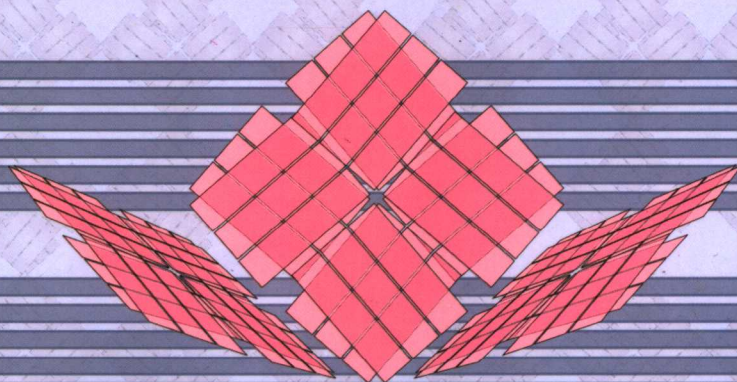


中国科技论文在线 优秀论文集

第一辑

教育部科技发展中心



中央广播电视大学出版社

N53
26/1

中国科技论文在线优秀论文集

第一辑

教育部科技发展中心

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国科技论文在线优秀论文集. 第1辑 / 教育部科技发展中心编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2005.5

ISBN 7-304-03215-4

I. 中… II. 教… III. 科学技术—文集 IV. N53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 047603 号

版权所有, 翻印必究。

中国科技论文在线优秀论文集

第一辑

教育部科技发展中心

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-68519502

总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

印刷: 北京密云胶印厂

印数: 0001-2000

版本: 2005 年 5 月第 1 版

2005 年 5 月第 1 次印刷

开本: 185 × 230

印张: 11.75 字数: 241 千字

书号: ISBN 7-304-03215-4/G·1140

定价: 22.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

《中国科技论文在线优秀论文集》第一辑

总 编 李志民

编 委 初庆春 刘 燕

李雄文 张 杰

周 静 万 猛

前 言

《中国科技论文在线优秀论文集》是“中国科技论文在线”(www.paper.edu.cn)网上论文经同行专家评审,将评出的优秀论文汇编成册。

“中国科技论文在线”是优化科研环境,治理不正学风的重要平台之一,它是针对当前科研人员普遍反映的论文发表周期长,创新思想、实验方法等在审稿过程中难以得到有效保护,学术交流渠道窄,不利于新的科学思想及时有效地交流和科技成果快速转化为现实生产力而创建的科技论文网站。我们采取“先公开,后评审”的方式,聘请同行专家对网上论文进行评审,论文作者根据专家意见做适当修改并同意发表后,我们将其中优秀论文汇编成此书。

我们希望《中国科技论文在线优秀论文集》作为“中国科技论文在线”的重要纸质发表平台,使广大研究人员的新成果、新观点能够得到及时的交流和推广,也使科学研究的本来面貌得到还原,从而对高校的科研水平及国家的科技事业起到了积极的推动作用。

