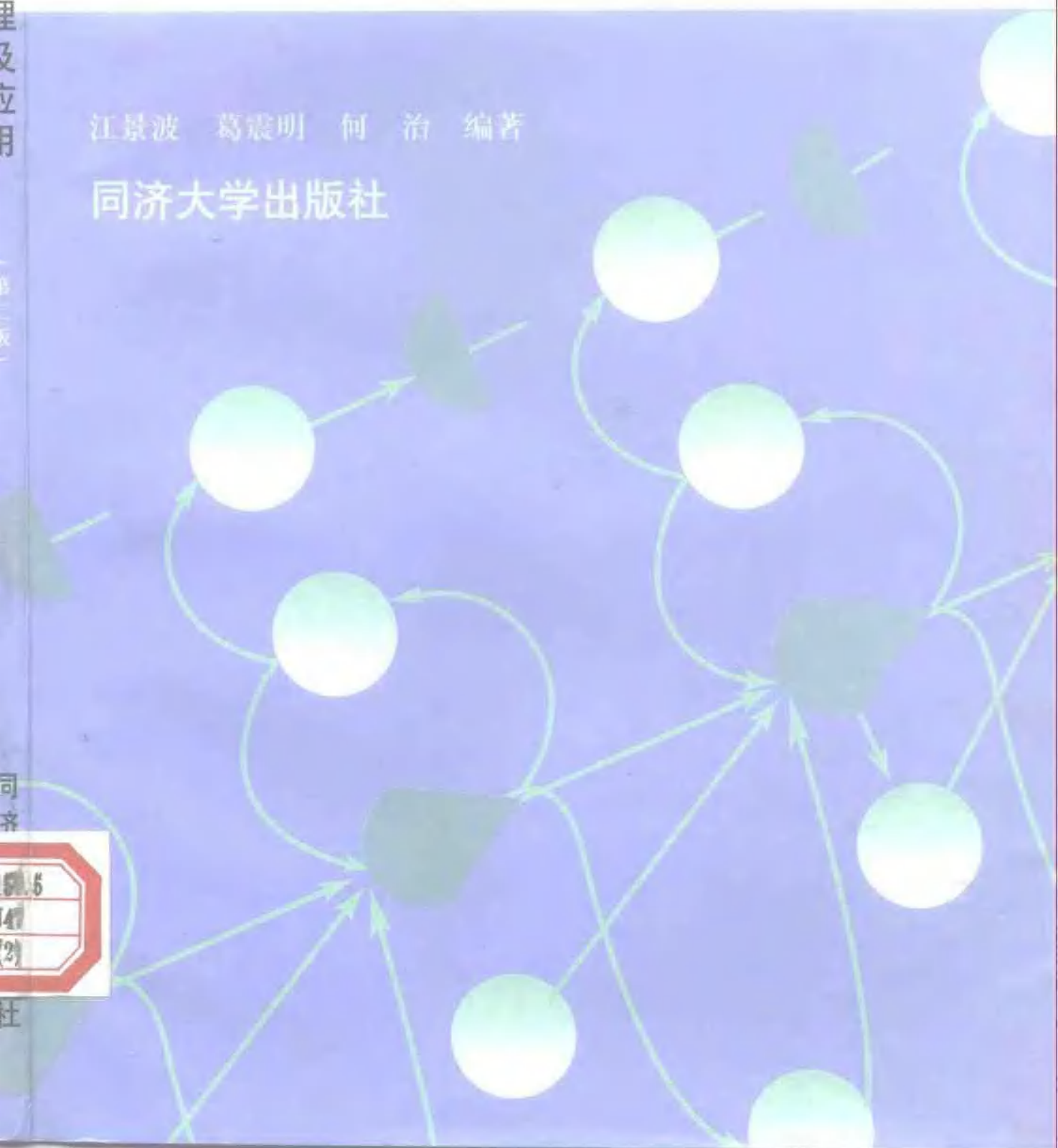


网络技术原理及应用

(第二版)

江景波 葛震明 何 治 编著

同济大学出版社



01575
J47
(2)

400633

网络技术原理及应用

(第二版)

江景波 葛震明 何 治 编著



同济大学出版社

责任编辑 郁 峰

封面设计 陈益平

网 络 技 术 原 理 及 应 用

(第二版)

江景波 葛震明 何 治 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

浙江上虞科技外文印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 450 千字

1990 年 8 月第 1 版 1990 年 8 月第 1 次印刷

1997 年 10 月第 2 版 1997 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-1000 定价: 33.00 元

