

PERT 网络中非关键工序的敏感性分析

张 薇, 乞建勋

(华北电力大学 工商管理学院, 北京 102206)

摘 要: 本文研究了计划评审技术(PERT)网络中非关键工序的敏感性问题。首先介绍了 PERT 网络的基本概念和定理, 然后利用概率分析的原理及方法, 分析了非关键工序的敏感性, 并运用一个实例加以说明。

关键词: PERT 网络; 非关键工序; 敏感性分析; 特征路线

中图分类号: F224. 33 文献标识码: A 文章编号: 1002 - 980X(2009) 12 - 0114 - 05

1958 年, 美国海军武器部在制定“北极星”导弹计划时应用了网络分析方法与网络计划, 但它注重对各项工作安排的评价和审查, 被称为计划评审技术(program evaluation and review technique, PERT)。PERT 法多用于一些难于控制、缺乏经验、不确定性因素多而复杂的项目中。敏感性分析是分析测算项目主要不确定因素的变化对其决策目标的影响程度, 估计其对项目带来的风险大小, 确定项目的可靠性。由于 PERT 网络工序工期的不确定性, 因此敏感性分析历来是学者们研究的重点问题。Van Slyke^[1]提出用计算机模拟来评估项目的工期, 他将工序的关键度定义为工序位于关键路线上的概率, 并用此来识别影响整个项目工期的最关键工序。近年来学者们对计算工序关键度提出了一些改进的方法, 并讨论了这些方法的优缺点^[2-3]。Elmaghraby^[4]提出了计算工序的关键性指标的步骤和方法, 在实践过程中, 工序关键性指标的计算主要有两种方法: 分析法和蒙特卡洛法。Cho 和 Yum^[5]将工序的关键性指标作为工序时间期望值的函数, 运用这个函数来估计工序期望的变化对项目完成时间的影响, 文献[7]对文献[6]的方法进行了改进, 在 Cho 和 Yum 所做工作的基础上提出了 4 点新的假设, 构建了新的方法, 并通过计算结果证明新方法具有更快更准确的优点。这些文献仅研究了工序的变化对项目总工期的影响, 却没有分析工序的变化对其所在路线的影响。

1 基本概念和定理

1.1 基本概念

1) 工序的期望、方差及路线的完工概率、风险率。

经典的 PERT 网络方法认为, 项目工序的持续时间是一个随机变量, 不能给出准确的数值, 但是可以根据历史资料及过去的实践经验给出三种时间估计, 即乐观的估计时间 a 、悲观的估计时间 b 和最可能的估计时间 m 。某工序 (i, j) 持续时间的期望值 D_{ij} 和方差值 σ_{ij}^2 可用下列公式计算:

$$D_{ij} = \frac{(a + 4m + b)}{6};$$

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{(b - a)^2}{36}。$$

求出工序的时间期望和方差后, 经典 PERT 方法将不确定型网络转化为确定型网络, 并用关键路线法(CPM)去解决。对于某路线 μ , 其工期期望 D_μ 和方差 σ_μ^2 如下:

$$D_\mu = \sum_{ij \in \mu} D_{ij};$$

$$\sigma_\mu^2 = \sum_{ij \in \mu} \sigma_{ij}^2。$$

路线 μ 在计划工期 T_s 下的完工概率用下式表示:

$$P(t \leq T_s) = \int_{-\infty}^{T_s} \frac{1}{\sigma_\mu \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t - D_\mu}{\sigma_\mu} \right)^2} dt。$$

其中, D_μ 、 σ_μ^2 分别表示路线 μ 的期望和方差。网络中的关键路线以最大期望准则来确定, 即计算各路线的路长期望值, 选择路线路长最长的为关键路线, 用 μ^∇ 表示。设关键路线的期望和方差为 D_{μ^∇} 、 $\sigma_{\mu^\nabla}^2$, 显然, 当 $D_\mu = D_{\mu^\nabla}$ 时, $P = 0.5$, 说明以期望最大准则确定的关键路线是在完工概率 $P = 50\%$ 的条件下确定的, 是基于风险中性的决策。

非关键路线在项目工期下的完工概率, 也就是非关键路线小于关键路线的概率为:

