

运筹学基础及应用实验手册 V1.1

许晓伟

中国海洋大学

信息科学与工程学院计算机系

2023 年 9 月 15 日

目录

总体目标.....	1
第1章 Matlab 编程实验原理.....	1
1.1 基本规则.....	1
1.2 文件管理常用命令.....	2
1.3 矩阵运算.....	2
1.4 常见数学函数.....	4
1.5 关系及逻辑运算.....	4
实验一 MATLAB 工作环境熟悉及简单命令的执行.....	5
1.1 实验目的.....	5
1.2 实验内容.....	6
1.3 实验步骤及原始记录.....	6
实验二 MATLAB 语言矩阵运算.....	7
2.1 实验目的.....	7
2.2 实验内容.....	7
实验三 程序的编辑及调试.....	8
3.1 实验目的.....	8
3.2 实验内容:	8
实验四 函数的编写及调试.....	9
4.1 实验目的:	9
4.2 实验内容:	9
实验五 MATLAB 的绘图.....	10
5.1 实验目的.....	10
5.2 实验内容.....	10
第2章 线性规划与单纯形法.....	11
实验一 Excel 线性规划工具实验.....	11
1.1 实验目的.....	11
1.2 实验要求.....	11
1.3 实验过程、步骤及原始记录.....	11

1.4 实验报告要求.....	11
实验二 Matlab 函数线性规划实验（共 10 分）	11
2.1 实验目的.....	11
2.2 实验要求.....	11
2.3 实验内容、过程步骤及原始记录.....	12
2.4 实验报告要求.....	14
实验三 Matlab 自编程序线性规划实验（共 30 分）	15
2.1 实验目的.....	15
2.2 实验要求.....	15
2.3 实验过程、步骤及原始记录.....	15
2.4 实验报告要求.....	18
第 3 章 对偶理论及灵敏度.....	19
实验一 Matlab 自编程序对偶理论及灵敏度实验（共 15 分）	19
3.1 实验目的.....	19
3.2 实验要求.....	19
3.3 实验过程、步骤及原始记录.....	19
3.4 实验报告要求.....	20
第 4 章 运输问题.....	21
实验一 Matlab 自编程序运输问题实验（共 20 分）	21
4.1 实验目的.....	21
4.2 实验要求.....	21
4.3 实验过程、步骤及原始记录.....	21
4.4 实验报告要求.....	23
第 5 章 目标规划.....	24
实验一 Matlab 自编程序目标规划实验（共 10 分）	24
5.1 实验目的.....	24
5.2 实验要求.....	24
5.3 实验过程、步骤及原始记录.....	24
5.4 实验报告要求.....	25
第 6 章 整数规划.....	26
实验一 Matlab 程序整数规划实验（共 15 分）	26

6.1 实验目的.....	26
6.2 实验要求.....	26
6.3 实验过程、步骤及原始记录.....	26
6.4 实验报告要求.....	28
附录	30

总体目标

本课程实验设计旨在让学生通过完成运筹学关联的算法实验，期望达成以下学习效果：

1. 了解 matlab 实验原理，掌握一定数学规划编程方法；
2. 运用 Matlab 提供的优化工具包，有的放矢地求解常见数学规划问题；
3. 将理论与实践的结合，培养学生自学规划知识和动手编程解决问题的兴趣和能力。

第 1 章 Matlab 编程实验原理

MATLAB 是以复杂矩阵作为基本编程单元的一种程序设计语言。它提供了各种矩阵的运算与操作，并有较强的绘图功能。

1.1 基本规则

一般 MATLAB 命令格式为

[输出参数 1, 输出参数 2, ……] = (命令名) (输入参数 1, 输入参数 2, ……)
输出参数用方括号，输入参数用圆括号如果输出参数只有一个可不使用括号。% 后面的任意内容都将被忽略，而不作为命令执行，一般用于为代码加注释。

可用 ↑、↓ 键来重现已输入的数据或命令。用 ←、→ 键来移动光标进行修改。

所有 MATLAB 命令都用小写字母。大写字母和小写字母分别表示不同的变量。

常用预定义变量，如 pi、Inf、NaN、ans

矩阵的输入要一行一行的进行，每行各元素用空格或“，”分开，每行用“；”分开。如

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

MATLAB 书写格式为 A=[1 2 3 ; 4 5 6 ; 7 8 9]

在 MATLAB 中运行如下程序可得到 A 矩阵

```
a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
a =
```

```
1      2      3
```

```
4      5      6
```

```
7      8      9
```

需要显示命令的计算结果时，则语句后面不加“；”号，否则要加“；”号。

运行下面两种格式可以看出它们的区别：

```
a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9];
```

```
a=
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
```

不显示结果

当输入语句过长需要换行时，应加上“...”后再回车，则可持续行输入。

1.2 文件管理常用命令

1.2.1 帮助（HELP）命令

MATLAB 有很多命令，因此很不容易记忆。使用 HELP 命令可以得到有关命令的屏幕帮助信息。

如 在 MATLAB 环境下直接运行 HELP 命令就会在屏幕上给出 MATLAB 的基本命令以及相关的工具箱软件命令（请自行验证）。

而下面的格式可以得到指定命令的帮助信息，和详细说明。

help 命令名

1.2.2 save 命令

该命令存储定义的变量或演算结果，也可以用来存储指定的变量。

命令格式为

save 文件名 [变量名表] [-append] [-ascii]

1.2.3 what 命令

该命令可以在当目录下显示 MATLAB 文件和 MAT 数据文件

1.2.4 dir 命令

显示当前目录下的所有文件。

1.2.5 clear 命令

如果输入 clear a b c ，则表示清除工作空间中指定变量 a, b, c；如果仅输入 clear 命令，则清除整个工作空间。

1.3 矩阵运算

MATLAB 具有强大的矩阵运算功能, 这里我们只作简单介绍.

在 MATLAB 中表示一个矢量要用方括号，而列矢量的输入只需在行矢量输入格式基础上加转置符“'”即可。

如 $x = [1 \ 2 \ 3; 4 \ 5 \ 6]$

```
x =
    1    2    3
    4    5    6
```

而 $x = [1 \ 2 \ 3; 4 \ 5 \ 6]'$ (加转置符)

```
x =
```

```

1      4
2      5
3      6

```

下面三条命令可以产生一个行矢量

```

1  a=linspace(x,y,n)
2  a=logspace(x,y,n)
3  a=x:n:y]