ISBN 7-5608-1841-2/TU·242

内 容 提 要

本书简要介绍了网络技术的近期发展趋势,同时,详尽地讨论了网络技术模型的构成及原理、网络计划技术、网络的最短线路和最大流、流程图、随机网络及其分析计算方法、时间仿真随机网络、排队仿真随机网络、循环仿真随机网络和风险评审技术(VERT)。

本书可用作高等院校经济管理专业本科生和研究生的参考读物,也可供科研单位、企业和事业单位管理人员参考应用。

DL198/28

再 版 前 言

本书从 1988 年出版以来,一直作为同济大学管理专业研究生的教材,同时,由于网络技术是一项非常有效的计划管理和系统分析的方法,因此也被列为工程(项目)管理方向研究生的必修课程。广大学生对该课程的理论性和实用性也给予了较高的评价。

通过十年的教学实践,作者不仅对网络技术的原理和应用有了更进一步的认识,同时也发现了初版中存在的一些问题和不足之处,有必要对其进行修改并加以完善。

在此期间,无论在理论上还是在实际应用方面,网络技术都在其原有基础上取得了更大的进展。世界各国、尤其是经济发达和技术先进的国家,都竞相研究和应用网络技术。网络技术方面新的专著不断出现,每年都有数百篇的论文发表,研究内容更加深入和广泛。网络技术的研究成果应用率达 58%,在管理科学中,其应用率仅次于仿真技术和线性规划,面占第三位。更为重要的是,网络技术在重大的、复杂的生产和研究项目中应用的有效性,引起了理论界和各应用部门的兴趣和重视。网络技术的理论和应用的发展也促进了对本书内容的充实和调整。

本书此次重版,基本上保持了原有的章节体系,仅作必要的充实和完善。具体调整内容如下:

第一章 更全面地介绍网络技术的近期发展趋势。

第二章 对网络技术的理论依据——拓扑原理作必要的说明。

第三章 针对目前单代号网络计划模型应用的广泛性和有效性,重点介绍单代号网络计划模型,因为搭接网络计划已成为工程项目计划管理中的主要手段,并且有相应的计算机软件可供使用,因而在本版中增加了这一部分内容。

第四章 增加对直观判断法的介绍。因为直观判断是非常实用的优化技术,而且往往是探索优化理论和方法的前提。

第六章 随机网络技术是本书的核心内容。本章首先通过简单实例对构成随机网络模型的节点特征作更详尽的说明,这是因为节点是反映随机网络模型特征的关键,也是在实际应用中的难点和要点。同时,由于矩母函数是求解随机网络模型的根本依据,反映了随机网络活动的随机变量的概率分布,因而本版对矩母函数的基本特点作较详细的分析说明。

第七、八、九章 三章都是讨论随机网络的仿真技术,这是求解随机网络技术的有效方法,主要是时间随机变量、排队问题以及循环过程的随机网络仿真,由于涉及到计算机的程序,因而未作修改。

第十章 介绍风险评审技术的基本特征。

本书第二版除在内容上作上述必要的调整外,同时对格式和网络技术的基本概念作了调整,使之更趋向于规范和统一。因本书初版中组成网络模型的基本组成部分的名称多样化,如“活动”、“工作”等,在本版中都统一改为“活动”。这是因为“活动”这个概念含义广泛,并且与国际上通用的概念(Activity)相一致。

虽然,再版中对初版内容作了一定的修改和充实,但作为一本教材,仍需要保持其基本特

征——强调基本概念、基本理论和基本方法。同时,又限于编者的水平,本书中尚有不够完善之处,恳请批评指正。

本书自初版发行以来,不少专家、学者都曾提出过宝贵的意见,许多研究生也在学习过程中对本书中的内容作出评析并指出错误,这次再版过程中,汤礼辉同志协助校对,在此深表感谢。更请能继续对本版书给予支持和帮助。

因何治博士在国外工作,这次再版内容的修改由江景波和葛震明研究确定,并由葛震明执笔。

作者

1996年11月

前 言

网络技术是一种非常有效的系统分析和优化技术。特别是 30 年前,网络技术被应用到计划和经济管理方面以来,应用范围更加广泛。目前,网络技术已发展成为一门独立的、适用于研究工程技术、经济管理、社会发展等许多方面的有效手段,并成为运筹学的一个重要的分支。它的主要应用范围不仅包括许多工程技术系统(或问题)如电气、水利、通讯、交通等等,还包括各类经济管理系统(或问题)如计划、分配、资源安排、设备布置、存储、设备更新、工程经济、排队系统、投标决策、风险分析等等,以及其他许多问题。