收稿日期: 2009 - 09 - 29

作者简介: 张薇(1984 -), 女, 山东枣庄人, 华北电力大学工商管理学院技术经济及管理专业硕士研究生, 研究方向: 项目进度管理; 乞建勋(1946 -), 男, 河北邢台人, 华北电力大学工商管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 项目管理、优化理论与技术经济决策, 中国技术经济研究会会员登记号: I030000056S。

$$P(t \leq D_{\mu^{\nabla}}) = \int_{-\infty}^{D_{\mu^{\nabla}}} \frac{1}{\sigma_{\mu} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}} \right)^2} dt. \quad (1)$$

为简便计算,可将上式转化为标准正态分布,然后根据正态分布表计算完工概率,可作如下变换:

令 $\frac{t - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}} = u$, 则式(1)可变为

$$P(u \leq \frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}) = \int_{-\infty}^{\frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du =$$

$$\Phi\left(\frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}\right).$$

查正态分布表即可得完工概率为 $\Phi\left(\frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}\right)$, 定义风险率 P_r 为非关键路线超过关键路线的概率, 则

$$P_r = P(u \geq \frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}) = 1 - \Phi\left(\frac{D_{\mu^{\nabla}} - D_{\mu}}{\sigma_{\mu}}\right).$$

2) 节点的时间参数期望值的计算。

①节点 i 的最早开始时间 ES_i 。

$$\begin{cases} ES_1 = 0 \\ ES_j = \max_{i,j \in p} \{ ES_i + D_{ij} \} \end{cases}$$

其中, p 表示节点集合。

②节点的 j 最迟结束时间 LF_j 。

$$\begin{cases} LF_w = ES_w \\ LF_i = \min_{i,j \in p} \{ LF_j - D_{ij} \} \end{cases}$$

其中, p 表示节点集合。

3) 工序的时间参数期望值的计算。

工序 (i, j) 的最早开始时间 ES_{ij} 、最早结束时间 EF_{ij} 、最迟开始时间 LS_{ij} 、最迟结束时间 LF_{ij} 的计算方法如下:

$$ES_{ij} = \max_{(h,i) \in p_{ij}} \{ ES_{hi} + D_{hi} \};$$

$$EF_{ij} = ES_{ij} + D_{ij};$$

$$LS_{ij} = \min_{(j,k) \in s_{ij}} \{ LS_{jk} - D_{ij} \};$$

$$LF_{ij} = LS_{ij} + D_{ij}.$$

式中, p_{ij} 表示工序 (i, j) 的紧前工序集合, s_{ij} 表示工序 (i, j) 的紧后工序集合。

4) 机动时间参数期望值的计算。

①总时差 $TF_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij};$

②后单时差 $FF_{ij}^A = ES_{jk} - EF_{ij} = ES_j - ES_i - D_{ij};$

③前单时差 $FF_{ij}^B = LS_{ij} - LF_{ki} = LF_j - LF_i - D_{ij}.$

5) 前主链、后主链和特征路线^[8-9]。

将任意节点 (i) 与源点 (1) 之间后单时差为 0 的工序组成的路线称为 (i) 的前主链, 记为 μ^* ; 将任意节点 (i) 与汇点 (w) 之间前单时差为 0 的工序组成的路线称为 (i) 的后主链, 记为 $\mu^{\oplus}$; 将工序 (i, j) 与其开始节点 (i) 的前主链 μ^* 、结束节点 (j) 的后主链 $\mu^{\oplus}$ 组成的路线称为 (i, j) 的特征路线, 记作 μ_{ij}^{∇} , 即 $\mu_{ij}^{\nabla} = \mu^* + (i, j) + \mu^{\oplus}$ 。

1.2 基本定理^[8-9]