```

第一条命令可以在线性空间产生一个值在 x 至 y 之间间隔点数为 n 的行矢量 (一组数据)。其行矢量的起始值是 x , 终值为 y , 点数为 n 。

第二条命令可以在对数空间产生一个值在 10^x 至 10^y 之间等间隔的行矢量 (一组数据)。

第三条命令产生 x 至 y 步长为 n 的行矢量。

但是, 三个命令之间存在差别, 下面的例子可以说明这一点。

例 1 `x=logspace(0,5,6)`

x =

```

1      10      100      1000      10000      100000

```

例 2 `x=linspace(0,10,11)`

x =

```

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

```

例 3 `x=[0:1:10]`

x =

```

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

```

通过上面三个例子可以看出例一, 例二中 n 代表选取的点数。

而在例三中 n 则表示步长. 注意它们的区别。

矩阵的加, 减, 乘, 除等, 和其它语言书写一样。但要注意的是在运算符前面加有 “.” 则表示是数组运算, 为对应元素的相应操作。

例 4 请注意下面的不同情况.

```
a=[1 2;3 4];
```

```
b=[2 2;2 2];
```

```
c=a*b
```

c =

```

6      6
14     14

```

```
c=a./b
```

c =

```

1.0e+015 *
-2.2518      2.2518

```

```
c=a.*b
```

c =

```

2      4
6      8

```

```
c=a./b
```

c =

```

0.5000      1.0000
1.5000      2.0000

```

-2.2518 2.2518

1.4 常见数学函数

函数名	数学计算功能	函数名	数学计算功能
abs(x)	实数的绝对值或复数的幅值	floor(x)	对 x 朝 $-\infty$ 方向取整
acos(x)	反余弦 $\arcsin x$	gcd(m, n)	求正整数 m 和 n 的最大公约数
acosh(x)	反双曲余弦 $\operatorname{arccosh} x$	imag(x)	求复数 x 的虚部
angle(x)	在四象限内求复数 x 的相角	lcm(m, n)	求正整数 m 和 n 的最小公倍数
asin(x)	反正弦 $\arcsin x$	log(x)	自然对数 (以 e 为底数)
asinh(x)	反双曲正弦 $\operatorname{arcsinh} x$	log10(x)	常用对数 (以 10 为底数)
atan(x)	反正切 $\arctan x$	real(x)	求复数 x 的实部
atan2(x, y)	在四象限内求反正切	rem(m, n)	求正整数 m 和 n 的 m/n 之余数
atanh(x)	反双曲正切 $\operatorname{arctanh} x$	round(x)	对 x 四舍五入到最接近的整数
ceil(x)	对 x 朝 $+\infty$ 方向取整	sign(x)	符号函数: 求出 x 的符号
conj(x)	求复数 x 的共轭复数	sin(x)	正弦 $\sin x$
cos(x)	余弦 $\cos x$	sinh(x)	反双曲正弦 $\sinh x$
cosh(x)	双曲余弦 $\cosh x$	sqrt(x)	求实数 x 的平方根: \sqrt{x}
exp(x)	指数函数 e^x	tan(x)	正切 $\tan x$
fix(x)	对 x 朝原点方向取整	tanh(x)	双曲正切 $\tanh x$

例 5: 输入 $x = [-4.85 \quad -2.3 \quad -0.2 \quad 1.3 \quad 4.56 \quad 6.75]$, 则:

```

ceil(x) =  -4    -2    0    2    5    7
fix(x)  =  -4    -2    0    1    4    6
floor(x) = -5    -3    -1    1    4    6
round(x) = -5    -2    0    1    5    7

```

1.5 关系及逻辑运算

1.5.1 关系运算允许常量(或矩阵中的元素与元素)之间的比较.

如果比较结果为真, 则答案为 1, 否则为 0. 常用的关系运算符如下:

< 小于, > 大于, == 等于
 <= 小于等于, >= 大于等于, ~= 不等于

对于复数”==”和”~=”既比较实部也比较虚部, 而其它运算仅比较实部.

例 6 比较 $a = [5:1:15]$ 与 $b = [1 \ 2 \ 8 \ 8 \ 7 \ 10 \ 12 \ 11 \ 13 \ 14 \ 15]$ 中的对应元素是否相同, 则运行下面程序

```

a=[5:1:15];
b=[1 2 8 8 7 10 12 11 13 14 15];
y=a==b

```



```

y =
0     0     0     1     0     1     0     0     1     1     1

```

1.5.2 MATLAB 有三个逻辑运算符.

& 逻辑与 | 逻辑或 ~ 逻辑非

在矩阵运算中, 以上命令是将两个矩阵中的对应元素进行运算, 得到的结果是具有同样元素的矩阵。

例 7 分别对下面两个矩阵进行逻辑运算.

```

X=[0 1;1 0];      Y=[0 0;1 0];

```

X&Y

```

ans =
0     0
1     0

```

X|Y

```

ans =
0     1
1     0

```

~X

```

ans =
1     0
0     1

```

MATLAB 在进行混合运算时, 其顺序为: 算术运算 → 关系比较 → 逻辑运算

例 8 计算 $x \& y + x > y$ 时, 程序首先执行 $x + y$ 运算, 然后将相加结果与 y 比较, 最后将比较结果和 x 作与运算, 运行结果如下。

```

x=[0 1;1 0];

```

```

y=[0 0;1 0];

```

```

x&y+x>y

```

```

ans =
0     1
1     0

```

实验一 MATLAB 工作环境熟悉及简单命令的执行

1.1 实验目的

1. 熟悉实验软件 Matlab 的安装和使用。

2. 熟悉 MATLAB 的工作环境，学会使用 MATLAB 进行一些简单的运算。

1.2 实验内容

MATLAB 的启动和退出，熟悉 MATLAB 的桌面 (Desktop)，包括菜单 (Menu)、工具条 (Toolbar)、命令窗口 (Command Window)、历史命令窗口、工作空间 (Workspace) 等；完成一些基本的矩阵操作；学习使用在线帮助系统。

1.3 实验步骤及原始记录

1、启动 MATLAB，熟悉 MATLAB 的桌面。

2、在命令窗口执行命令完成以下运算，观察 workspace 的变化，记录运算结果。

(1) $(365-52 \times 2-70) \div 3$ **【 $a=(365-52*2-70)/3$ 】**

(2) `>>area=pi*2.5^2`

(3) 已知 $x=3$, $y=4$ ，在 MATLAB 中求 z ：

$$z = \frac{x^2 y^3}{(x-y)^2}$$

(4) 将下面矩阵赋值给变量 m1, 在 workspace 中察看 m1 在内存中占用的字节数。

$$m1 = \begin{bmatrix} 16 & 2 & 3 & 13 \\ 5 & 11 & 10 & 8 \\ 9 & 7 & 6 & 12 \\ 4 & 14 & 15 & 1 \end{bmatrix}$$

执行以下命令

`>>m1(2 , 3)`

`>>m1(11)`

`>>m1(: , 3)`

`>>m1(2 : 3 , 1 : 3)`

`>>m1(1 , 4) + m1(2 , 3) + m1(3 , 2) + m1(4 , 1)`

(5) 执行命令 `>>help abs`

查看函数 abs 的用法及用途，计算 `abs(3 + 4i)`

(6) 执行命令

`>>x=0:0.1:6*pi;`

`>>y=5*sin(x);`

`>>plot(x,y)`

(6) 运行 MATLAB 的演示程序，`>>demo`，以便对 MATLAB 有一个总体了解。

实验二 MATLAB 语言矩阵运算

2.1 实验目的

掌握基本的矩阵运算及常用的函数。

2.2 实验内容

$$a = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 2 & 4 & -1 \\ 1 & 3 & 5 \end{bmatrix} \quad c = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -2 \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 8 & 5 & 2 \\ 3 & 6 & 0 \end{bmatrix}$$