我国在 60 年代初,由著名数学家华罗庚教授首次介绍网络计划技术以来,得到各方面的普遍重视。在华罗庚教授的倡导下,进行了理论研究和推广应用,取得了较好的经济效果。1984 年,同济大学江景波教授编写了《网络计划技术》一书,比较系统地阐述了网络计划技术的应用原理和方法。

随着网络技术应用范围的扩大,理论研究也不断深入,同时由于计算机技术的迅速更新换代,使用更加方便和广泛,更加开拓了网络技术的实用范围。目前,网络技术已发展成为与随机系统、仿真(模拟)技术、计算机应用密切结合的综合性应用技术,也是大系统、大科学分析研究必不可少的有效手段。

本书是在《网络计划技术》一书基础上,根据网络技术新的理论研究和应用成果编写而成的。本书不仅综合地概述了网络技术的发展和基本构成原理,并逐步深入地研究网络技术分析各种专门系统和问题的应用原理和方法。

本书于 1986 年编写后,曾作为同济大学经济管理专业研究生的教材试用。在试用中得到了不断修改和完善。

本书第一、二、三章由江景波编写,第四、五、六章由葛震明编写,第七、八、九章由何治编写,全书由江景波主编,葛震明统一整理。

编 者

1988 年 11 月

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 网络技术模型的构成及原理	(9)
第一节 网络技术模型的构成	(9)
第二节 网络模型的矩阵拓扑原理	(11)
第三节 网络模型的应用范畴	(18)
第三章 网络计划技术	(29)
第一节 网络计划模型的构成	(30)
第二节 网络计划模型的时间参数计算	(42)
第三节 网络计划模型的时间-费用分析	(52)
第四节 搭接网络计划模型	(60)
第四章 网络的最短线路和最大流	(69)
第一节 网络的最短线路分析	(69)
第二节 网络的最大流及其应用	(82)
第五章 流线图	(103)
第一节 概述	(103)
第二节 流线图的分析求解方法	(106)
第三节 流线图的线路转向	(117)
第四节 流线图的应用	(119)
第六章 随机网络技术及其分析计算方法	(124)
第一节 随机网络的技术模型的构成及特点	(124)
第二节 随机网络模型的分析计算方法	(130)
第三节 随机网络技术的应用	(139)
第四节 求解有互斥型节点的随机网络系统的计算机程序	(148)
第五节 随机网络中特定元素的计数及条件矩母函数	(153)
第六节 汇合型和兼有型节点的随机网络的分析计算方法	(162)
第七章 时间仿真随机网络	(171)
第一节 时间仿真随机网络的模型与特性	(171)
第二节 时间计算仿真方法之一	(175)

第三节	时间计算仿真方法之二	(180)
第四节	时间仿真随机网络的应用举例	(190)
第八章	排队仿真随机网络	(201)
第一节	排队仿真随机网络模型	(201)
第二节	单排队仿真网络的基本概念	(203)
第三节	单排队仿真网络的扩充	(207)
第四节	排队仿真随机网络的应用举例	(212)
第九章	循环仿真随机网络	(216)
第一节	循环仿真随机网络模型	(216)
第二节	循环随机网络的动态仿真方法	(219)
第三节	循环仿真随机网络的应用举例	(223)
第十章	风险评审技术(VERT)	(229)
第一节	风险评审技术网络模型及其特点	(229)
第二节	风险评审技术的仿真	(234)
第三节	风险评审技术的应用	(235)
附录一	随机变量的常用概率分布	(242)
附录二	随机数的产生	(251)
附录三	仿真参数的基本统计公式	(264)
	关键词中英文对照	(269)
	参考文献	(273)

第一章 概 述

一、什么是网络技术

网络是指一组相互交叉的线段联结构成的网状结构。当每个线段代表一个具体含义时,该网状结构(网络)就反映了一个完整的系统,如交通网络、联盟网络、通讯网络、计算机网络等。

网络技术就是研究和分析网络的专门技术。因此,广义的网络技术范围非常广泛,凡是可以采用网络加以描述或表达的任何系统、问题和对象,都可以应用网络技术。

由于每个不同系统或问题都有其不同的特点和内容,因此,各个反映系统和问题的网络技术也有各自的特征和性质。但是作为网络技术却又有其专有的共同特征。

网络模型是指网络技术所采用的模型,即表达网络的方式。

由于广义的网络技术范围广泛并涉及各项专门技术,因而在各专门学科中都有详细的研究。

本书所讨论的网络技术是指在经济和管理范畴内的优化技术。即使也涉及到一些工程技术问题,如工程项目建设等,网络技术的应用也仅是从经济和管理角度出发进行分析研究,并不详细分析项目建设中的各项技术问题。

