

第二章 系统结构模型建模方法

实验工具： MATLAB

MATLAB 软件主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案。

版本： 9.10.0.1669831 (R2021a) Update 2

实验内容：

解释结构模型法（ISM 方法）是现代系统工程中广泛应用的一种分析方法，是结构模型化技术的一种。它是将复杂的系统分解为若干子系统要素，利用人们的实践经验和知识以及计算机的帮助，最终构成一个多级递阶的结构模型。此模型以定性分析为主，属于结构模型，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。特别适用于变量众多、关系复杂而结构不清晰的系统分析中，也可用于方案的排序等。

在本实验中主要是要学会利用 MATLAB 实现 ISM 模型，通过处理可达矩阵，建立系统问题的递阶结构模型。根据各要素的相关性，建立邻接矩阵和可达矩阵；对可达矩阵分解后，建立递阶结构模型；再根据递阶结构模型建立解释结构模型。

实验步骤：

1. 求解可达矩阵

A: 邻接矩阵

$E = \text{zeros}(A)$;

通过布尔运算求出 $A^2, A^3 \dots$ 直至 $A^n = A^{n-1}$, 停止运算，此时的 A^n 便是要求的可达矩阵。通过将上次循环得出来的 A 赋给 E，并判断新一轮循环得出的 A 是否与 E 相等，决定是否终止循环。循环终止意味着此时的 A 就是最终的可达矩阵。

具体程序如下所示：

```
编辑器 - C:\Users\LENOVO\Desktop\isma.m
isma.m
1 - n=input('请输入矩阵维数:');
2 - A=input('请输入邻接矩阵:');
3 - E=zeros(n);
4 - B=A;
5 - while(norm(A-E)>0)
6 -     E=A;
7 -     for i=1:n
8 -         for j=1:n
9 -             for k=1:n
10 -                if A(i,k)&B(k,j)
11 -                    A(i,j)=1;
12 -                end
13 -            end
14 -        end
15 -    end
16 - end
17 - A
```

运行结果如下所示:

```
命令行窗口
不熟悉 MATLAB? 请参阅有关快速入门的资源。

>> isma
请输入矩阵维数:7
请输入邻接矩阵:[1 1 1 0 1 1 0;0 1 0 0 1 1 0;0 1 1 0 1 1 0;0 1 1 1 1 1 0;0 0 0 1 1 0 0;0 1 0 0 1 1 0;0 1 1 0 1 1 1]

A =

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

fx >>
```

2. 实现区域划分

找出各个元素相对应的可达集 P、先行集 Q 以及两者的交集 S

求解 P: 找出每一行中元素为 1 对应的列

求解 Q: 找出每一列中元素为 1 对应的行

求解 S: 套用 Matlab 本身自带的函数 `S=intersect(P,Q)`;或者编写 M 文件函数。

具体程序如下所示:

```

编辑器 - C:\Users\LENOVO\Desktop\ismb.m
ismb.m
1 - for i=1:n
2 -     P=find(A(i,:));
3 -     Q=find(A(:,i));
4 -     S=intersect(P,Q);
5 -     P;
6 -     Q;
7 -     S;

```

3. 实现级别划分

因为 S 是 P 与 Q 的交集，所以只需判断 P 与 S 的长度是否相等便可进行级别划分。

$M=zeros(n)$;

$r=1$; r 为第几级

求出每个元素的 P 、 Q 、 S ，再将相应的对角线元素 $A(i, i)$ 赋予 0，通过查找对角线为 0 的元素位置将所对应的行列均赋值 0。每次循环 r 自增 1，再进行循环，求出每一级的元素，直至 $A=M$ 。

具体程序如下：

```

编辑器 - C:\Users\LENOVO\Desktop\ismc.m
ismc.m
1 - r=1;
2 - M=zeros(n);
3 - while(~isequal(A,M)) for i=1:n P=find(A(i,:));
4 -     Q=find(A(:,i));
5 -     S=intersect(P,Q);
6 -     P;
7 -     Q;
8 -     S;
9 -     if(~isempty(P)&&~isempty(Q)&&(length(P)==length(S)))
10 -         disp('第r级:')
11 -         r
12 -         disp('元素为')
13 -         i
14 -         A(i,i)=0;
15 -     end
16 - end
17 - for i=1:n
18 -     if A(i,i)==0
19 -         A(i,:)=0;
20 -         A(:,i)=0;
21 -     end
22 - end

