是凸函数，则该问题变成**非凸规划问题**;

可见**线性规划问题必是凸规划问题**

常见的凸规化问题有：

a. 线性规划问题（LP）
b. 线性约束的二次规划问题（QP）
c. 二次约束的二次规划问题
d. 半正定规划

可见 **b,c,d 都属于非线性规划问题的一部分，但是他们属于凸优化问题**，求解也是比较简单的，而非凸的问题求解更加复杂，这里暂且不讨论。

介绍线性规划问题：

线性规划问题实质是求解：由给定条件限定的定义域内的多元线性函数的最值

$$\max\ Z=\sum c_j x_j$$
$$\begin{cases}\sum a_{ij}x_j=b_i & (b_i>0, i=1, 2, \cdots, m)\\ x_j\geq 0 & (j=1, 2, \cdots, n)\end{cases}$$

$$\max Z=2x_1-x_2-3(x_4-x_5)+0x_6+0x_7$$
$$\begin{cases}5x_1+x_2+(x_4-x_5)+x_6=7\\ x_1-x_2-(x_4-x_5)-x_7=2\\ 5x_1-x_2-2(x_4-x_5)=5\\ x_1,x_2,x_4,x_5,x_6,x_7\geq 0\end{cases}$$

不是标准形式的处理方法

- **最小化问题：** $Z=-Z'$
- **约束右端项小于0，等式两端同时乘以-1**
- **约束条件为不等式，如果是小于等于，等式左侧加上入非负松弛变量；如果是大于等于，等式左侧减去非负剩余变量**
- **如果变量无约束，引入** $x_k=x_k'-x_k'', x_k'\geq 0, x_k''\geq 0$

Eg：（由于这部分知识比较重要，因此重新写一遍）

不是标准形式的处理方法

- 用x4-x5替换x3，且x4,x5>0
- 引入变量x6,x7,他们分别是松弛变量和剩余变量，都是非负的
- 将第三个约束方程两边乘以-1
- 将极小值问题反号变为极大值问题

$$\min Z=-2x_1+x_2+3x_3 \qquad \max Z=2x_1-x_2-3(x_4-x_5)+0x_6+0x_7$$
$$\begin{cases}5x_1+x_2+x_3\leq 7\\ x_1-x_2-4x_3\geq 2\\ -3x_1+x_2+2x_3=-5\\ x_1,x_2\geq 0, x_3\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}5x_1+x_2+(x_4-x_5)+x_6=7\\ x_1-x_2-(x_4-x_5)-x_7=2\\ 3x_1-x_2-2(x_4-x_5)=5\\ x_1,x_2,x_4,x_5,x_6,x_7\geq 0\end{cases}$$

$$\max Z=2x_1+3x_2$$
$$\begin{cases}2x_1+2x_2\leq 12\\ x_1+2x_2\leq 8\\ 4x_1\leq 16\\ 4x_2\leq 12\\ x_1,x_2\geq 0\end{cases}$$
$$\Downarrow$$
$$\max Z=2x_1+3x_2+0x_3+0x_4+0x_5+0x_6$$
$$\begin{cases}2x_1+2x_2+x_3=12\\ x_1+2x_2+x_4=8\\ 4x_1+x_5=16\\ 4x_2+x_6=12\\ x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6\geq 0\end{cases}$$

单纯形法的概念
单纯形表格法求最值的方法（找单位矩阵）

线性规划方法的应用（用 MATLAB 求解）

1、线性规划 1

编写 m 文件程序，调用 linprog 函数，求解如下的线性规划问题

$$\max \quad z = 2x_1 + 3x_2$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \le 8 \\ 2x_1 \le 8 \\ x_2 \le 3 \\ x_1, x_2 \ge 0 \end{cases}$$

代码：

```
f=[-2 -3];
A=[1 2;2 0;0 1];
b=[8;8;3];
x=linprog(f,A,b);
```

结果：

```
x =

     4
     2
```

2、线性规划 2

编写 m 文件程序，调用 linprog 函数，求解如下的线性规划问题

$$min\ f(x) = -5x_1 - 4x_2 - 6x_3$$

$s.t.$

$$x_1 - x_2 + x_3 \le 20$$
$$3x_1 + 2x_2 + 4x_3 \le 42$$
$$3x_1 + 2x_2 \le 30$$
$$0 \le x_1, 0 \le x_2, 0 \le x_3$$