1) 前主链定理。

任意节点与源点之间的最长线段的路长, 等于该节点的开始时间, 这条最长路线段即是该节点的前主链。

2) 后主链定理。

任意节点与汇点之间的最长路线段的路长, 等于关键路线路长减去该节点结束时间的差, 这条最长路线段就是该节点的后主链。

3) 总时差定理。

通过任意工序的路长最大的路线与关键路线的路长之差等于该工序的总时差, 这条路长最大的路线就是通过该工序的特征路线。

2 非关键工序对其特征路线的敏感性分析

经典 PERT 网络分析中, 通过利用各工作均值的方法, 把不确定型网络转化为确定型网络, 再用关键线路法找出固定的关键线路, 认为非关键线路转化为关键线路的概率可以忽略不计。而实际上, 如果非关键线路的方差较大或非关键线路与关键线路的持续时间很接近时, 往往会有很大的概率使工程实际工期超过关键线路的工期。虽然它们与关键路线相比, 其期望工期较短, 但是风险仍然存在。因此在对项目进度计划进行敏感性分析时, 不仅要考虑到工序的变化对整个项目工期的影响, 而且还要关注工序的变化对其所在路线的影响。在实际工程中, 由于施工过程的复杂和工期的不确定性, 若某工序的变化导致其所在路线变成关键路线的概率增大, 说明风险增加, 在实际工程管理过程中也是不可忽视的。例如, 路线 1 成为关键路线的概率是 10%, 当路线 1 上的某工序发生变化时, 路线 1 成为关键路线的概率变成了 20%, 则说明该路线的超期风险增大, 决策者应该对其多加关注, 并采取相应的控制措施, 防止风险进一步增大而引起项目工期拖延。

由于特征路线是经过某工序的最长路线, 因此当任一非关键工序发生变化时, 受影响最大的就是经过该工序的特征路线, 应首先研究该路线的敏感

性。

设某非关键工序 (i, j) 的工期期望为 D_{ij} , 方差为 σ_{ij}^2 , 其特征路线为 μ_{ij}^∇ , 该路线超过关键路线的概率为 $P_r = P\{t \geq D_{ij}^\nabla\} = 1 - \Phi(\frac{D_{ij}^\nabla - D_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$, 由总时差定理 $D_{ij}^\nabla - D_{ij} = TF_{ij}$, 则可得 $P_r = 1 - \Phi(\frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$ 。设工序 (i, j) 工期期望的变化量为 ΔD_{ij} , 方差的变化量为 $\Delta \sigma_{ij}^2$ 。则过工序 (i, j) 的特征路线 μ_{ij}^∇ 的工期期望变成 $D_{ij}'^\nabla = D_{ij}^\nabla + \Delta D_{ij}$, 方差变为 $\sigma_{ij}'^2 = \sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2$, 其超过关键路线概率变为:

$$P_r' = P\{t \geq D_{ij}'^\nabla\} = 1 - \Phi(\frac{D_{ij}'^\nabla - D_{ij}}{\sigma_{ij}'^\nabla}) = 1 - \Phi(\frac{D_{ij}^\nabla - (D_{ij}^\nabla + \Delta D_{ij})}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) = 1 - \Phi(\frac{D_{ij}^\nabla - D_{ij}^\nabla - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) = 1 - \Phi(\frac{-TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}})。$$

当 $P_r' < P_r$ 时, 变化后的路线的超期风险减小, 这对项目是有利的; 当 $P_r' = P_r$ 时, 变化后的路线的超期风险不变, 这对项目没有影响; 当 $P_r' > P_r$ 时, 变化后的路线超期风险增大, 这对项目是不利的, 应该重点关注, 并采取相应的控制措施防止项目延期。

下面分别就非关键工序 (i, j) 的期望和方差改变对其特征路线的敏感性做具体的分析。

1) 工序 (i, j) 的期望增大, 方差增大, 即 $\Delta D_{ij} > 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 > 0$ 时, $\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}} < \frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla}$, 由正态分布函数单调递增, $\Phi(\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) < \Phi(\frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$, 所以 $1 - \Phi(\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) > 1 - \Phi(\frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$, 即 $P_r' > P_r$, 风险增大。

同理, 我们可以得出:

2) 工序 (i, j) 的期望增大, 方差不变, 即 $\Delta D_{ij} > 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 = 0$ 时, $P_r' > P_r$, 风险增大。

3) 工序 (i, j) 的期望不变, 方差增大, 即 $\Delta D_{ij} = 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 > 0$ 时, $P_r' > P_r$, 风险增大。

4) 工序 (i, j) 的期望减小, 方差减小, 即 $\Delta D_{ij} < 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 < 0$ 时, $P_r' < P_r$, 风险减小。

5) 工序 (i, j) 的期望减小, 方差不变, 即 $\Delta D_{ij} < 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 = 0$ 时, $P_r' < P_r$, 风险减小。

6) 工序 (i, j) 的期望不变, 方差减小, 即 $\Delta D_{ij} = 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 < 0$ 时, $P_r' < P_r$, 风险减小。