```

4. 例题验证

已知有：

输入矩阵维数:7

输入邻接矩阵：

1 1 1 0 1 1 0

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

具体完整程序如下：

```

编辑器 - C:\Users\LENOVO\AppData\Local\Temp\Rar$Dla12120.39829\ism1.m
ism1.m
1 - close all;
2 - clear;
3 - clc
4 - %计算可达矩阵%
5 - A=[1 1 1 0 1 1 0;0 1 0 0 1 1 0;0 1 1 0 1 1 0;0 1 1 1 1 1 0;0 0 0 0 1 0 0;
6     0 1 0 0 1 1 0;0 1 1 0 1 1 1]; % 邻接矩阵
7 - n=size(A);
8 - E=eye(n);
9 - R=A+E;
10 - k=0;
11 - while 1
12 -     Rnew=R*(A+E)>0;
13 -     if isequal(R,Rnew)
14 -         k=k+1;
15 -         break;
16 -     end
17 -     R=Rnew;
18 -     k=k+1;
19 - end
20 - disp(Rnew);
21 - A=Rnew;

22 - %级别划分
23 - r=1;
24 - M=zeros(n);
25 - while (~isequal(A,M))
26 -     %区域划分%
27 -     for i=1:n
28 -         P=find(A(i,:));
29 -         Q=find(A(:,i));
30 -         S=intersect(P,Q);
31 -         if (~isempty(P)&&~isempty(Q)&&(length(P)==length(S)))
32 -             disp('第r级: ')
33 -             disp(r)
34 -             disp('元素为: ')
35 -             disp(i)
36 -             A(i,i)=0;
37 -         end
38 -     end
39 -     for j=1:n
40 -         if A(j,j)==0
41 -             A(j,:)=0;
42 -             A(:,j)=0;

43 -         end
44 -     end
45 -     r=r+1;
46 - end

```

运行结果如下所示：

```
命令窗口
1 1 1 0 1 1 0
0 1 0 0 1 1 0
0 1 1 0 1 1 0
0 1 1 1 1 1 0
0 0 0 0 1 0 0
0 1 0 0 1 1 0
0 1 1 0 1 1 1

第r级:
1

元素为:
5

第r级:
2

元素为:
2

第r级:
2

元素为:
6

第r级:
3

元素为:
3

第r级:
4

元素为:
1

第r级:
4

元素为:
4

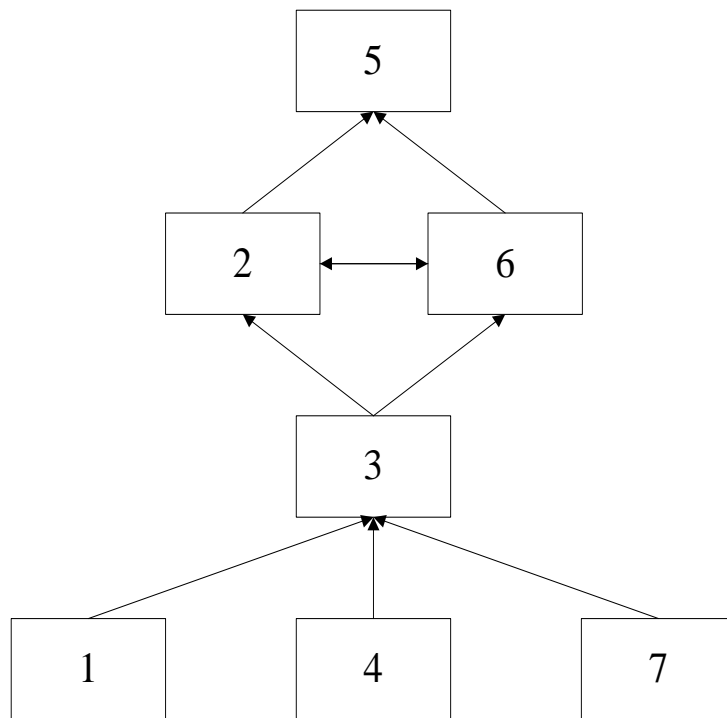
第r级:
4

元素为:
7
```

即有：

- 第 r 级:r=1，元素为 i=5
- 第 r 级:r=2，元素为 i=2
- 第 r 级:r=2，元素为 i=6
- 第 r 级:r=3，元素为 i=3
- 第 r 级:r=4，元素为 i=1
- 第 r 级:r=4，元素为 i=4
- 第 r 级:r=4，元素为 i=7

则可以得到递阶结构模型如下所示：



最后,在实际应用中则可以根据各个要素的实际意义,将结构模型直接转化为解释结构模型,从而实现对多要素问题认识与分析的层次化、条理化和系统化。

注:

参考资料: <https://wenku.baidu.com/view/0cd5050bf12d2af90242e634.html>

MATLAB 安装链接: <http://software.hust.edu.cn/download/matlab.html>