1、下列运算是否合法，为什么？如合法，结果是多少？

- (1) `result1 = a'`
- (2) `result2 = a * b`
- (3) `result3 = a + b`
- (4) `result4 = b * d`
- (5) `result5 = [b ; c'] * d`
- (6) `result6 = a . * b`
- (7) `result7 = a . / b`
- (8) `result8 = a . * c`
- (9) `result9 = a . \ b`
- (10) `result10 = a . ^2`
- (11) `result11 = a ^2`
- (12) `result11 = 2 . ^ a`

2、用 MATLAB 求下面的方程组。

$$(1) \begin{bmatrix} 7 & 2 & 1 & -2 \\ 9 & 15 & 3 & -2 \\ -2 & -2 & 11 & 5 \\ 1 & 3 & 2 & 13 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 7 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

提示 `A=[;-;-]; B=[;-;-]; AX=B; X=A\B`

$$(2) \begin{cases} x + y + z = 1 \\ x + 2y + z - w = 8 \\ 2x - y - 3w = 3 \\ 3x + 3y + 5z - 6w = 5 \end{cases}$$

$$3、已知 A = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 1 & -2 \\ 9 & 15 & 3 & -2 \\ -2 & -2 & 11 & 5 \\ 1 & 3 & 2 & 13 \end{bmatrix}$$

- (1) 求矩阵 A 的秩(rank)
 - (2) 求矩阵 A 的行列式(determinant)
 - (3) 求矩阵 A 的逆(inverse)
 - (4) 求矩阵 A 的特征值及特征向量(eigenvalue and eigenvector)
- 4、关系运算与逻辑运算
- 已知 a=20, b=-2, c=0, d=1
- (1) r1 = a > b
 - (2) r2 = a > b & c > d
 - (3) r3 = a == b* (-10)
 - (4) r4 = ~b | c

实验三 程序的编辑及调试

3.1 实验目的

掌握 MATLAB 程序编辑、运行及调试方法。

3.2 实验内容:

1、启动 MATLAB 后，点击 File|New|M-File，启动 MATLAB 的程序编辑及调试器(Editor/Debugger)，编辑以下程序，点击 File|Save 保存程序，注意文件名最好用英文字符。点击 Debug|Run 运行程序，在命令窗口查看运行结果，程序如有错误则改正。

注：数论中一个有趣的题目：任意一个正整数，若为偶数，则用2除之，若为奇数，则与3相乘再加上1。重复此过程，最终得到的结果为1。如：

2→1

3→10→5→16→8→4→2→1

6→3→10→5→16→8→4→2→1

运行下面的程序，按程序提示输入n=1, 2, 3, 5, 7等数来验证这一结论。

`%classic "3n+1" problem from number theory.`

```
while 1
    n=input('Enter n,negative quits:');
    if n<=0
        break
    end
    a=n;
    while n>1
        if rem(n,2)==0
            n=n/2;
        else
            n=3*n+1;
        end
    end
end
```

```

        a=[a, n];
    end
    a
end

```

2、编程求满足 $\sum_{i=1}^m 2^i > 10000$ 的最小m值。

实验四 函数的编写及调试

4.1 实验目的：

掌握 MATLAB 函数的编写及调试方法。

4.2 实验内容：

1、编写一个函数，计算下面函数的值，给出标量 x 的值，调用该函数后，返回 y 的值。

```
function [y]=myfun1(x)
```

$$y(x) = \begin{cases} \sin x, & x \leq 0 \\ x, & 0 < x \leq 3 \\ -x + 6, & x > 3 \end{cases}$$

选择一些数据测试你编写的函数。

2、编写一个函数，给出一个向量 $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ ，生成如下范德蒙矩阵。

$$\text{function}[v]=\text{myvander}(x) \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ x_1^2 & x_2^2 & \cdots & x_n^2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_1^{n-1} & x_2^{n-1} & \cdots & x_n^{n-1} \end{bmatrix}$$

例如：>>v=myvander([2 3 4 5])

得 v=

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 5 \\ 4 & 9 & 16 & 25 \\ 8 & 27 & 64 & 125 \end{bmatrix}$$

生成一些数据测试你写的函数。

实验五 MATLAB 的绘图

5.1 实验目的

1. 掌握二维图形的绘制。
2. 掌握图形的标注

5.2 实验内容

- 1、在平面坐标系下绘制多边形，学习直线和交点的画法。
- 2、在同一坐标系下绘制下面函数在 $t \in [0, 4\pi]$ 的图像。

$$\begin{aligned}y_1 &= t \\y_2 &= \sqrt{t}\end{aligned}$$

例如函数为 $y = \sin(2*t) + 0.5*\sin(6*t)$ ，自变量 t 取值范围为 $[0, 4*\pi]$

- 2、编写程序，选择合适的步距，绘制下面函数在区间 $[-6, 6]$ 中的图像。

$$y(x) = \begin{cases} \sin x, & x \leq 0 \\ x, & 0 < x \leq 3 \\ -x + 6, & x > 3 \end{cases}$$

- 4、三维空间曲线绘制 $z=0:0.1:4*\pi$;

```
x=cos(z);  
y=sin(z);  
plot3(x,y,z)
```

详见实验程序文件“figureExample.m”，包含该例求解代码。

第 2 章 线性规划与单纯形法

实验一 Excel 线性规划工具实验

1.1 实验目的

1. 熟悉Excel的使用及使用工具解决线性规划问题。该工具可用于快速案例研讨分析。

1.2 实验要求

➤ 【实验环境】Excel2016或2019

➤ 【实验素材】

内容详见“Excel求解LP.pdf”，学习参见excel求解LP.mp4 视频。

1.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

1.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）…，具体格式参见实验报告模板。

实验二 Matlab 函数线性规划实验（共 10 分）

2.1 实验目的

运用Matlab提供的优化工具包，使用Matlab函数，解决线性规划问题。

$$x = \text{linprog}(f, A, b)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \min z = f^T x \\ s.t. A \cdot x \leq b \end{cases}$$

2.2 实验要求

➤ 【实验环境】Matlab2016a以上。

➤ 【实验素材】

参见课程本章讲义。

例1:

$$\begin{aligned} & f = [-1; -1] \\ & A = [1 \quad -2; 1 \quad 2] \\ \max z = & x_1 + x_2 \quad b = [4; 8] \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} x_1 - 2x_2 \leq 4 \\ x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow lb = [0; 0] \quad ub = [Inf; Inf] \\ & [x, fval] = \text{linprog}(f, A, b, [], [], lb, ub) \end{aligned}$$

例2:

maximize 2*x1 + 3*x2

subject to:

x1 + x2 <= 4

2*x1 + x2 <= 7

x1, x2 >= 0

示例MATLAB代码如下:

% 构建目标函数系数矩阵

f = [-2, -3];

% 构建约束条件系数矩阵

A = [1, 1; 2, 1];

% 构建约束条件右侧系数

b = [4; 7];

% 设置变量的上下界

lb = [0; 0];

ub = [];

% 使用单纯形法求解线性规划问题

[x, fval, exitflag, output] = linprog(f, [], [], A, b, lb, ub);

disp(x) % 输出最优解

其中，f和A分别表示目标函数系数矩阵和约束条件系数矩阵，b是约束条件右侧系数，lb和ub是变量的下界和上界。函数linprog用于求解线性规划问题，返回最优解x，最优目标函数值fval，解的状态exitflag和求解过程的输出信息output。以上代码将求解结果输出到控制台。

% `X = linprog(f,A,b,Aeq,beq)` solves the problem above while additionally satisfying the equality constraints `Aeq*x = beq`. (Set `A=[]` and `B=[]` if no inequalities exist.)
`X = linprog(f,A,b,Aeq,beq, LB,UB)` defines a set of lower and upper bounds on the design variables, `X`, so that the solution is in the range `LB <= X <= UB`. Use empty matrices for `LB` and `UB` if no bounds exist. Set `LB(i) = -Inf` if `X(i)` is unbounded below; set `UB(i) = Inf` if `X(i)` is unbounded above.