上述六种情况可以直接判断出路线的风险变化, 而当工序 (i, j) 的期望和方差发生如下变化时——工序 (i, j) 的期望增大, 方差减小, 即 $\Delta D_{ij} > 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 < 0$ 时; 或工序 (i, j) 的期望减小, 方差增大, 即 $\Delta D_{ij} < 0$, 且 $\Delta \sigma_{ij}^2 > 0$ 时——非关键工序 (i, j) 的特征路线的超期风险可能增大, 也可能减小, 需要进行进一步的分析, 具体如下:

设 $\theta = \frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla}$, θ 可根据变化前的网络求出。

① 风险增大的情况。当 $\Delta D_{ij} > TF_{ij} - \theta \sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}$ 时, $P_r' > P_r$, 风险增大。

证明: 当 $\Delta D_{ij} > TF_{ij} - \theta \sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}$ 时, 因为 $\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2} > 0$, 所以 $\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}} < \theta$, 即 $\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}} < \frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla}$, 由正态分布的单调递增性, 所以 $\Phi(\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) < \Phi(\frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$, 从而 $1 - \Phi(\frac{TF_{ij} - \Delta D_{ij}}{\sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}}) > 1 - \Phi(\frac{TF_{ij}}{\sigma_{ij}^\nabla})$, 即 $P_r' > P_r$, 非关键路线超期风险增大。

同理可得出:

② 风险减小的情况。当 $\Delta D_{ij} < TF_{ij} - \theta \sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}$ 时, $P_r' < P_r$, 风险减小。

③ 风险不变的情况, 当 $\Delta D_{ij} = TF_{ij} - \theta \sqrt{\sigma_{ij}^2 + \Delta \sigma_{ij}^2}$ 时, $P_r' = P_r$, 风险不变。

3 案例分析

某工程项目的施工网络图如下图所示, 箭线上的数字分别表示工序工期的 a, m, b 值, 当工序 (2, 5) 发生如下变化时, 试分析该工序的敏感性: ① 工序 (2, 5) 的期望增加 1 天, 方差减少 8 天; ② 工序 (2, 5) 的期望减少 1 天, 方差增加 10 天。

解: 由图 1 可分别算得各工序的期望、方差、总时差及单时差, 如表 1 所示。

由表中总时差为 0 的工序相连, 可得到关键路线为:

(1) $\rightarrow$ (2) $\rightarrow$ (4) $\rightarrow$ (7) $\rightarrow$ (13) $\rightarrow$ (15) $\rightarrow$ (16) $\rightarrow$ (17)。

则关键路线的期望和方差分别为:

$$D_{\mu}^\nabla = \sum_{ij \in \mu} D_{ij} = 20 + 45 + 17 + 20 + 32 + 26 + 19 = 179;$$

$$\sigma_{\mu}^2 = \sum_{ij \in \mu} \sigma_{ij}^2 = 2.78 + 1 + 1 + 2.78 + 4 + 2.78 + 1.78 = 16.12。$$

