

系统结构解析方法

罗海鹏 余昌耀

(广西计算中心) (平南县计算中心)

摘要

本文从与系统结构解析方法有关的基本概念——有向图、相邻矩阵、可达性矩阵谈起，给出了从初始的调查到建立系统结构模型图的工作过程和具体算法。全文用一个通俗的例子贯穿始终。

在区域环境规划、城市规划设计、大型企业计划等等社会大系统方面，常常希望能较科学地绘制出系统的结构模型图。通过结构模型图，找出因果关系，分清各个层次，抓住主要矛盾，提纲挈领，使整个系统一目了然。因此，系统结构模型图是各级领导和有关专家对该系统进行分析、诊断、规划、决策的参考。

本文从与系统结构解析方法有关的基本概念——有向图、相邻矩阵、可达性矩阵谈起，给出从初始的调查到建立系统结构模型图的工作过程和具体算法。全文用一个通俗的例子贯穿始终。

§1. 基本概念

有向图：

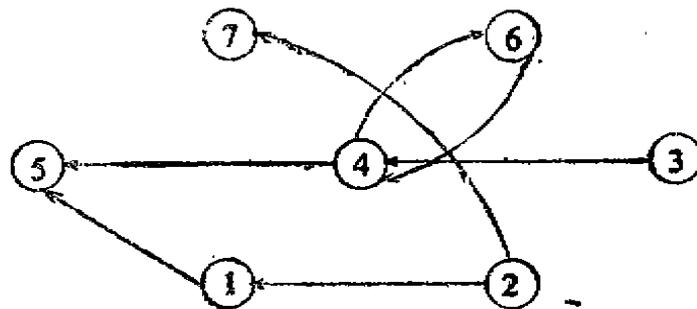


图1

图1 是一个有向图的例子，它由节点①、②、…、⑦和如图所示的7条有向边组成。

相邻矩阵：

有向图的相邻矩阵元素的值是这样设置的：当有向图的第*i*个节点到第*j*个节点有一条有向边时，相邻矩阵的第*i*行第*j*列的元素是1，否则是0。可以用相邻矩阵来描述有向图。

可达性矩阵:

有向图的可达性矩阵的每个元素是这样设置的:从第*i*个节点出发,按照有向边指定的方向,通过一个有向边或者若干个有向边,可以到达第*j*个节点,则第*i*行第*j*列的元素是1,否则是0。

节点分级:

按可达性矩阵每列包含元素1的多少进行节点分组的方法叫节点分级。

结构模型图(多级递阶结构图):

把分级的节点用相邻级间的有向边连接起来,即构成结构模型图。

§ 2. 建立系统结构图的工作过程

系统结构模型建立的具体步骤如下:

1. 针对某一个大系统,请有关专家摆出问题,然后汇集起来进行综合分析;
2. 根据筛选出来的问题,打印咨询表格,发有关专家填写(打分);
3. 取各专家打分的平均值,建立模糊矩阵;
4. 上计算机计算。
 - 4.1. 把模糊矩阵改写为(0, 1)矩阵,即有向图的相邻矩阵,
 - 4.2. 求可达性矩阵,
 - 4.3. 节点分级,
 - 4.4. 求结构模型参考矩阵;
5. 根据节点分级和结构模型参考矩阵绘出结构模型图(多级递阶结构图);
6. 如绘出的结构模型图不能够令人满意,则根据情况返回1或2,请专家提出修改意见,再重新进行以上整个过程的处理。直到满意为止。

§ 3. 程序步骤

1. 相邻矩阵A的初始化处理
 - 1.1. 把模糊矩阵的值赋给A;
 - 1.2. 给A的对角线元素赋以最大值;
 - 1.3. 输出A;
 - 1.4. 输入截断值,把A改写为(0, 1)相邻矩阵,
2. 相邻矩阵A的乘幂
 - 2.1. 做 $A * A \rightarrow A$;
 - 2.2. 判断M是否是可达性矩阵;
 - 2.2.1. 若不是,做 $M \rightarrow A$,返回2.1;
 - 2.2.2. 若是,打印可达性矩阵。
3. 节点分级
 - 3.1. 统计可达性矩阵(或缩减矩阵)每列含1的个数;
 - 3.2. 求每列含1个数的最大值;
 - 3.3. 输出含1个数与最大值相同的列;

3.4.把这一列和相应行的元素置0, 成为M的一个缩减矩阵;

3.5.若缩减矩阵未成为全0矩阵, 则用这缩减矩阵返回3.1处理。

4.求结构模型参考矩阵

4.1.统计相邻级间节点的关系;

4.2.打印结构模型参考矩阵。

注:严格地说,在可达性矩阵节点分级前,还应把节点分类成几个可达性节点集合,其中每一个集合中的任何一个节点都不能到达另一个集合中的任何一个节点。然后对每一个集合,再进行节点分级。不过实际上我们所要处理的系统,往往是一个各个节点互相牵连的整体,最终可能都属于同一个可达性节点集合。因此,实际处理时,我们常常省略把节点分类为几个可达性集合这一步。

程序清单略去。

§4.应用实例

下表是教育系统的专家咨询表,假设它是已经综合了许多专家的意见,取了平均值的总表。

	教师水平低	教师被看不起	国家投资少	学校设施差	教育质量低	学生水平低	教师工资低
教师水平低	2	0	2	5	3	2	
教师被看不起	4	2	0	3	1	2	
国家投资少	2	1	5	3	2	3	
学校设施差	2	1	0	4	4	0	
教育质量低	0	2	1	2	3	1	
学生水平低	2	0	1	4	3	1	
教师工资低	2	5	0	0	3	2	