2.3 实验内容、过程步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

运用linprog工具包求解线性规划问题（共10分）；

（1）尝试运用 help 命令可查看工具包的使用说明，如：在命令行中输入“help linprog”将返回 linprog 工具包的详细说明。

（2）学习如下求解示例，掌握 linprog 工具包的使用（打开“example_linprog.m”文件，包含该例求解代码）。该优化器默认采用何种算法来求解线性规划问题？（1分）

$$\text{Max } z = 150x_1 + 175x_2$$

等价变换目标函数为：Minimize $z = -150x_1 - 175x_2$

Subject to

$$\begin{array}{ll} 7x_1 + 11x_2 \leq 77 & \text{(material constraint)} \\ 10x_1 + 8x_2 \leq 80 & \text{(time constraint)} \\ x_1 \leq 9 & \text{(storage constraint of regular heating gas)} \\ x_2 \leq 6 & \text{(storage constraint of premium heating gas)} \\ x_1, x_2 \geq 0 & \text{(positive production constraint)} \end{array}$$

The coefficient vector f for the objective function is

$$f = \begin{bmatrix} -150 \\ -175 \end{bmatrix}$$

The matrix coefficient A for the inequality constraints is

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 11 \\ 10 & 8 \end{bmatrix}$$

The right hand vector b for the inequality constraints is

$$b = \begin{bmatrix} 77 \\ 80 \end{bmatrix}$$

Since there are no equality constraints in this example, A_{eq} and b_{eq} are zeros.

$$A_{eq} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ and } b_{eq} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

The lower and upper bounds vectors are given by

$$LB = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ and } UB = \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \end{bmatrix}$$

The following Matlab statements are used to solve this linear programming problem.

（3）通过对 example 的学习，在“problem1_linprog.m”文件内编写代码求解如下问题：将程序代码截图、求解结果、问题回答附在报告中。（3分）

$$\text{Maximize } y = x_1 + 2x_2$$

Subject to

$$\begin{array}{l} 2x_1 + x_2 \leq 10 \\ x_1 + x_2 \leq 6 \\ -x_1 + x_2 \leq 2 \\ -2x_1 + x_2 \leq 1 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{array}$$

（4）通过引入松弛变量 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_4 ，该问题可转化如下形式。请采用如下限制条件，接着在“problem1_linprog.m”文件内编写 linprog 的求解程序代码，并回答以下问题：松弛变量的解是多少？ x_1 和 x_2 的解和第（3）问中的编写方法求解结果一致吗？将程序代码截图、求解结果、问题回答附在报告中。（3分）

The problem is reformulated using slack variable S_1, S_2, S_3 , and S_4

$$\text{Minimize } y = -x_1 - 2x_2$$

Subject to

$$\begin{aligned} 2x_1 + x_2 + S_1 &= 10 \\ x_1 + x_2 + S_2 &= 6 \\ -x_1 + x_2 + S_3 &= 2 \\ -2x_1 + x_2 + S_4 &= 1 \\ x_1, x_2, S_1, S_2, S_3, \text{ and } S_4 &\geq 0 \end{aligned}$$

(5) 实际上，若只引入一个松弛变量 s_1 ，原问题可以等价变形为如下形式。请采用如下限制条件，接着在“problem1_linprog.m”文件内编写 `linprog` 的求解程序代码，并回答以下问题：松弛变量的解是多少？ x_1 和 x_2 的解和第（3）问中的编写方法求解结果一致吗？将程序代码截图、求解结果、问题回答附在报告中。（2分）

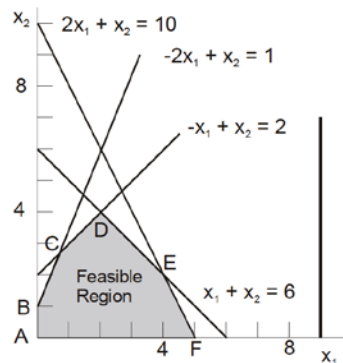
The problem can also be reformulated using only one slack variable S_1

$$\text{Minimize } y = -x_1 - 2x_2$$

Subject to

$$\begin{aligned} 2x_1 + x_2 + S_1 &= 10 \\ x_1 + x_2 &\leq 6 \\ -x_1 + x_2 &\leq 2 \\ -2x_1 + x_2 &\leq 1 \\ x_1, x_2, \text{ and } S_1 &\geq 0 \end{aligned}$$

(6) （无需作答）原问题的最优解可借助以下图解法来进行验证。可用 matlab 画图，参见 MATLAB 的绘图实验（可加 3 分）



(7) 接着在“problem1_linprog.m”文件内编写求解课后习题 2.1，顺便可以检查下和你作业算的结果一致吗？（1分）

$$\begin{aligned} \max z &= x_1 + 3x_2 \\ \text{习题2.1 (1)} \quad &\begin{cases} 5x_1 + 10x_2 \leq 50 \\ x_1 + x_2 \geq 1 \\ x_2 \leq 4 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

2.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

实验三 Matlab 自编程序线性规划实验（共 30 分）

2.1 实验目的

1. 使用自编程序解决线性规划问题。

单纯形法实验参考代码

2.2 实验要求

➤ 【实验环境】Matlab2016a以上。

➤ 【实验素材】

- (1) 用图解法编写MATLAB程序求解线性规划问题（共5分）
- (2) 用单纯形法编写MATLAB程序求解线性规划问题（共15分）
- (3) 用两阶段法编写MATLAB程序求解一般的线性规划问题（共10分）

2.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

(1) 用图解法编写MATLAB程序求解线性规划问题（5分）

学习如下求解示例，使用图解法来求解LP问题，绘制LP问题的约束条件、可行域和目标函数等高线图，在图中标记最优解点，便于理解最优点与凸多边形交点的关系。打开“exampleGraphicalMethodForLP.m”文件，包含该示例的求解代码。

参照示例代码尝试求解如下问题（讲义例题2.1）：将程序代码截图、求解结果附在报告中。（5分）

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

$$s.t. \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ 4x_1 \leq 16 \\ 4x_2 \leq 12 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