因此,本书所指的是网络技术在经济管理中的应用,但其基本原理与方法是一致的。

为了便于阐述,仍采用网络技术,不再作具体说明。

网络技术是用网络模型形象地、直观地、正确的描述各种工程技术、生产组织、经营管理问题或系统、简捷地分析、求解、优化这类问题或系统的有效技术。

众所周知,随着科学技术的进步和社会化大生产的发展,现代化的工程技术、生产组织、经营管理问题具有规模大、工艺复杂、影响因素多、时间观念强等特点,从系统的角度来看,这些问题都是由众多互相关联、互相制约的要素组成的复杂系统,有的甚至是大系统。而且这类问题,在科学研究、生产管理、经济研究中比比皆是,要求人们认真地思考、分析和研究,以取得较满意的结果或较好的经济效益。

如何描述、分析和研究这类问题有各种方法,即可以应用各种模型,如最常见的各种数学模型、物理模型、模拟模型等。这些模型都各有特点,可在各种不同情况下加以应用。但是,对于复杂的工程技术、生产组织,科学研究,应用单一的模型,往往无法加以正确描述和分析,这时,就需要同时采用多种模型。例如一项工程的设计,既要有图示模型,即各种设计图纸,还需要用模拟模型以展示其外观并进行试验;同时需要各种数学模型进行计算。通常,随着对问题和系统研究的深入,模型也需要不断地修改和完善。

网络模型既是图示模型,又是能反映出各组成要素和参数间的相互关系并按照一定的拓扑逻辑关系进行分析和计算的标准模型。

标准模型是指能在某一特定条件下,对问题提供“最佳”回答,同时也能提供有关行动或方案的进展和过程的模型。这是在科学研究、工程技术、生产工艺、经营管理中应用最广泛、最常见、最理想的模型。许多科学理论就是研究如何更有效地建立和求解各种问题及系统的标准模型。例如线性规划模型就是一种可广泛应用的标准模型。但是,大多数模型在开始研究阶

段都仅适用于某个特殊或专门问题,而不可能成为广泛通用的标准模型。随着对模型的应用,不断地总结和深入研究,才逐步发展成为标准模型。

最初的网络模型来自电气工程,这类工程中的电气设备、供电线路以及线路上的电流、电压构成了一个电气工程网络。随着应用的扩大和研究的深入,网络模型已发展成为能反映各类问题,能对问题进行逻辑分析和数学计算并提供最优解的标准模型。

应用网络模型不仅可以直接表明各变量、各约束条件间的相互关系,同时可以应用网络理论(最短线路理论、最大流理论、流程图原理等)对系统或问题进行分析、计算、求解和优化。

网络模型既可以反映肯定型问题,也可以表达非肯定型问题。随机网络技术是一种研究各种随机系统和随机问题的非常有效的方法。广义地理解,肯定型网络模型仅仅是随机网络模型的特例。

网络模型也可以反映动态的问题。网络模型中的箭头(枝线)的方向,反映了问题的进程和发展。

由此可见,网络模型又是一种综合性的标准型,可以广泛地应用于许多方面。

二、网络技术的特点

网络技术无论在理论上还是在应用方面不断地、迅速地发展的原因是其具有下述非常显著的特点。

1. 结构清晰,形象直观

网络技术通过网络结构(网络)图,非常形象面正确地描述系统或对象,反映系统或对象各组成要素(组成部分或子系统)之间的相互关系。如一个遍及全国各城镇的交通(铁路、公路、水路)系统,实质上就是一个以交通线路及城镇交织而成的交通网络。又如,一项非常复杂的包括成千上万个组成部分的工程系统的研究计划,长期以来,领导和决策人员首先感到棘手的是无法正确、完整和形象地表达各项要素间的关系,因此也就无法对它们实行有效的控制和协调。应用网络技术,就能非常简明、直观地描述这个系统。美国在 50 年代末研制的北极星导弹计划和 60 年代研制的阿波罗空间探索计划,都是由于成功地应用了网络技术,使这些相当复杂的研制任务,获得了满意的控制和协调。其他诸如各种最短线路问题、最大流量问题,都能应用网络技术加以正确而形象地表达。

2. 正确表达逻辑,便于分析计算

网络技术不仅可以通过网状结构图(网络图)方式形象面直观地表明系统的构成,而且其最主要的是可以根据图论中的拓扑原理,通过拓扑逻辑矩阵反映系统。这样的拓扑矩阵从理论上讲可以是无穷的,因此,对于任何复杂的系统。即使包括成百上千个组织活动(部分)都能方便地应用拓扑矩阵加以描述和表达。同时,根据网络结构的拓扑矩阵,就可以应用计算机进行所要求的各种分析和计算。