衷心希望科技工作者们充分利用“中国科技论文在线”网站,积极投稿,并希望在《中国科技论文在线优秀论文集》上看到您的论文。

编 者

2005年6月

目 录

PERT 图交叉点优化算法研究	钟红山 (1)
基于数字水印技术的多媒体信息版权鉴别系统	王晓庆 杨放春 詹舒波 (13)
OSA/Parlay Gateway 的性能分析与过载控制研究	王晓庆 杨放春 詹舒波 (23)
FLAC ^{3D} 有限差分程序及在桩基设计中的应用	李琦 倪守睿 扬森 朱道建 (32)
冲击矿压的强度弱化减冲理论及其应用 窦林名 陆莱平 牟宗龙 秦玉红 姚精明 (41)	
异步电动机定子内部故障瞬变过程仿真	孙丽玲 李和明 许伯强 (52)
粘湿土壤力学行为的离散元模拟	张锐 李建桥 (66)
管道导波检测中激发频率的选择及灵敏度分析 他得安 王威琪 汪源源 余建国 (73)	
松质骨中两种纵波的传播特性分析	他得安 王威琪 余建国 (80)
城市道路信号控制交叉口周期优化模型研究	林瑜 杨晓光 (88)
UHMW—PAN 中空纤维膜的研制及应用 (4) ——UHMW—PAN 中空纤维膜的制备工艺	沈新元 朱新远 王庆瑞 (97)
周期热流法测定金属及合金导热系数研究 周子民 薛正华 Magne Lamvik 王长宏 杨莺 (106)	
二维体积成型过程的无网格法分析	李光耀 钟志华 (115)
非均布内压力作用下的扁挤压筒应力分析	冯秋红 李燕 刘全坤 (125)
LED 显示屏及其扫描电路的硬件设计	孙志坚 刘学梅 (134)
新型指数稳定性定理及其初步应用	胥布工 (140)
计算机数字仿真的系统建模技术与应用	肖化昆 谢赞福 崔怀林 狄争 (151)
考虑泊松比的巴西圆盘试验拉伸强度修正	喻勇 吴顺川 (158)
叶酸受体介导卵巢癌细胞靶向白蛋白纳米粒的体外研究 张良珂 侯世祥 毛声俊 魏大鹏 宋相容 乔小蓉 (166)	
基于指数滤波的霍夫直线段检测算法	李玉山 杨莉 (174)

PERT 图交叉点优化算法研究

钟红山

(中国人民大学商学院, 100872)

E-mail: hongshan@public.bta.net.cn

摘 要: PERT 是运筹学中一项重要的项目管理技术。由于计算量大, 所以必须使用计算机作为计算工具, 处理数据。网络图是一个直观的管理工具。所研究算法的关键在于从起始节点开始, 对其后续节点逐个进行拉近排序处理。然后通过计算交叉点数确定优化方案, 交叉点数相同时, 再通过计算网络平衡值最终确定优化方案。研究的算法以不改变箭线节点关系为前提, 通过调整节点纵向位置实现交叉点最少, 有效地解决了网络图布局优化问题。文中的“拉近排序法”是一种适合于计算机, 已经用程序语言实现的有效优化算法。

关键词: PERT 平衡值 拉近排序 交叉点

1. 引 言

计划评审技术一般应用于大型的项目开发、工程管理。PERT 网络图则是计划评审技术中一个主要工具, 它可以直观的反映出各个工作项目之间的前后关系。因为, 被管理对象具有计算量大、关系复杂等特性, 因此, 必须以计算机为工具, 处理数据、输出结果。然而, 我们首先遇到这样一个问题——如何保证所输出的图形布局最优、交叉点最少?

PERT 图的作用是为了更清晰地反映项目之间的工作关系, 如果不合理的交叉点太多将影响整个图形质量。对于一个大的工程, 项目数量多, 手工调整图形基本是不可能的, 如果使用计算机绘图, 就必须解决交叉点的问题、寻找一种适合于计算机, 可以用程序语言实现的算法。本文据此提出一种网络图优化布局(交叉点最少)的“拉近排序法”。

2. PERT 图的构成

PERT 图是一个有向图。它由“节点”和“箭线”组成。只有一个起点和一个终点，并且是一个封闭的箭线节点图。无论双代号还是单代号网络图，其构图方式雷同。见图 1。

PERT 网络图构图步骤为：1. 确定项目，2. 确定紧前关系，3. 根据紧前关系和项目构图。由于构图过程中项目的绘制顺序是任意的，因此，原始 PERT 图图形布局很可能不合理，这将使图形质量受到很大影响。

为使研究具有一般意义，我们以一般形式的箭线节点网络图作为研究对象。见图 1。

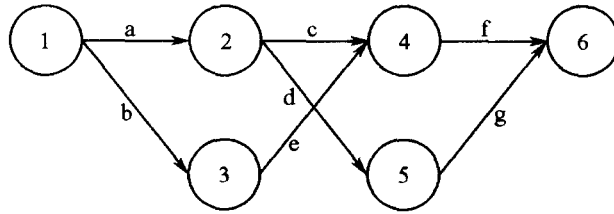


图 1 PERT 网络图

上图中所有节点从 1 开始顺序编号，以水平方向，按层对齐。构图初始阶段只须正确描述箭线（项目）之间的紧前关系。然后，通过文中设计的算法对网络图进行优化处理，最后给出节点的编号及其位置，并作为网络优化布局方案。在网络图中层号表示节点的 Y 坐标，列号表示节点的 X 坐标。例如：节点②的坐标为 $(X=2, Y=1)$ 。