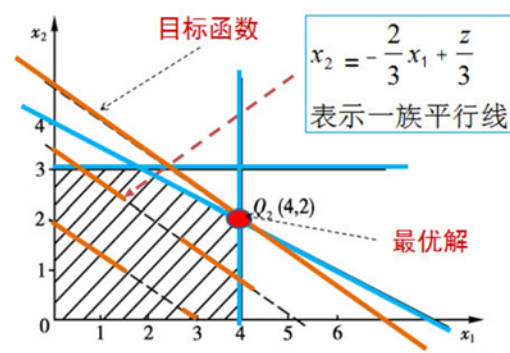


图 斜线阴影区域为LP的可行域（可行解集合）

(2) 用单纯形法编写MATLAB程序求解线性规划问题（15分）

1) 任务：完成 pSsimplex.m 或 pStandSimplex.m 中的 TODO 部分代码（10 分）

一、“%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%”

%求单纯性表最后一列（theta 值列），右端常数项 b 与入基变量所在列的比值”；

二、“%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%”

%旋转元所在列其他元素都置 0，其他各行的变化”

程序编制成功运行以下示例，求解 LP 标准模型问题（且具有初始基可行解）的最优解和最优值，报告实验发现和收获。

报告内容至少包含以下内容：简述单纯形法的推导过程，并附上 TODO 部分的代码截图和运行结果示意图）

2) 用单纯形法程序求解例1 (2分)

$$\begin{aligned} \max \quad & z = x_1 + 2x_2 + x_3 \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 \leq 15 \\ (1/3)x_1 + x_2 + 5x_3 \leq 20 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

解：本程序求解的是极大值情形下的标准形线性规划问题，故现将其化为如下标准形式：

$$\begin{aligned} \max \quad & z = x_1 + 2x_2 + x_3 \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 = 15 \\ (1/3)x_1 + x_2 + 5x_3 + x_5 = 20 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0, i = 1, 2, 3, 4, 5 \end{cases} \end{aligned}$$

在 MATLAB 提示符下输入相应的矩阵 A，价值系数向量 c 和资源向量 b（均按照列向量输入）即可调用该程序计算。

```
>> A=[2 -3 2 1 0;1/3 1 5 0 1];
>> b=[15 20]';
>> c=[1 2 1 0 0]';
[xstar,fxstar,iter]=pSsimplex(A,b,c)
[xstar,fxstar,iter]=pStandSimplex (A,b,c)
```

3) 用单纯形法程序求解讲义例题 (2分)

$$\begin{aligned} \max \quad & z = 2x_1 + 3x_2 & \max \quad & z = 2x_1 + 3x_2 \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ 4x_1 \leq 16 \\ 4x_2 \leq 12 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases} & \text{s.t.} \quad & \begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 8 \\ 4x_1 + x_4 = 16 \\ 4x_2 + x_5 = 12 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

```
>> A=[1 2 1 0 0;4 0 0 1 0; 0 4 0 0 1];
>> b=[8 16 12]';
>> c=[2 3 0 0 0]';
>>[xstar,fxstar,iter]=pSsimplex(A,b,c)
[xstar,fxstar,iter]=pStandSimplex (A,b,c)
```

4) 用单纯形法程序求解习题2.1中的线性规划问题。 (1分)

$$\max z = x_1 + 3x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 \quad \max z = x_1 + 3x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5$$

解：(1) 标准型为

$$\begin{cases} 5x_1 + 10x_2 + x_3 = 50 \\ -x_1 - x_2 + x_4 = -1 \\ x_2 + x_5 = 4 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0 \end{cases} \quad \begin{cases} 5x_1 + 10x_2 + x_3 = 50 \\ x_1 + x_2 - x_4 = 1 \\ x_2 + x_5 = 4 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0 \end{cases}$$

```
>> A=[5 10 1 0 0;1 1 0 -1 0;0 1 0 0 1];
>> b=[50 1 4]';
>> c=[1 3 0 0 0]';
>> [xstar,fxstar,iter]=pSsimplex(A,b,c)
[xstar,fxstar,iter]=pStandSimplex (A,b,c)
```

附加题：习题 2.1 没有明显的初始基可行解，pSsimplex.m 要求有，程序会出错，考虑以下解决方案，可尝试矩阵的初等变换高斯消元法，构造出一个 m 乘 m 的单位阵，或者 matlab 编程处理系数矩阵 A 变成 $[A', I]$ 的形式再实验（加 3 分）。

(3) 用两阶段法编写MATLAB程序求解一般的线性规划问题（共10分）

1) 任务：完成 pMMSimplex.m 中的 TODO 部分代码：（8 分）

一、“%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%第二阶段的初始基可行解及其价值系数”；

二、“%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%新的基可行解及其价值系数”

程序编制成功运行以下示例，求解一般的 LP 问题（初始基可行解看不出来，需要添加人工变量）的最优解和最优值，报告实验发现和收获。

报告内容至少包含以下内容：简述两阶段法的过程，并附上 TODO 部分的代码截图和运行结果示意图）

2) 求解一般的线性规划问题（2 分）

$$\max z = 3x_1 + 2x_2 - x_3$$

s.t.

$$\begin{cases} -4x_1 + 3x_2 + x_3 \geq 4 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 \leq 10 \\ -2x_1 + 2x_2 - x_3 = -1 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

解 本程序求解的是标准形式的线性规划问题。只需将原线性规划问题化为标准形式即可调用该程序求解，不需要添加人工变量(该程序在需要添加的时候会自动添加)。在 MATLAB 提示符下输入相应的矩阵 A ，价值系数向量 c 和资源向量 b 然后调用该程序计算。

```
>> A=[-4 3 1 -1 0;1 -1 2 0 1;2 -2 1 0 0];
>> c=[3 2 -1 0 0]';
>> b=[4 10 1]';
>> [xstar,fxstar,iter]=pMMSimplex(A,b,c)
```

2) 附加题：思考一下该方法能否解决（2）中的问题，例如习题 2.1（无需作答，若完

成可加分 2 分)。

2.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

第3章 对偶理论及灵敏度

实验一 Matlab 自编程序对偶理论及灵敏度实验(共15分)

3.1 实验目的

1. 使用自编程序解决对偶理论及灵敏度问题。

3.2 实验要求

➤ 【实验环境】Matlab2016a以上。

➤ 【实验素材】

详见“对偶单纯形法实验”文档。

- (1) 用对偶单纯形法程序Dsimplex.m求解线性规划问题例3.1 (5分)
- (2) 利用MATLAB程序SenSimplex.m重新分析例3.2 (10分)

3.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

- (1) 用对偶单纯形法程序Dsimplex.m求解线性规划问题3.1 (5分)

$$\min z = 2x_1 + 3x_2 + 4x_3$$

s.t.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \geq 3 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 \geq 4 \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases}$$

1) 要求：读懂程序 Dsimplex.m，因程序输入的矩阵 A 中有一个单位子矩阵，不需要引入人工变量。非基变量检验数满足最优性规则，但资源向量有负值

要求将例 3.1 转化为标准形式，参数带入程序如下：

>> [xstar, fxstar, A0, IB, iter]=Dsimplex(A, b, c)

报告内容至少包含以下内容：列出例 3.1 的标准形式，参数形式和运行结果示意图。

- (2) 利用 MATLAB 程序 SenSimplex.m 重新分析例 3.2 (10分)