对于大多数工程技术、经营管理系统和问题,只要能应用网络技术进行分析和计算,就能发挥其特点,比应用其他优化技术具有更为迅速简便等特点。例如,对于一个大型的优化问题,如资源分配等问题,往往包括几千个变量和约束条件,应用常用的数学规划(线性规划等)方法,虽然也能求得最优解,并进行优化。但如应用网络技术,速度就可以提高几十倍甚至几

百倍。若使用计算机,虽然对每种优化技术都可以避免冗长无味的计算,节约时间和人力。但同样的问题,如采用网络模型,更具有减少输入、缩短运算时间等优点。

3. 配合需要,机动调整

任何系统和问题的研究,在不同的管理层次、不同的管理部门、不同的时期,往往有不同的要求。一般情况下,上级部门需要有比较综合和概要的信息;具体执行部门要求比较详细、正确的安排,现阶段正在执行的任务应有具体和直接能起指导作用的计划;今后的任务则可以粗略一些。应用网络模型,可以根据不同的需要,绘制相应具有不同综合程度的模型。

例如,一个建设项目可能包括几十个单项工程,每一个单项工程又由很多单位工程组成(土建、安装、电气、市政、环保、供热、上水、排污、通讯、设备、装饰等);而每一单位工程,如土建单位工程,又可能包含着几十个甚至更多的分部工程;每个分部工程也是由一定数量的分项工程组成。显然,在不同的时期,不同部门有不同的要求。如投资者、业主或主管部门关心的是整个建设项目以及每个单项工程建设所需的投资及完工投产(或使用)的时间;而每个单项工程或单位工程的承包者主要考虑的是其所包任务的人、财、物的组织和控制;一个现场施工队组,则需要逐日逐项地安排任务。应用网络技术,可以非常简捷地进行合并和分解。

正是由于上述基本特点,使网络技术能在较短时间内很快得到广大工程技术人员、领导人员、管理决策人员普遍的接受和广泛的应用。

目前,网络技术已经在下列各种系统和问题中得到有效应用:

- ①生产及分配系统;
- ②军事后勤系统;
- ③城市交通运输系统;
- ④铁路运输系统;
- ⑤通讯系统;
- ⑥水利系统;
- ⑦设备布置系统;
- ⑧资料分类系统;
- ⑨计划系统;
- ⑩计算机系统;
- ⑪电力工程系统。

虽然网络技术应用十分广泛,可对各种不同类型的系统或问题进行分析研究。但其基本的原理是相同的。本书仅介绍网络技术的基本原理、基本方法以及其主要的方面。

三、网络技术的发展

网络技术的产生与发展都来自于工程技术和实践。如前所述,最初的网络技术起源于电气工程,在本世纪50年代后期,根据工程计划管理的实际需求而产生了网络计划技术。此后,随着对网络技术理论研究的不断突破以及实际应用的迅速扩大,网络技术不断完善、深化,并逐步发展成为目前与随机排队系统、各种资源优化系统、模拟技术及电子计算机密切结合并获得广泛应用的网络技术系统。

回顾网络技术的发展,与其理论研究的发展是相互制约和相互促进的。

表 1-1 列出了经济管理中网络技术的发展示意图。

表 1-1 网络技术的发展示意图

网络技术名称	英文代号	开发年代	特点与功能	理论依据及相关技术
横道图(甘特图)	GANIT	1900	清晰表明活动开始及完成时间	
关键线路图	CPM	1956	表明肯定型活动逻辑关系、随机型时间参数	图论、网络流理论
计划评审技术	PERT	1957	表明肯定型活动逻辑关系、随机型时间参数	图论、网络流理论、概率论
综合网络分析	GNA	1962	随机型活动逻辑	图论、网络流理论、概率论
决策关键线路法	DCPM	1967	有决策节点的关键线路方法	图论、网络流理论、决策论
搭接网络技术	OLN	1968	表明活动搭接关系	图论、网络流理论
随机网络技术	GERT	1967	随机型活动逻辑关系及时间参数	图论、网络流理论、概率论
随机网络仿真技术	GERTS	1968	有仿真能力的随机网络	仿真技术图论、网络流理论、概率论、仿真技术
成本优化仿真随机网络	GERTSC	1970	有成本核算及优化功能的仿真 GERT	成本控制技术、图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制技术
排队仿真随机网络	GERTSQ	1970	对排队系统及优化分析的 GERT	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、排队论
资源优化仿真随机网络	GERTSR	1970	有资源优化分配功能的仿真 GERT	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、资源协调技术
风险评审技术	VERTS	1972	对时间、费用与效果综合分析的仿真技术	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、性能测度技术
综合优化仿真随机网络	GERTSZ	1974	对成本与资源综合优化的仿真 GERT	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制及资源
综合随机系统仿真技术	SMOOTH	1974 ~ 1980	对连续与离散型参数综合分析仿真网络语言	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制及资源协调技术、概率论
多任务综合网络分析	SATNT	1974	具有人机对话功能的网络技术	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制及资源协调技术、人机对话技术