3. 交叉点的形成

在计划编制过程中，一般先确定计划项目内容，再确定紧前关系，最后制图。绘制出的网络图布局往往并非最优化。

例如：一个计划的项目内容、项目紧前关系见表 1。根据表 1 绘制出的网络图可能会出现图 2、图 3 两种布局方案。

显而易见图 2 与图 3 的紧前关系相同，但是，图 3 的布局更合理。图 2 中的 C、D、E 交叉点是布局中需要优化的对象。

表 1 项目紧前关系表

项目名称	紧前关系
A	
B	
C	A
D	A
E	B
F	C、E
G	D

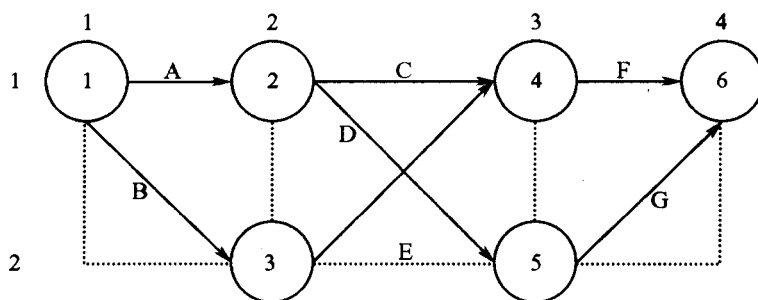


图 2 PERT 网络图不合理布局

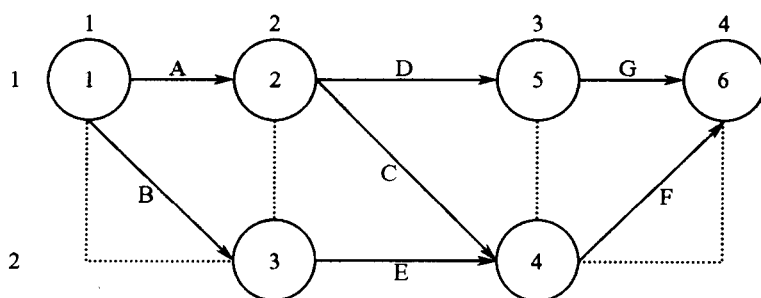
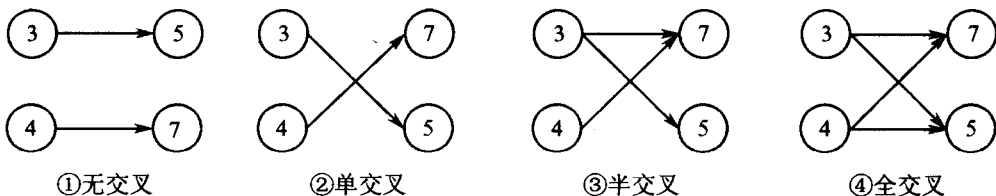


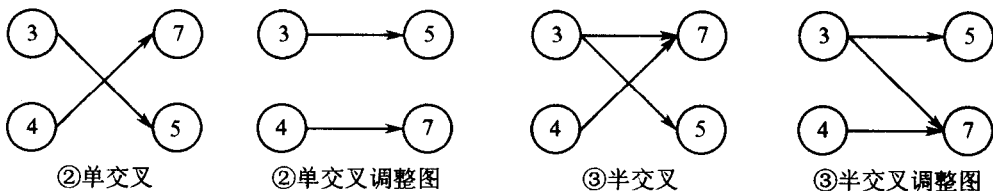
图 3 PERT 网络图合理布局

4. 交叉点分类及优化

箭线交叉一定是在 4 个节点两条箭线之间形成。按照交叉形状可以分成以下 4 种。



上图中①无交叉不需要调整，④全交叉无法调整，②单交叉和③半交叉可以进行以下调整：



网络图的布局优化必须统筹考虑，不能拘泥于局部。因为局部优化并不代表全图就是最优的，而且往往牵一发动全身。所研究的“拉近排序法”解决了 PERT 网络图布局优化问题。实现网络图整体布局效果最优、交叉点最少。该算法通过拉近排序生成不同的网络图布局方案。通过计算交叉点数确定优化方案，如果交叉点数相同再通过计算平衡值确定最终优化方案。