填表说明:

1.把第*i*个节点对第*j*个节点的影响程度,用0至5(或10、20)之间的一个数字表示,填入表中第*i*行第*j*列的方格中,0表示毫无影响,5表示影响最强。

2.注意是第*i*个节点对第*j*个节点有影响,还是第*j*个节点对第*i*个节点有影响。前者应填入第*i*行第*j*列的方格中,后者应填入第*j*行第*i*列的方格中。

这个对于教育系统的尽量简化的例子是编造的,并不一定完全符合实际情况。

程序运行的结果如下:

```

RUN
N = 7          注: 有7个节点
FUZZINESS MATRIX  注: 模糊矩阵
5202532.....1
4521312.....2
2155323.....3
2105440.....4
0212531.....5
2014351.....6
2500325.....7
PH = 4        注: 截断值取4
NOW COMPUTING A^2  注: 正在计算相邻矩阵A的幂
NOW COMPUTING A^4
NOW COMPUTING A^8
REACHABILITY MATRIX  注: 可达性矩阵
1000100.....1
1100100.....2
0011110.....3
0001110.....4
0000100.....5
0001110.....6
1100101.....7
NODAL POINT CLASSIFY  注: 节点分级
(1) 5
(2) 146
(3) 2
(4) 37
STRUCTURAL MODEL REFERENCE MATRIX
0000100.....1      注: 结构模型参考矩阵
1000000.....2
0000000.....3
0000100.....4
0000000.....5
0000100.....6
0100000.....7

```

根据计算机打印的节点分级和结构模型参考矩阵, 绘出如图 2 所示的系统模型图。

注1. 如绘出的模型图不能够令人满意, 则返回初始模糊矩阵审查, 召集专家提出修改

意见，再重新做。

注2.在最后的模型图中，可能有某些节点游离于整个图形之外，这时有两种处理方法：

2.1.这个节点经分析如确实和整个系统中的任何一个其他的节点关系都不大，则把这个游离节点删除掉。

2.2.如这个节点确实对系统有作用，则把它和被它作用最大的节点用虚线有向边连接起来。

注3.有时连续的几级中节点都太少，这时可以把相邻的两级、三级或更多级节点排在同一级上；也有时某级中节点太多，这时可以把这一级分成两级或更多级来排列。

注4.如果根据最后的参考矩阵绘出的系统模型图中的有向边太少，则可根据可达性矩阵或最初的模糊矩阵，适当地增加一些有向边连线。这时优先考虑：

4.1.被孤立出来的节点。

4.2.层数相隔较近的节点。

注5.模糊矩阵元素的截断值是PH，一般取 $1 \leq PH \leq 10$ （或20）。当计算出的可达性矩阵中1非常多，几乎成为全1矩阵时（这时绘出的系统模型图是不理想的），可能是PH的值取得小了，可以换稍大一点的再试试。当计算出的可达性矩阵中0非常多，以至最后的系统模型参考矩阵中仅有很少的1（这时绘出的系统模型图也是不理想的），可能是PH的值取得太大了，可以换稍小一点的再试试。

注6.这个程序需要比较长的运行时间。如用APPLE II微型计算机，当节点个数小于10时，需要若干分钟的执行的时间；当节点个数是20个左右时，约需20分钟左右的执行时间；当节点个数是50个左右时，约需2个小时左右的执行时间。因此，在处理较大规模的矩阵时，应先拿小规模的矩阵充分做好各项调试工作，希望在输入大规模矩阵的数据后，运行能够一次成功。

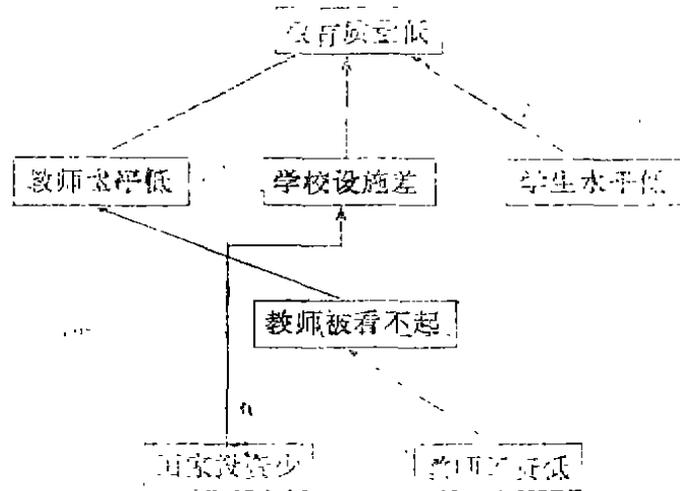


图2

参 考 文 献

- [1] 汪应洛主编，《系统工程导论》，机械工业出版社，1982年1月。
- [2] F.哈拉里著，李慰萱译，《图论》，上海科学技术出版社，1980年1月。
- [3] 张正轴等，《总体规划常用算法与程序》，广西壮族自治区科学技术委员会，1987年7月。
- [4] 罗海鹏，“系统结构解析中可达性矩阵的计算”，广西科学学报第3卷第3期，1987年12月。

AN ANALYTIC METHOD OF SYSTEMATIC STRUCTURE

Luo Haipeng

(*Computer Centre of Guangxi*)

Yu Changyao

(*Computer Centre of Pingnan*)

ABSTRACT

First the paper describes some fundamental concepts—directed graph, adjacency matrix and reachability matrix, which concern with the analytic method of systematic structure, then we give out the entire work proceeding and a concrete algorithm from original investigation to building up the model graph of systematic structure. Throughout the paper we used a simple example.