

· 管理工程 ·

随机网络计划仿真方法研究

陆力¹, 朱红²

(1. 电子科技大学管理学院 成都 610054; 2. 电子科技大学电子工程学院 成都 610054)

【摘要】分析了传统CPM和PERT方法的缺陷,利用逻辑矩阵“穷举”识别工作路径,导出项目计划可靠性公式,提出了在两点法基础上确定时间参数、基于MATLAB+SIMULINK建立随机网络模型的解决方案。仿真分析表明,基于两点法的随机网络计划模型,建模简便易行,对于复杂系统和大型项目计划具有实际意义。

关键词 网络计划; 可靠性; 仿真; 项目管理

中图分类号 F270.3; C934

文献标识码 A

Research on Simulation Method of Random Network Plan

LU Li¹, ZHU Hong²

(1. School of Management Science, Univ. of Electron. Sci. & Tech. of China Chengdu 610054;

2. School of Electronic Engineering, Univ. of Electron. Sci. & Tech. of China Chengdu 610054)

Abstract In this paper the stability problem of project planning is discussed. First, the access of the work through logic matrix is recognized. the formulas of project are proposed planning reliability are derived, And then the time parameters based on two points method are proposed. With them, a solution to the random network models which are based on MATLAB+SIMULINK can be obtained.

Key words network plan; reliability; simulation; project management

1 传统网络计划技术存在的问题

在大量并行/系统集成项目和研发项目中,项目管理决策人员需要提高对计划的预测和柔性控制能力。不确定性是项目管理的重要特征。传统的项目管理理论方法中,计划评审技术是常用的不确定性分析方法。

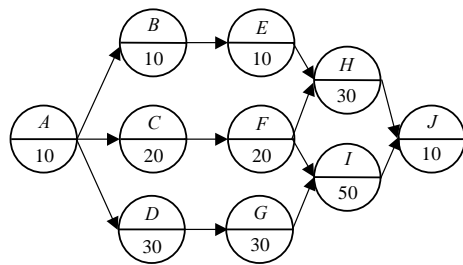


图1 单代号网络计划

由于该方法以关键路径上的最长工作时间路径为基础,与许多项目的情况并不相符^[1-2]。

在图1所示的网络计划中,各节点标示出了工作名称和持续时间。传统方法认为A-D-G-I-J为关键路径,但实际上,由于C、F工作在人时数、资源和沟通协调方面具有更严格的要求,管理层对C、D的关注远高于其他工作,使计划同现实产生了很大的偏差。找到一种更加合理的网络分析评价方法,对提高项目管理水平具有现实意义。

2 随机网络分析方法

2.1 逻辑矩阵概念

本文采用逻辑矩阵L来描述随机网络的特征,即在一个N阶零矩阵的基础上,将对角线元素和有紧前/后关系的对应元素填写数字“1”,如图2所示。逻辑矩阵图中,对角线以下三角区为上游工作区,对角线以上三角区为下游工作区,反映某一工作所有的紧前和紧后工作。

收稿日期: 2005-10-09

作者简介: 陆力(1956-),男,副教授,主要从事项目管理方面的研究。

L矩阵的最大特点是能够通过算法“穷举”出随机网络的所有路径，图3的路径树状图直观地表示出了图1所示网络计划的所有4条路径。

$$L = \begin{matrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \\ G \\ H \\ I \\ J \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图2 逻辑矩阵图

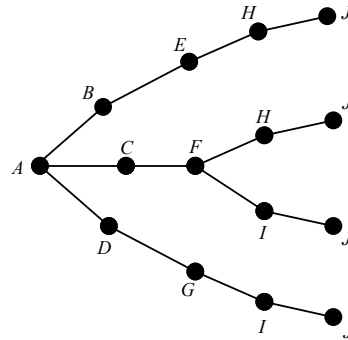


图3 利用逻辑矩阵生成的所有树状路径

2.2 网络计划可靠度定义

网络计划可靠度定义为：在规定的时间和资源约束条件下，完成项目目标的概率。计划可靠性管理的特点是项目管理理论与概率论的结合。

结合项目生命周期属性，项目进度极限状态方程可以写为 $Z = g(T, S) = T - S$ ，其中 T 为计划工期； S 为实际工期； Z 为状态函数； g 为功能函数。如果 $Z < 0$ ，表示工期超期，计划失效； $Z = 0$ ，表示达到极限状态； $Z > 0$ ，表示工期在控制范围内。

将项目的实际工期 S 视为正态分布 $N(\mu_s, \sigma_s^2)$ ，其中 μ 为均值； σ 为标准差。由概率论基本理论知，失效概率为 $P_f = \int_0^\infty f_s(S) ds = \Phi(-\beta)$ ，其中 $f_s(\cdot)$ 为概率密度函数； $\Phi(\cdot)$ 为标准正态分布函数； $\beta = \frac{T - \mu_s}{\sigma_s}$ 为可