5. “拉近排序法”基本原理

所描述的“拉近排序法”可以通过以下物理装置加以解释。众所周知物体状态在受力最均衡的情况下最稳定。我们通过一个机械装置对其进行模拟。见图 4。

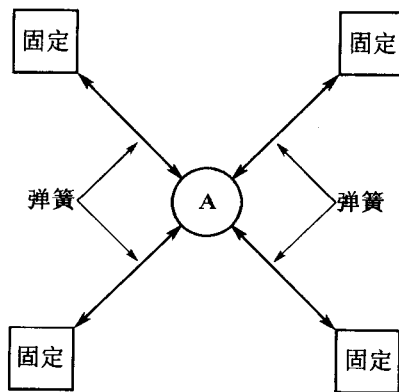


图 4 单物体位置自动调节装置图

图4中四根弹簧将物体A与四个固定装置相连，物体A最稳定的位置应是受力最均衡的位置，也是其最佳位置。当物体向任何一方移动后都会被拽回到原位。多个物体相连的情况同样如此。

根据以上原理，我们把PERT网络图模拟成类似于上面的机械装置。每一个节点被视为装置中的物体，每条箭线被视为一根弹簧。物体布局优化就是找到它们的最佳位置。优化计算将在一个正方形网格构成的棋盘上进行。从网络图中第一个起始节点开始，逐个对其后续节点的位置最大限度地纵向向水平方向拉近。因为，水平方向位置是由紧前关系决定，前后顺序是固定的，因此，对列的调整无意义。算法规定优化只针对节点的纵向位置进行。网络图中没有垂直箭线、没有跨列箭线，每一个节点只能在垂直方向上下移动若干格。见图3。如遇垂直箭线或跨列箭线等特殊情况可作如下处理：先横向将垂直箭线向右拉动一个格，优化时按一般箭线处理，优化结束后再进行水平调整回原位；插入“虚节点”到跨列的箭线中间，使其满足以上的优化前提，待优化结束后再将这些插入的“虚节点”消除。

所研究的“拉近排序法”由四部分组成，“拉近排序”、“顺序编号”、“计算交叉点数”和“计算平衡值”。每进行一次拉近排序，对编号端进行重新编号，产生一个网络布局方案。计算该方案的交叉点数并与当前保存的布局方案进行比较，如果交叉点数小于当前保存的优化布局方案的交叉点数，用当前计算的布局方案替换保留方案。如果出现交叉点数相同的布局方案，计算网络平衡值，平衡值最小的布局方案为最终优化方案。

6. “拉近排序”

PERT图起始节点号为①，其余节点顺序编号直到终止节点。构造一个由起点IS端和终点IE端组成的项目序列。对一端（排序端）进行正向（反向）升序（降序）排序，如果排序一端的节点号相同时则对另一端（编号端）采用相同方法排序。

7. “顺序编号”

排序端排好序后，下一步要对编号端进行重新编号。顺序编号原则：不跳不漏，当前编号为CIE，如果CIE小于IE则应该修正IS端和IE端节点编号。此处编号只针对IS正向升序排序，IE正向升序编号。反向降序排序编号同理。

排序、编号按以下四种情况顺序进行。

- (1) 对IS列节点进行正向升序排序，在IE列节点进行正向升序编号。
- (2) 对IE列节点进行正向升序排序，在IS列节点进行正向升序编号。

(3) 对 IS 列节点进行反向降序排序, 在 IE 列节点进行反向降序编号。

(4) 对 IE 列节点进行反向降序排序, 在 IS 列节点进行反向降序编号。

8. “计算交叉点数”