网络技术名称	英文代号	开发年代	特点与功能	理论依据及相关技术
可靠性分析仿真技术	GRASP	1974	具有系统可靠性分析功能	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制及资源协调技术、可靠性理论
选择模型仿真语言	SLAM	1979	具有多种建模功能的综合分析技术	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本控制及资源协调技术、人机对话技术、建模技术
循环作业网络模型	CYCLONE	1980	具有对循环系统的综合分析功能	图论、网络流理论、概率论、仿真技术、成本及资源优化技术、排队论

科学管理中最早的计划模型是甘特图。甘特图又称横道图,把组成系统或工程的活动(或称工作)都用一条线条表示,并以线条的长短表示时间的数量,线条始端和末端表示了各活动的开始和结束时间。但这种方法不能表达各活动之间的逻辑关系,因而对于活动之间逻辑关系比较复杂的工程或任务,应用甘特图无法进行正确和有效的分析。甘特图于本世纪初由美国管理工程师甘特 GANT 提出,具有简明、直观、易懂等特点,因此,沿用至今。

本世纪 50 年代中期开始将网络技术应用用于计划管理。几乎同时提出了关键线路方法(简称 CPM)和计划评审技术(简称 PERT)。关键线路方法与计划评审方法都以网络图为基础模型,因此,两者的构成和原理完全一致。不同之处是,前者的活动时间是肯定型参数(即一个较肯定的估计值);后者的活动时间是非肯定型参数(即假设符合一定分布的时间随机变量)。

关键线路方法与计划评审方法是网络技术中最基本的方法,为以后各种网络技术的发展奠定了基础。

自 60 年代起,各种网络技术蓬勃发展,主要有如下几种:

(1) 节点式网络模型(简称 AON 网络) 在我国称为单代号网络模型,它是以节点表示活动(或工作)的网络模型。而关键线路方法和计划评审方法等网络模型都是以箭杆(或称枝线)表示活动(或工作),因此又称为箭杆式网络模型,在我国称为双代号网络模型。节点式网络模型在绘制网络图、表示活动间逻辑关系方面都比箭杆式网络模型有很大改进,因此,在许多网络模型中得到广泛应用,如搭接网络模型和决策网络模型都采用节点式网络模型。

(2) 资源优化与成本优化网络模型 应用网络模型能对系统和问题进行资源和成本优化,这是它的重要特点之一。其后又进一步发展到资源强度可变及多资源分配等优化问题。在成本优化方面,从假定的时间-成本呈直线变化关系发展到时间-成本呈各种关系的优化,以及进行成本计算、成本分析和成本控制等。

(3) 决策网络模型(简称 DCPM) 又称决策关键线路方法,这是在网络模型中引进了决策节点表示不同的方案,并从中作出最优的选择。

(4) 综合网络技术模型(简称 GNA) 它是在网络模型中引进了概率节点与概率枝线,使网络模型能广泛地反映工程实际情况,这就是在以后得到广泛应用的随机网络的前身。

(5) 搭接网络(简称 OLN) 它可以表示实际工程中各种活动之间存在的各种搭接的逻辑关系,在此以前,各种网络模型只能表示单一的“结束-开始”的逻辑关系,即前而活动(工作)结束后,而后活动(工作)才能开始。由于搭接网络模型能表达工程中普遍存在的各种搭接关系,因而进一步扩大了网络技术模型的应用,如群体网络等。

(6) 随机网络模型(简称 GERT) 在我国又称为图示评审技术,这是网络技术又一次蓬勃

发展的先驱。随机网络技术中,不仅活动的各参数(如实现时间、费用等)具有随机性,而且允许活动的实现也有随机性,即网络模型中的枝线和节点都具有随机功能。由于描述能力大大提高,因而,应用非常广泛,而前面所述的基本网络模型 CPM/PERT 仅仅是随机网络模型的特例。另外,随机网络模型的计算,需要应用概率论、流程图理论等知识和理论,对于复杂的随机网络模型的计算和分析,需要应用模拟(仿真)技术、排队理论等,因而大大丰富了网络技术的研究内容和扩大了应用范围。