代码：

```
f=[-5 -4 -6];
A=[1 -1 1;3 2 4;3 2 0];
b=[20;42;30];
lb = zeros(3,1);
x=linprog(f,A,b,[],[],lb);
```

结果：

```
x =

         0
   15.0000
    3.0000
```

4. 分配问题（0/1 规划问题）

有 4 名工程师，他们均能完成 4 项不同类型的工作，但因为熟悉程度不同，每人所需要的时间不同，希望对这 4 名工程师进行合理工作分配（每人负责一项工作），使所有工作完

成时间总和最少。编写 m 文件对此问题求解。

工作 工程师	工作 1	工作 2	工作 3	工作 4
张	2	10	9	7
王	15	4	14	8
李	13	14	16	11
赵	4	15	13	9

分析：

令 xij = 1(第 i 人完成第 j 项工作)或 0（第 i 人不进行第 j 项工作）. 于是得到一个 0－1 整数规划问题

$$\begin{cases} x_{11}+x_{12}+x_{13}+x_{14}=1(\text{小张只能干一项工作}) \\ x_{21}+x_{22}+x_{23}+x_{24}=1(\text{小王只能干一项工作}) \\ x_{31}+x_{32}+x_{33}+x_{34}=1(\text{小李只能干一项工作}) \\ x_{41}+x_{42}+x_{43}+x_{44}=1(\text{小赵只能干一项工作}) \\ x_{11}+x_{21}+x_{31}+x_{41}=1(A\text{工作只能一个人干}) \\ x_{12}+x_{22}+x_{32}+x_{42}=1(B\text{工作只能一个人干}) \\ x_{13}+x_{23}+x_{33}+x_{43}=1(C\text{工作只能一个人干}) \\ x_{14}+x_{24}+x_{34}+x_{44}=1(D\text{工作只能一个人干}) \end{cases}$$

目标函数为：

$$\min Z=2x_{11}+10x_{12}+9x_{13}+7x_{14}+15x_{21}+4x_{22}+14x_{23}$$
$$+8x_{24}+13x_{31}+14x_{32}+16x_{33}+11x_{34}+4x_{14}+15x_{24}+13x_{34}+9x_{44}$$

代码：

```
f=[2 10 9 7 15 4 14 8 13 14 16 11 4 15 13 9];
Aeq = [1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0;
      0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1;
      1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0;
      0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0;
      0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0;
      0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1];
beq = [1;1;1;1;1;1;1;1];
intcon=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16];
lb = zeros(16,1);
ub = ones(16,1);
[x,fval]=intlinprog(f,intcon,[],[],Aeq,beq,lb,ub);
```

结果：

```
x =

     0
     0
     1
     0
     0
     1
     0
     0
     0
     0
     0
     1
     1
     0
     0
     0

fval =

    28
```

即小张做 C 工作，小王做 B 工作，小李做 D 工作，小赵做 A 工作

2）非线性规划

6.4.1 问题描述

形如：

$$\begin{cases} \min f = x_1^2 + x_2^2 + 8 \\ s.t. \quad x_1^2 - x_2 \geq 800 \\ \quad -x_1 - x_2^2 + 2 = 0 \\ \quad x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \min f(x) \\ s.t. \quad A\cdot x \leq b, \quad Aeq\cdot x = beq \\ c(x) \leq 0, \quad ceq(x) = 0, \quad lb \leq x \leq ub \end{cases}$$

$$\begin{cases} \min(或\max) z = f^T x \\ s.t. \quad A * x \leq b \\ \quad Aeq * x = beq \\ lb \leq x \leq ub \end{cases}$$

称为非线性规划

其中A,b,Aeq,beq,lb,ub和线性规划约定相同

c(x),ceq(x)为非线性函数限定条件

4、非线性规划

编写 m 文件程序，调用 fmincon 函数，求解如下的线性规划问题

$$\min \quad z = x_1^2 + x_2^2 + 8$$

$$\begin{cases} x_1^2 - x_2 \leq 8 \\ -x_1 - x_2^2 + 2 = 0 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

代码：

```
function f=fun(x)
f = x(1)^2 + x(2)^2 + 8;
end
function [g,h]=fcon(x)
g = x(1)^2 - x(2)^2 - 8;
h = -x(1)-x(2)^2+2;
end
[x,y] = fmincon('fun',rand(2,1),[],[],[],[],zeros(2,1),[],'fcon');
```

结果：

```
x =

    0.5000
    1.2247


y =

    9.7500
```