对 IS 列进行升序排序后, 每一个项目当前的终止节点编号 CIE 小于 IE 序列前面的 IE 编号个数等于所要求取的交叉点数。交叉点数相同的布局方案通过计算平衡值确定最终优化方案。

9. “计算平衡值”

PERT 网络图中的每个项目 i 的起点坐标为 IS (X_{is} , Y_{is}), 终点坐标为 IE (X_{ie} , Y_{ie}), 网络图的平衡值 BV 等于每一个项目的平衡值 BV_i 的累计值。

项目平衡值

$$BV_i = \sqrt{|Y_{ie} - Y_{is}|^2 + |X_{ie} - X_{is}|^2}$$

$$\text{网络平衡值 } BV = \sum_{i=1}^n BV_i$$

图 2 的网络平衡值 $BV = 3 + 4 * (2 \div 0.5) = 8.64$ (计算过程略)。

图 3 的平衡值计算过程, 见表 2。

表 2 网络图 3 的平衡值 $BV = 8.23$

i	X_{is}	Y_{is}	IS	IE	X_{ie}	Y_{ie}	BV_i
1	1	1	①	②	2	1	1
2	1	1	①	③	2	2	1.41
3	2	1	②	⑤	3	2	1
4	2	2	③	④	3	1	1
5	2	2	③	⑤	3	2	1.41
6	3	1	④	⑥	4	2	1
7	3	2	⑤	⑥	4	2	1.41

10. “拉进排序法”实例

根据紧前关系构造 PERT 网络图, 图中箭线代表项目, 节点代表紧前关系, 为每一个项目的起止节点编号, 见图 5, 以及每一个节点在网络图中的坐标, 见表 3。

表 3 对应图 5 的节点坐标

节点号	坐标 X	坐标 Y	节点号	坐标 X	坐标 Y
1	1	1	10	4	1
2	2	1	11	4	2
3	2	2	12	4	3
4	2	3	13	4	4
5	2	4	14	5	1
6	3	1	15	5	2
7	3	2	16	5	3
8	3	3	17	6	1
9	3	4			

对原始网络图图 5 进行优化, 优化过程见表 4。

表 4 中, 起始节点 IS 列与终止节点 IE 列代表当前方案所有项目的起止节点号, SX、EX 为对当前方案节点的修正编号, 并带入下一方案。平衡值的计算以当前方案的节点号的坐标为准, 具体的节点坐标值见表 3。

优化结束后, 我们看到方案五为网络布局优化方案, 因为, 在拉近排序过程中方案五的交叉仅有 3 处, 该方案的网络平衡值最小 $BV = 35.02$ 。而原图 5 中则有 6 处交叉。图 6 为方案五采用修正节点号的网络布局优化方案。为了方便与原图进行比较, 图 7 是将方案五整理成为使用原始节点编号表示的优化后 (交叉点最少) 的网络布局方案。