自 60 年代起,网络技术一直取得稳定的发展,通过理论研究和广泛的实际应用,不仅巩固了网络技术的卓有成效的方面,同时还针对某些不足之处进行了客观的分析、研究和改进,逐步地取得了各种新的发展,其中最重要的是搭接网络模型和随机网络模型。

进入 70 年代,随着计算机技术的突飞猛进,使大规模的、复杂的网络逻辑运算成为可能和更加方便。这不仅使那些以前使人望而生畏的大型项目或复杂系统的模型(如群体网络等)能得到正确描述,同时还能对这类网络模型进行综合、分解、资源分配、成本优化,并且结合应用还研究了各种计算机应用软件。

另一方面,在随机网络技术的基础上又产生了多种网络技术。其中,随机网络仿真技术(简称 GERTS)是其代表之一。它是仿真技术与网络技术的结合,从而使随机网络模型中节点与枝线的形式和作用进一步拓宽,使之与现实情况更为相似。这种网络技术有多种功能,如反馈功能、节点可多次实现功能、节点统计功能、节点条件实现功能等。这样,就统一了确定型节点与随机型节点,例如,当到达节点的枝线等于要求完成的前导的活动数时,该节点就成为一个确定型节点;如当要求完成的前导活动数少于总的前导活动数时,该节点就实现,这就相当于随机型节点。此外,还引进了活动在一定的逻辑条件下可中途暂停或中途激发等概念。

在随机网络仿真技术(GERTS)基础上,各种特殊用途的仿真随机网络模型技术与应用技术相继产生和发展。其中有模型的创新,有方法的改进,有程序的开发和应用,下而列出一些具有代表性的网络模型分支与程序。

(1) 成本优化仿真随机网络(简称 GERTSⅢC) 这是具有成本核算功能及相应的 GERTS 软件。

(2) 资源优化仿真随机网络(简称 GERTSⅢR, R - GERTS) 这是具有资源优化功能及相应的软件。

(3) 排队仿真随机网络(简称 GERTSⅢQ, Q - GERTI) 这是排队理论与网络技术的结合,就是在网络模型中增加了具有等待功能的节点,用网络模型描述排队系统,并用仿真技术对系统进行仿真和分析。在此基础上,又研究开发了选择模型仿真语言(简称 SLAM)及循环作业网络模型(简称 CYCLONE)。

(4) 选择模型仿真语言(简称 SLAM) 这是一种具有多种建模功能和综合分析的软件。

(5) 循环作业网络模型(简称 CYCLONE) 这是具有描述循环运行系统的网络技术,它综合了循环作业中的排队功能与资源优化,并发展了相应的软件。

(6) 综合优化仿真随机网络模型(简称 GERTSⅢZ) 这是仿真随机网络模型(GERTS)的综合通用仿真软件。在此基础上,开发了具有更实用意义的综合随机系统的仿真技术(简称 SMOOTH)、多任务综合网络系统分析(简称 SAINT)以及图示可靠性分析仿真程序(简称 GRASP)等。

多任务综合网络的系统分析(SAINT)是一种以人机对话技术为基础的网络分析软件。它可用于人(系统的执行者)对系统的影响以及系统对人的影响。

图示可靠性分析仿真程序(GRASP)是可靠性理论与网络技术结合而产生的一种可靠性分析的仿真软件。它是应用网络模型仿真研究系统的可靠性、系统寿命和可维修性等。

在 GERT 基础上,又产生了新的网络技术——风险评审技术(简称 VERT)。这是在网络模型中引进了完成活动具有风险的概念,这样就把完成活动的时间、费用及效果联系起来。风险评审技术可以建立网络模型中任一活动的时间、费用与完成效果之间的数学关系以及任一活动与其他活动之间(费用、时间及运行效果)的数学关系,同时开发相应的计算机软件,从而大大增强网络技术描述与分析现实系统和客观世界的能力。

进入 80 年代以来,网络技术的应用领域更加宽广,各种方法与软件都各有千秋。网络技术的发展和应用主要是两个方面。一个是“大”,即网络技术适用的项目或系统越来越大,且描述及分析的功能也更加完善和综合。另一方向是“小”,即应用于计算和分析各种网络模型的计算机软件向着小型机和微机方向发展。以前,网络技术仿真软件往往需要在容量较大的计算机上运行,近年来,国内外研究和开发了多种可在微机上进行分析 and 优化的网络模型仿真软件,这就大大增加了实际应用的可能性。由于网络技术适用范围更大,功能更齐,应用更方便,这就促进和保证了网络技术的应用前景。