靠性指标。有 n 项工作的路径，可靠性指标公式为 $\beta = \frac{T - (\mu_{s_1} + \mu_{s_2} + \dots + \mu_{s_n})}{\sqrt{\sigma_{s_1}^2 + \sigma_{s_2}^2 + \dots + \sigma_{s_n}^2}}$ 。

3 项目随机网络系统仿真

3.1 仿真系统建模

项目过程数据可以用于项目规划、估计、生产率分析和质量分析等多种用途。项目随机网络系统仿真就是利用项目管理知识领域的相关知识和专业知识，在网络计划和约束理论的基础上，由仿真软件包求出每一时刻系统的工作状态和项目各种可能的工作基线。

3.2 时间参数确定

结合网络可靠性分析技术，采用两点估计法确定时间参数。以下的公式是在假设各工作包时间(或成本)均服从正态分布 $N_i(\mu_{C_i}, \sigma_{C_i})$ 的前提下得出，其中 i 表示第 i 项工作； C 表示费用或时间。如果工作包成本不服从正态分布假设，可以按当量公式转换成正态特征值，即：

$$\mu_{C_i} = \mu_{C_i} \tag{1}$$

$$\sigma_{C_i} = \frac{\beta_i^+ \sigma_{C_i}}{\beta} \quad \text{or} \quad \sigma_{C_i} = \frac{\beta_i^- \sigma_{C_i}}{\beta} \tag{2}$$

$$\beta_i^- = \frac{\mu_{C_i} - F_{C_i}^{-1}(P_f)}{\sigma_{C_i}} \tag{3}$$

$$\beta_i^+ = -\frac{\mu_{C_i} - F_{C_i}^{-1}(1 - P_f)}{\sigma_{C_i}} \tag{4}$$

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_f) \tag{5}$$

上面各式中 μ_{C_i} 和 σ_{C_i} 为工作包时间(或成本)的实际概率分布特征值； μ_{C_i} 和 σ_{C_i} 为当量正态分布特征值；

β 、 β_i^+ 和 β_i^- 均为评估计划的可靠指标,与失效概率有关,其数量关系如表1所示。

表1 可靠指标与失效概率关系

可靠指标	-0.52	-0.25	0.00	0.25	0.52	0.84	1.28	1.64	2.33
失效概率	0.80	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01

$F_C(C_i)$ 是时间(或成本)实际分布概率值,通常为偏态分布,如极值分布或贝塔分布。

为了便于数据采集和应用,针对正态或当量正态化以后的密度函数,基于可靠性指标的定义采用两点估值,即通过估计极大时间(设为 A)、极小时间(设为 B),并设各自的可靠性指标分别是 β_A 和 β_B 。本文推导出当量正态密度函数的特征值为 $\mu = A - \frac{A-B}{\beta_A - \beta_B} \beta_A$ 和 $\sigma = \frac{A-B}{\beta_A - \beta_B}$ 。

两点估计法与三值估计方法相比较,更有利于数据的采集和参数的确定。

3.3 仿真分析

以前面图1所示的项目计划为例,由可靠性理论,采用两点法确定可靠性参数,对其中两条路径超过计划工期5天以上的仿真^[3],结果见图3。统计图反映出项目管理人员对 $A-C-F-I-J$ 路径更加关注的程度。

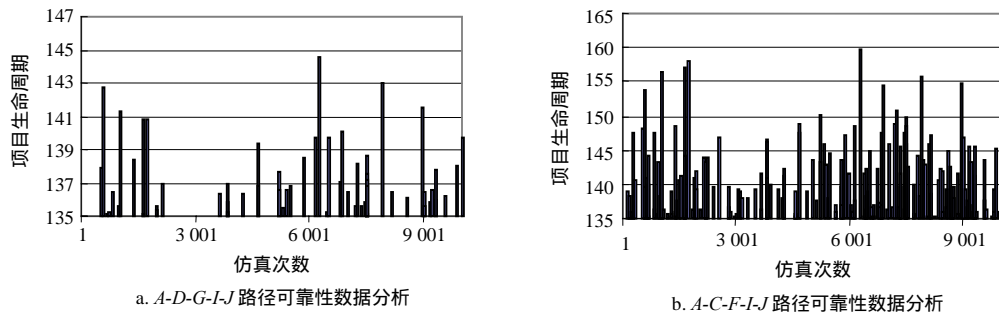


图3 不同路径可靠性仿真数据统计

4 结论

随机网络建模与仿真是提高项目计划水平的重要内容。本文基于MATLAB和SIMULINK平台,根据网络计划的特征,在逻辑矩阵生成的树状图的基础上,推导出计划系统可靠性分析公式解和数值解方案。计算用例表明,文中提出的方法建模简便易行,对于复杂系统和大型项目计划进行随机性分析,具有实际应用价值。

参 考 文 献

- [1] Kerzner H. 项目管理[M]. 杨爱华, 杨 磊, 王增东, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] Hameri A. Project management in a long-term and global one-of-a-kind project[J]. International Journal of Project Management, 1997, 15(3): 131-137.
- [3] Ehud M, Avner B. Harmonization simulation model for managing several stochastic projects[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2002, 61(1): 61-66.

编 辑 熊思亮