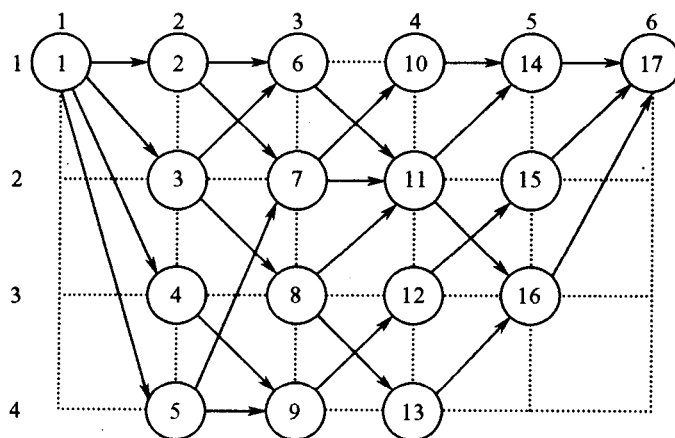


图 5 优化前网络图布局

表 4 “平衡排序法”计算过程

正向升序 IS 排序、IE 编号										正向升序 IS 排序、IE 编号										正向升序 IE 排序、IS 编号										反向降序 IS 排序、IE 编号																			
平衡值 BV = 37.08										平衡值 BV = 38.31										平衡值 BV = 37.89										平衡值 BV = 36.66										平衡值 BV = 35.84									
X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX															
1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2																
1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3																
1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4																
1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5																
2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6																
2		2	7		2		2	7		2		2	7		2		2	7		2		2	7		2		2	7		2		2	7																
2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6																
2		3	8		2		3	8		2		3	8		2		3	8		2		3	8		2		3	8		2		3	8																
2		4	9		2		4	9		2		4	9		2		4	9		2		4	9		2		4	9		2		4	9																
2		5	7		2		5	7		2		5	7		2		5	7		2		5	7		2		5	7		2		5	7																
2		5	9		2		5	9		2		5	9		2		5	9		2		5	9		2		5	9		2		5	9																
3		6	11	10	3		6	10		3		6	10		3		6	10		3		6	10		3		6	10		3		6	10	11															
3		7	10	11	3		7	10		3		7	10		3		7	10		3		7	10		3		7	10		3		7	10	11															
3		7	11	10	3		7	11		3		7	11		3		7	11		3		7	11		3		7	11		3		7	11	10															
3		8	11	10	3		8	10		3		8	10		3		8	10		3		8	10		3		8	10		3		8	10	11															
3		8	13		3		8	13	12	3		8	13	12	3		8	12		3		8	12		3		8	12		3		8	12																
3		9	12		3		9	12	13	3		9	12	13	3		9	13		3		9	13		3		9	13		3		9	13																
4	11	10	14		4		10	14		4		10	14		4		10	14		4		10	14		4		10	14		4		10	14																
4	10	11	14		4		10	16		4		10	16		4		10	16	15	4		10	16	15	4		10	16		4		10	15																

续表

正向升序 IS 排序、IE 编号										正向升序 IS 排序、IE 编号										正向升序 IE 排序、IS 编号										反向降序 IS 排序、IE 编号									
平衡值 BV = 37.08										平衡值 BV = 38.31										平衡值 BV = 37.89										平衡值 BV = 36.66									
X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX
4	10	11	16		4			11	14	4			11	14		4			10	15	4			10	15		4	10	11	14									
4		12	15		4	13	12	15		4			12	16	15	4			12	15				12	15		4												
4		13	16		4	12	13	16		4			13	15	16	4			13	16				13	16		4												
5		14	17		5			14	17	5			14	17		5			14	17				14	17		5												
5		15	17		5			15	17	5			15	17		5	16	15	17		5			15	17		5												
5		16	17		5			16	17	5			16	17		5	15	16	17		5			16	17		5												
原图 5										方案一										方案二										方案三									
反向降序 IS 排序、IE 编号										反向降序 IS 排序、IE 编号										反向降序 IE 排序、IS 编号										反向降序 IE 排序、IS 编号									
平衡值 BV = 35.02★										平衡值 BV = 36.25										平衡值 BV = 37.90										平衡值 BV = 37.48									
X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX	X _u	SX	IS	IE	EX
1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2		1		1	2	3	1					1		1	2	3	1				
1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3		1		1	3	2	1					1		1	3	2	1				
1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4		1		1	4		1					1		1	4						
1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5		1		1	5		1					1		1	5						
2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6		2		2	6		2					2		2	6						
2		2	7	8	2		2	8		2		2	8		2		2	8		2		2	8		2					2		2	8						
2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6		2		3	6		2					2		3	6						
2		3	8	7	2		3	7		2		3	7		2		3	7		2		3	7		2					2		3	7						
2		4	7	8	2		4	8		2		4	8		2		4	8		2		4	8		2					2		4	8						