例 3.2 某工厂生产甲、乙两种产品，而生产这两种产品需要用到原材料 A 和原材料 B。该厂可以利用的原材料 A 有 16kg，原材料 B 有 12kg。生产一个单位甲产品需要消耗 2kg 原材料 A 和 4kg 原材料 B。经过测算，一个单位的甲产品可以获得 6 元的利润，一个单位的乙产品可以获得 7 元的利润。问：该厂如何安排生产才能获得最大利润？

解：设 x_1, x_2 是甲、乙产品的计划生产量，所以有 $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$ 。可以将上面分析为：

$$\begin{aligned} \max \quad & z=6x_1+7x_2 \\ \text{s. t.} \quad & 2x_1+3x_2 \leq 16 \\ & 4x_1+x_2 \leq 12 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

1) 分析 3.2 模型引入的价值系数 c_1, c_2 的变化范围，并讨论产品甲的单位利润变为 10 元时，最优解是否改变，求其最优解。（5 分）

>> [UOfDeltac,LOfDeltac]=SensitivityOfc(A,b,c)

2) 分析 3.2 模型引入的资源系数 b_1, b_2 的变化范围，并讨论原材料 A 的数量变为 5kg 时，最优解是否改变，求其最优解。（5 分）

>> [UOfDeltab,LOfDeltab]=SensitivityOfb(A,b,c)

3) 假设在 3.2 模型中，该厂在下一个生产周期内考虑新增一种产品丙的生产，根据测算，生产一个单位产品丙，若需要 1kg 原材料 A 和 2kg 原材料 B, 并将会给该厂带来 8 元的利润，最优解是否改变？试求该厂的最优生产计划。（附加题，若完成可加分 5 分）

报告内容至少包含以下内容：列出输入的参数形式和运行结果示意图。

3.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

第4章 运输问题

实验一 Matlab 自编程序运输问题实验（共20分）

4.1 实验目的

1. 使用自编程序解决运输问题。

4.2 实验要求

- 【实验环境】Matlab2016a以上。
- 【实验素材】
 - (1) 利用西北角法程序求初始基可行解(5分)
 - (2) 利用最小元素法程序求的初始基可行解(5分)
 - (3) 利用伏格尔法程序求初始基可行解(3分)
 - (4) 利用MATLAB程序pTransport.m计算求解最佳调运方案(7分)

4.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

(1) 利用西北角法程序求初始基可行解(5分)

任务：完成 pNorthWest.m 中的 TODO 部分代码，求解求例 4.1 问题的初始基可行解

一、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%Demand需求量的变化情况

Demand(j)=...

二、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%Supply供应量的变化情况

Supply(i)=...

例4.1

设有某物资从A1, A2, A3处运往B1, B2, B3, B4处。各处供应量、需求量及单位运费见表3-4。

问：应怎样安排运输方案才能使得总运费最少？

表 3-4 产销平衡单位运费表

产地 \ 销地					供应量/t
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	
A ₁	3	7	6	4	5
A ₂	2	4	3	2	2
A ₃	4	3	8	5	3
需求量/t	3	2	3	2	10

解 计算过程及结果如下：

```
>> Supply = [5 2 3]';
>> Demand = [3 2 3 2]';
>> [X, b] = pNorthWest(Supply, Demand)
```

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上 TODO 部分的代码截图和运行结果示意图)

(2) 利用最小元素法程序求初始基可行解(5分)

任务：完成 pMinimal.m 中的 TODO 部分代码，求解求例 4.1 问题的初始基可行解

```
一、 %%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%%
    %Demand需求量的变化情况 Supply供应量的变化情况
    Demand(J(kk))=...
    Supply(kk)=...
二、 %%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%%
    %Demand需求量的变化情况 Supply供应量的变化情况
    Supply(kk)=...
    Demand(J(kk))=...
```

解 计算过程及结果如下：

```
>> Cost=[3 7 6 4;2 4 3 2;4 3 8 5];
>> [X, b] = pMinimal (Supply, Demand)
```

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上 TODO 部分的代码截图和运行结果示意图

(3) 利用伏格尔法程序Vogal.m求初始基可行解(3分)

任务：求解求例 4.1 问题的初始基可行解

```
>> [X, b] = Vogal (Cost, Supply, Demand)
```

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图

(4) 利用MATLAB程序pTransport.m计算求解最佳方案(7分)

任务：阅读代码，完成pTransport.m中的TODO部分代码(5分)，求解求例4.1和例4.2问题的最佳方案(2分)

```
一、 %%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%%
%下面通过Vogal、西北角法或最小元素法求出初始基可行解(初始运输方案)
[X,b]=...
二、 %%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%%
    %输出中间步骤的调运方案
disp(...)
三、 %%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%%
%输出最终成本和调运方案
F=...
>> [X,F]=pTransport (Cost, Supply, Demand)
```

例 4.2 设有 3 个产地的产品需要运往 4 个销地，各产地的产量、各销地的销量以及产地到销地的单位运费见表 3-39。试求总运费最小的运输方案。

表 3-39 产销平衡单位运费表

产地	B1	B2	B3	B4	产量
A1	6	2	6	7	30
A2	4	9	5	3	25
A3	8	8	1	5	21
销量	15	17	22	12	

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图

4.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

第5章 目标规划

实验一 Matlab 自编程序目标规划实验（共10分）

5.1 实验目的

1. 使用自编程序解决目标规划问题。

5.2 实验要求

- 【实验环境】Matlab2016a以上。
- 【实验素材】

- (1) 利用MATLAB自编程序求解目标规划(8分)
- (2) 量级赋值方法利用单纯形法程序求解目标规划(2分)

5.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

- (1) 利用MATLAB自编程序求解目标规划(8分)

任务：阅读程序，完成pGoalProg.m中的TODO部分代码(4分)，求解例5.1的多目标规划解

一、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%%已经达成的目标作为硬约束加入A

例5.1 利用MATLAB程序pGoalProg.m求解目标规划(2分)

$$\min z = P_1 d_1^- + P_2 d_4^+ + P_3 (5d_2^- + 3d_3^- + 3d_2^+ + 5d_3^+)$$

s.t.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + d_1^- - d_1^+ = 80 \\ x_1 + d_2^- - d_2^+ = 70 \\ x_2 + d_3^- - d_3^+ = 45 \\ d_1^+ + d_4^- - d_4^+ = 10 \\ x_1, x_2 \geq 0, d_i^- \geq 0, d_i^+ \geq 0, i = 1, 2, 3, 4 \end{cases}$$

解 按照上面的计算步骤，将变量按照 $x_1, x_2, d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+, d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+$ 的顺序排列，然后在MATLAB提示符下输入相关矩阵和向量。其中矩阵c这样输入：第一优先目标是对 d_1^- 求极小，即目标函数为 $0x_1 + 0x_2 + d_1^- + 0d_1^+ + 0d_2^- + 0d_2^+ + 0d_3^- + 0d_3^+ + 0d_4^- + 0d_4^+$ ，故c的第一行为 $[0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ ，c的其他行类似输入。然后调用上面介绍的程序GoalProg.m进行计算。计算过程如下：

```
>> A=[1 1 1 -1 0 0 0 0 0 0;1 0 0 0 1 -1 0 0 0 0;0 1 0 0 0 0 1 -1 0 0;0
```

```

0 0 1 0 0 0 0 1 -1];
>> b=[80 70 45 10]';
>> c=[0 0 1 0 0 0 0 0 0;0 0 0 0 0 0 0 0 0 1;0 0 0 0 5 3 3 5 0 0];
>> x=pGoalProg(A, b, c)