综上所述,几乎所有的网络技术都是产生于实际,从实践中总结出来,因此,网络技术是一门实用技术。如前所述,计划评审技术是按照美国海军在研制北极星导弹系统的需要而产生和得到应用,而随机网络技术中的图示评审技术(GERT)是在“阿波罗”载人登月计划中产生和得到应用。由于网络技术在实际应用中都取得显著成果,因而很快得到许多国家的重视。

近期,网络技术不仅在工程技术、项目管理中得到广泛的应用,同时在自然科学、计算机科学、社会系统等方面都得到了应用。更由于计算机的迅速发展,促进了大型复杂网络的计算和分析。网络模型规模大型化和复杂化,使网络的形式千变万化,促进了数学专家和工程技术人员对网络结构的研究。研究是从网络技术的基本拓扑原理出发,对网络的矩阵表达、矩阵运算、网络中元素的相容性以及拓扑排序等方面都进行了相应的研究,这对于分析大型网络结构和判断网络的性质有着重要的意义。

至今,网络技术几乎已在全世界得到广泛的应用。

网络技术在欧洲、加拿大和日本等先进工业国家都得到广泛应用,并得到了一定的研究。如瑞士苏黎士联邦工学院企业管理科学研究所设置了许多有关网络技术的课程。其他国家的高等院校中,也设置有关的课程。英国的梅梯尔(METIER)公司研究开发和出售综合网络计划管理系统(ARTEMIS SYSTEM)的计算机软件,法国及德国也有各类实用软件。日本建设业自 1963 年以来,积极推广网络技术,并着重于实际工程上的应用。日本的许多工程中,都配有详细面实用的网络计划,在日本,几乎所有的建筑施工管理人员都掌握和应用这一方法,并且配置相应的工程网络计划管理系统软件,如 PMB, PMS 等。

美国是研究和应用网络技术最早的国家。早在 1962 年,美国政府就规定,今后一切大中型新建工程必须采用网络技术,对网络技术的推广应用起到一定的促进作用。根据美国对 400 家最大建筑企业的调查表明,在 1965 年,应用网络技术的企业约占 45%,到 1970 年,使用者达 80%。又根据美国管理科学研究所和运筹学协会(TIMS/ORSA)在 1978 年的一项全国调查的结果是关键线路方法和计划评审技术(CPM/PERT)应用范围在各种科学管理方法中占第六位,列在数学规划和排队论等之前。但包括仿真技术的网络技术的应用地位,仅次于经济分析和统计分析,占第三位。

前苏联从 1964 年开始就颁布了一系列有关研究和应用网络计划技术的指示、基本条例等

法令性文件,并且规定所有大型建筑工程都必须采用网络计划进行管理(简称为CIIY)。在前苏联,网络计划技术不仅用来编制工程施工进度计划,而且还用于编制包括设计、施工和技术物资供应在内的建设项目进度计划以及建筑安装企业的最优长期(如五年)规划、年度综合计划和月、旬作业计划等。在其他领域,网络技术亦得到广泛应用。长期以来,前苏联一直把网络计划技术作为一项必须推广应用的新技术,并将其正式列入国家国民经济计划中。

我国在60年代初,在著名数学家华罗庚倡导下,对网络计划技术进行了理论研究和推广应用。在我国,网络计划技术又称为统筹法,即把网络计划技术归纳为对项目或系统进行统筹规划、综合安排。自1964年起,网络计划技术首先在我国建筑工程上得到应用,并取得显著效果。自70年代后期起,随着我国经济发展和四个现代化的需要,网络技术作为一种有效的科学管理方法,得到普遍的重视、广泛应用和较为深入的研究,并且成立了专门的研究会,进行理论研究、学术交流和促进推广应用。目前,网络技术已在军事、航天、工程项目管理、科学研究、技术发展、质量控制、排队系统分析、市场分析、可靠性分析、工程技术系统优化、生态平衡、投资风险分析等方面得到了研究和应用。随着计算机的应用普及,还开发了许多网络技术的计算和优化的实用软件。

实践证明,我国在工程管理上应用网络技术已取得显著效果,如保证或缩短工期、降低成本、提高效率、节约资源等。但是网络技术的进一步广泛应用,涉及到许多方面,受到一定客观条件的限制。首先,与其他科学管理方法一样,网络技术是一种有效的管理手段,可向领导和决策人员提供定量分析信息,但最后决策还取决于各级领导和管理决策人员的水平。其次,网络技术的推广应用需要有一批熟悉和掌握网络技术理论、应用方法和计算机使用的管理人员和技术人员,而目前我国企业系统和工程技术系统的人员素质尚不能适应这样的需求,有待进一步提高。