续表

反向降序 IS 排序、IE 编号						反向降序 IS 排序、IE 编号						反向降序 IE 排序、IS 编号						反向降序 IE 排序、IS 编号											
平衡值 BV = 35.02★						平衡值 BV = 36.25						平衡值 BV = 37.90						平衡值 BV = 37.48						平衡值 BV = 37.07					
X _u	SX	IS	IE	EX		X _u	SX	IS	IE	EX		X _u	SX	IS	IE	EX		X _u	SX	IS	IE	EX		X _u	SX	IS	IE	EX	
2		4	9			2		4	9			2		4	9			2		4	9			2		4	9		
2		5	9			2		5	9			2		5	9			2		5	9			2		5	9		
3		6	11			3		6	11	12		3		7	10	11		3		8	10			3		8	10		
3	8	7	10			3		7	11	12		3		8	11	10		3		7	11			3		7	11		
3	8	7	11			3		7	12	10		3		6	12			3		6	12			3		6	12		
3	7	8	11			3		8	10	11		3		7	12			3		7	12			3		7	12		
3	7	8	12			3		8	11	12		3		8	12			3		8	12			3		8	12		
3		9	13			3		9	13			3		9	13			3		9	13			3		9	13		
4		10	14			4	11	10	14			4	10	11	14			4		10	14			4		10	14		
4		11	15			4	12	11	14			4		12	14			4		12	14			4		12	14		
4		11	14			4	12	11	15			4	11	10	15			4		11	15			4		11	15		
4		12	15			4	10	12	15			4		12	15			4		12	15			4		12	15		
4		13	16			4		13	16			4		13	16			4		13	16			4		13	16		
5		14	17			5		14	17			5		14	17			5		14	17			5		14	17		
5		15	17			5		15	17			5		15	17			5		15	17			5		15	17		
5		16	17			5		16	17			5		16	17			5		16	17			5		16	17		
★方案五						方案六						方案七						方案八						方案九					

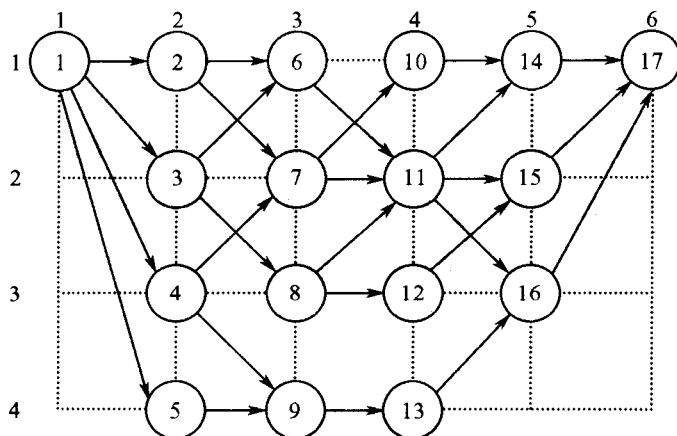


图 6 优化方案五网络图最佳布局 (修正节点)

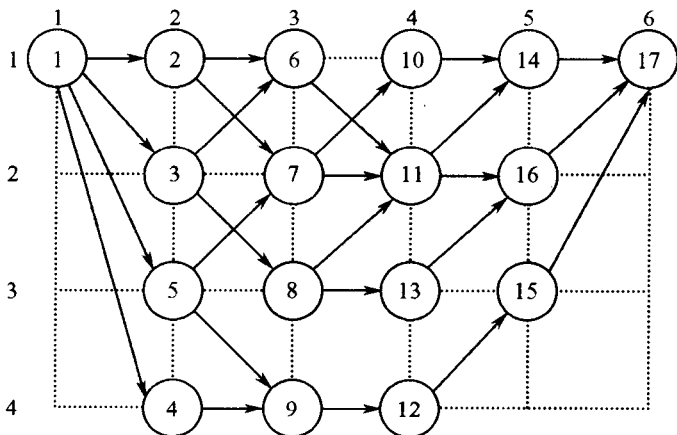


图 7 优化方案五网络图最佳布局 (原始节点)

11. 结 束 语

“拉进排序法”以 PERT 网络图作为研究对象。它是一种适合于计算机处理的有效算法。它不仅解决 PERT 网络图的布局优化问题 (交叉点最少), 对于其他有类似布局要求的应用也同样适用。

参考文献:

1. 《中国网络计划技术大全》中国建筑学会 地震出版社 1993
2. 《网络法施工管理》H-N-阿尤加著 中国建筑工业出版社 1987
3. 《Project 2002 项目管理》王仲麒、吕孔德著 清华大学出版社 2003