```

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图

利用MATLAB程序pGoalProg.m求解目标规划习题5.2（2分）

$$\begin{aligned}
 \min z &= P_1(d_1^- + d_1^+) + P_2(2d_2^- + d_3^+) \\
 (1) \quad &\begin{cases} x_1 - 10x_2 + d_1^- - d_1^+ = 50 \\ 3x_1 + 5x_2 + d_2^- - d_2^+ = 20 \\ 8x_1 + 6x_2 + d_3^- - d_3^+ = 100 \\ x_1, x_2, d_i^-, d_i^+ \geq 0, (i=1, 2, 3) \end{cases}
 \end{aligned}$$

分析哪些优先级目标达到，哪些未达到？（有过程分析可加分3分）

（2）量级赋值方法利用单纯形法程序求解目标规划（2分）

在目标规划模型中所有常数不太大的情况下，可以通过拉开不同优先因子值间的取值距离来给优先因子赋予具体的实数值，从而可以利用第二章前面提供的MMSimplex.m或MATLAB自带的linprog.m计算。比如，令目标规划中的优先因子 $P_1=10^5$ ， $P_2=10^3$ ， $P_3=10$ ，则带入c利用MMSimplex.m计算， $c=-[0 \ 0 \ 1e5 \ 0 \ 50 \ 30 \ 30 \ 50 \ 0 \ 1e3]'$ 。

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图

5.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

第 6 章 整数规划

实验一 Matlab 程序整数规划实验（共 15 分）

6.1 实验目的

1. 使用自编程序解决整数规划问题。

6.2 实验要求

➤ 【实验环境】Matlab2016a以上。

➤ 【实验素材】

(1) 利用分支定解法程序求解整数规划问题（10分）

(2) 利用匈牙利法程序求解指派问题（5分）

6.3 实验过程、步骤及原始记录

说明实验过程，遇到问题及解决方法。

(1) 利用分支定解法程序求解整数规划问题（10分）

任务： 1) 阅读程序，完成pBranchBound.m中的TODO部分代码（7分）

一、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%比较最优值的大小，判断更小的最优值可能出现的范围

二、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%递归调用分支求解

三、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

%递归调用分支求解

2) 求例6.1的整数规划解（1分）

例6.1 利用程序求解整数规划问题

$$\max z = 7x_1 + 9x_2$$

s.t.

$$\begin{cases} -x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 7x_1 + x_2 \leq 35 \\ x_1, x_2 \geq 0, \text{ 且为整数} \end{cases}$$

解求解的过程如下：

>> A=[-1 3;7 1];

>> b=[6 35]';

>> c=[7 9]';

>> [xstar, fxstar, iter]=pBranchBound(c, A, b, [], [])

3) 任务：利用完成的pBranchBound.m程序求例6.2的整数规划解（1分）

$$\begin{aligned} \max \quad & z=40x_1+90x_2 \\ & 9x_1+7x_2 \leq 56 \\ & 7x_1+20x_2 \leq 70 \\ & x_1, x_2 \geq 0 \quad x_1, x_2 \text{ 整数} \end{aligned}$$

4) 任务：利用完成的 pBranchBound.m 程序习题 6.2 的整数规划解（1 分）

$$\begin{aligned} \max \quad & z = x_1 + x_2 \\ & \begin{cases} x_1 + \frac{9}{14}x_2 \leq \frac{51}{14} \\ -2x_1 + x_2 \leq \frac{1}{3} \\ x_1, x_2 \geq 0 \\ x_1, x_2 \text{ 为整数} \end{cases} \end{aligned}$$

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图, 包括最优解xstar以及最优目标函数值fxstar、迭代次数(iter)等。

(2) 利用匈牙利法程序求解指派问题（5分）

1) 阅读程序_munres.m，完成调用程序pTest_munres.m中的TODO部分代码（2分）

一、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

A=...;

二、%%%TODO Put the Code for Problem at below %%%

fprintf('第i项作业%d指派给工人%d\n', i, ...);

2) 求指派问题的解（1分）

例题：有四个工作需要由四个工作人员执行。因为每个工人都有不同的技能，所以执行工作所需的时间取决于分配给该工人的工人。下面的矩阵显示了工人和工作的每种组合所需的时间（以分钟为单位）。作业用J1, J2, J3和J4表示，工人用W1, W2, W3和W4表示。

	J1	J2	J3	J4
W1	82	83	69	92
W2	77	37	49	92
W3	11	69	5	86
W4	8	9	98	23

每个工人应仅执行一项工作，目标是最大程度地减少执行所有工作所需的总时间。

3) 求讲义ppt例6-7 和例6-8的指派问题的解（2分）

例 6-7

任 务 人 员	E	J	G	R
甲	2	15	13	4
乙	10	4	14	15
丙	9	14	16	13
丁	7	8	11	9

例 6-8

任 务 人 员	A	B	C	D	E
甲	12	7	9	7	9
乙	8	9	6	6	6
丙	7	17	12	14	9
丁	15	14	6	6	10
戊	4	10	7	10	9

报告内容至少包含以下内容：简述算法过程，并附上运行结果示意图

6.4 实验报告要求

提供关键步骤截图并给出相应问题的描述分析，包括实验现象分析（必做）、代码的阅读和分析（可选）等…，具体格式参见实验报告模板。

实 验 报 告 (模板)

课程名称：运筹学基础及应用_ 开课学期： 2023 年秋季学期

班 级： _____ 姓 名： _____

学 号： _____ 联系方式： _____

1、 实验名称

(根据实验手册填写)

2、 实验目的

(根据实验手册填写)

3、 实验要求

(根据实验手册填写)

4、 实验过程、步骤及原始记录

(根据实验手册填写，并需符合实验报告的要求)

注意：

- 1、 电子版共 5 章实验选 3 个上传系统（地址：），无需纸质；
- 2、 文件命名格式为“2019 年秋季学期运筹学实验报告-第 XX 章实验-姓名.doc”；
- 3、 注意实验报告的撰写，注重格式，注意笔误。

5、 实验结果分析

6、 实验中遇到的问题及解决方法

附录

部分常用 MATLAB 命令

管理命令和函数		
	help	在线帮助文件
	doc	装入超文本说明
	what	M、MAT、MEX 文件的目录列表
	type	列出 M 文件
	lookfor	通过 help 条目搜索关键字
	which	定位函数和文件
	Demo	运行演示程序
	Path	控制 MATLAB 的搜索路径
管理变量和工作空间		
	Who	列出当前变量
	Whos	列出当前变量（长表）
	Load	从磁盘文件中恢复变量
	Save	保存工作空间变量
	Clear	从内存中清除变量和函数
	Pack	整理工作空间内存
	Size	矩阵的尺寸
	Length	向量的长度
	disp	显示矩阵或
与文件和操作系统有关的命令		
	cd	改变当前工作目录
	Dir	目录列表
	Delete	删除文件
	Getenv	获取环境变量值
	!	执行 DOS 操作系统命令
	Unix	执行 UNIX 操作系统命令并返回结果
	Diary	保存 MATLAB 任务
控制命令窗口		
	Cedit	设置命令行编辑
	Clc	清命令窗口
	Home	光标置左上角
	Format	设置输出格式
	Echo	底稿文件内使用的回显命令
	more	在命令窗口中控制分页输出
启动和退出 MATLAB		
	Quit	退出 MATLAB
	Startup	引用 MATLAB 时所执行的 M 文件

	Matlabrc	主启动 M 文件
一般信息		
	Info	MATLAB 系统信息及 Mathworks 公司信息
	Subscribe	成为 MATLAB 的订购用户
	hostid	MATLAB 主服务程序的识别代号
	Whatsnew	在说明书中未包含的新信息
	Ver	版本信息
操作符和特殊字符		
	+	加
	—	减
	*	矩阵乘法
	.*	数组乘法
	^	矩阵幂
	.^	数组幂
	\	左除或反斜杠
	/	右除或斜杠
	./	数组除
	Kron	Kronecker 张量积
	:	冒号
	()	圆括号
	[]	方括号
	.	小数点
	..	父目录
	...	继续
	,	逗号
	;	分号
	%	注释
	!	感叹号
	'	转置或引用
	=	赋值
	==	相等
	< >	关系操作符
	&	逻辑与
		逻辑或
	~	逻辑非
	xor	逻辑异或
逻辑函数		
	Exist	检查变量或函数是否存在
	Any	向量的任一元为真，则其值为真
	All	向量的所有元为真，则其值为真
	Find	找出非零元素的索引号
三角函数		

	Sin	正弦
	Sinh	双曲正弦
	Asin	反正弦
	Asinh	反双曲正弦
	Cos	余弦
	Cosh	双曲余弦
	Acos	反余弦
	Acosh	反双曲余弦
	Tan	正切
	Tanh	双曲正切
	Atan	反正切
	Atan2	四象限反正切
	Atanh	反双曲正切
	Sec	正割
	Sech	双曲正割
	Asech	反双曲正割
	Csc	余割
	Csch	双曲余割
	Acsc	反余割
	Acsch	反双曲余割
	Cot	余切
	Coth	双曲余切
	Acot	反余切
	Acoth	反双曲余切
指数函数		
	Exp	指数
	Log	自然对数
	Log10	常用对数
	Sqrt	平方根
复数函数		
	Abs	绝对值
	Argle	相角
	Conj	复共轭
	Image	复数虚部
	Real	复数实部
数值函数		
	Fix	朝零方向取整
	Floor	朝负无穷大方向取整
	Ceil	朝正无穷大方向取整
	Round	朝最近的整数取整
	Rem	除后取余
	Sign	符号函数

基本矩阵		
	Zeros	零矩阵
	:	规则间隔的向量
	Eye	单位矩阵
	Ones	全“1”矩阵
	Rand	均匀分布的随机数矩阵
	Randn	正态分布的随机数矩阵
	Logspace	对数间隔的向量
	Meshgrid	三维图形的 X 和 Y 数组
特殊变量和常数		
	Ans	当前的答案
	Eps	相对浮点精度
	Realmax	最大浮点数
	Realmin	最小浮点数
	Pi	圆周率
	i,j	虚数单位
	Inf	无穷大
	Nan	非数值
	Flops	浮点运算次数
	Nargin	函数输入变量数
	Nargout	函数输出变量数
	Computer	计算机类型
	Isieee	当计算机采用 IEEE 算术标准时，其值为真
	Why	简明的答案
	Version	MATLAB 版本号
时间和日期		
	Clock	挂钟
	Date	日历
	Etime	计时函数
	Tic	秒表开始计时
	Toc	计时函数
	Cputime	CPU 时间（以秒为单位）
矩阵操作		
	Diag	建立和提取对角阵
	Fliplr	矩阵作左右翻转
	Flipud	矩阵作上下翻转
	Reshape	改变矩阵大小
	Rot90	矩阵旋转 90 度
	Tril	提取矩阵的下三角部分
	Triu	提取矩阵的上三角部分
	:	矩阵的索引号，重新排列矩阵

	Compan	友矩阵
	Hadamard	Hadamard 矩阵
	Invhilb	逆 Hilbert 矩阵
	Kron	Kronecker 张量积
	Magic	魔方矩阵
	Toeplitz	Toeplitz 矩阵
	Vander	Vandermonde 矩阵
矩阵分析		
	Cond	计算矩阵条件数
	Norm	计算矩阵或向量范数
	Rcond Linpack	逆条件值估计
	Rank	计算矩阵秩
	Det	计算矩阵行列式值
	Trace	计算矩阵的迹
	Null	零矩阵
	Orth	正交化
线性方程		
	\和/	线性方程求解
	Chol	Cholesky 分解
	Lu	高斯消元法求系数阵
	Inv	矩阵求逆
	Qr	正交三角矩阵分解 (QR 分解)
	Pinv	矩阵伪逆
特征值和奇异值		
	Eig	求特征值和特征向量
	Poly	求特征多项式
	Hess	Hessberg 形式
	Qz	广义特征值
	Cdf2rdf	变复对角矩阵为实分块对角形式
	Schur	Schur 分解
	Balance	矩阵均衡处理以提高特征值精度
	Svde	奇异值分解
矩阵函数		
	Expm	矩阵指数
	Expm1	实现 expm 的 M 文件
	Expm2	通过泰勒级数求矩阵指数
	Expm3	通过特征值和特征向量求矩阵指数
	Logm	矩阵对数
	Sqrtm	矩阵开平方根
	Funm	一般矩阵的计算
泛函——非线性数值方法		
	Ode23	低阶法求解常微分方程

	Ode23p	低阶法求解常微分方程并绘出结果图形
	Ode45	高阶法求解常微分方程
	Quad	低阶法计算数值积分
	Quad8	高阶法计算数值积分
	Fmin	单变量函数的极小变化
	Fmins	多变量函数的极小化
	Fzero	找出单变量函数的零点
	Fplot	函数绘图
多项式函数		
	Roots	求多项式根
	Poly	构造具有指定根的多项式
	Polyvalm	带矩阵变量的多项式计算
	Residue	部分分式展开（留数计算）
	Polyfit	数据的多项式拟合
	Polyder	微分多项式
	Conv	多项式乘法
	Deconv	多项式除法
建立和控制图形窗口		
	Figure	建立图形
	Gcf	获取当前图形的句柄
	Clf	清除当前图形
	Close	关闭图形
建立和控制坐标系		
	Subplot	在标定位置上建立坐标系
	Axes	在任意位置上建立坐标系
	Gca	获取当前坐标系的句柄
	Cla	清除当前坐标系
	Axis	控制坐标系的刻度和形式
	Caxis	控制伪彩色坐标刻度
	Hold	保持当前图形
句柄图形对象		
	Figure	建立图形窗口
	Axes	建立坐标系
	Line	建立曲线
	Text	建立文本串
	Patch	建立图形填充块
	Surface	建立曲面
	Image	建立图像
	Uicontrol	建立用户界面控制
	Uimen	建立用户界面菜单