寻找工序(2,5)的特征路线,根据特征路线定义 得 $\mu_{25}^{\nabla} = \mu^* + (2,5) + \mu^{\oplus}$ 。

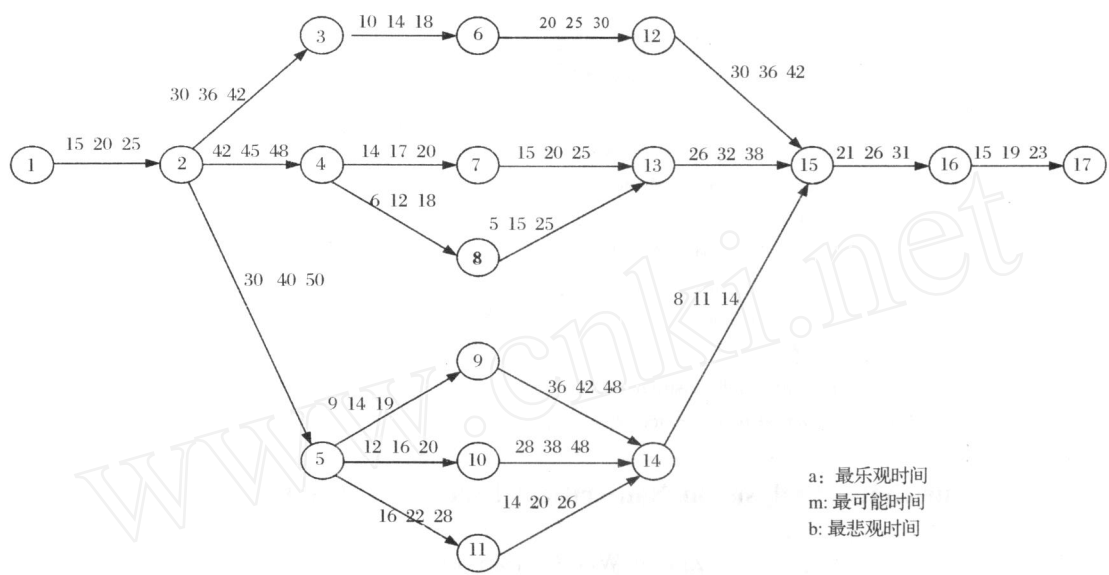


图 1 某工程施工网络图

表 1 图 1 中各工序持续时间、期望、方差、总时差及前单时差、后单时差

工序	持续时间			期望	方差	总时差	后单时差	前单时差
	a	m	b					
(1,2)	15	20	25	20	2.78	0	0	0
(2,3)	30	36	42	36	4	3	0	3
(2,4)	42	45	48	45	1	0	0	0
(2,5)	30	40	50	40	11.11	7	0	7
(3,6)	10	14	18	14	1.78	3	0	0
(4,7)	14	17	20	17	1	0	0	0
(4,8)	6	12	18	12	4	10	0	10
(5,9)	9	14	19	14	2.78	7	0	0
(5,10)	12	16	20	16	1.78	9	0	2
(5,11)	16	22	28	22	4	21	0	14
(6,12)	20	25	30	25	2.78	3	0	0
(7,13)	15	20	25	20	2.78	0	0	0
(8,13)	5	15	25	15	11.11	10	10	0
(9,14)	36	42	48	42	4	7	0	0
(10,14)	28	38	48	38	11.11	9	2	0
(11,14)	14	20	26	20	4	21	14	0
(12,15)	30	36	42	36	4	3	3	0
(13,15)	26	32	38	32	4	0	0	0
(14,15)	8	11	14	11	1	7	7	0
(15,16)	21	26	31	26	2.78	0	0	0
(16,17)	15	19	23	19	1.78	0	0	0

根据前主链、后主链定义,寻找节点(2)的前主链,即节点(2)与源点之间后单时差为 0 的工序相连成的路线段,得 $\mu^* = (1) \rightarrow (2)$; 寻找节点(5)的后主链,即节点(5)与汇点之间前单时差为 0 的工序相连成的路线段,得 $\mu^{\oplus} = (5) \rightarrow (9) \rightarrow (14) \rightarrow (15) \rightarrow (16) \rightarrow (17)$, 则工序(2,5)的特征路线为 $\mu_{25}^{\nabla} = (1) \rightarrow (2) \rightarrow (5) \rightarrow (9) \rightarrow (14) \rightarrow (15) \rightarrow (16) \rightarrow$

(17), 其路线期望和方差分别为:

$$D\mu_{25}^{\nabla} = \sum_{ij \in P_{25}^{\nabla}} D_{ij} = 20 + 40 + 14 + 42 + 11 + 26 + 19 = 172;$$
$$\sigma_{25}^{\nabla^2} = \sum_{ij \in P_{25}^{\nabla}} \sigma_{ij}^2 = 2.78 + 11.11 + 2.78 + 4 + 1 + 2.78 + 1.78 = 26.23。$$

由上节分析得出的结论, $\theta = \frac{TF_{25}}{\sigma_{25}^{\nabla}} = \frac{7}{\sqrt{26.23}} = 1.37。$

当 $\Delta D_{25} > 7 - 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2}$ 时,路线风险增大;当 $\Delta D_{25} = 7 - 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2}$ 时,路线风险不变;当 $\Delta D_{25} < 7 - 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2}$ 时,路线风险减小。

所以,由题目中已知条件可得:

1) 工序(2,5)的期望增加 1 天,方差减少 8 天,即 $\Delta D_{25} = 1, \Delta \sigma_{25}^2 = -8$ 时, $\Delta D_{25} - 7 + 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2} = 1 - 7 + 1.37 \sqrt{26.23 - 8} = -0.15 < 0$, 即 $\Delta D_{25} < 7 - 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2}$, 说明虽然路线路长增加,但是超期风险反而减小,对项目工程是有利的。

2) 工序(2,5)的期望减少 1 天,方差增加 10 天,即 $\Delta D_{25} = -1, \Delta \sigma_{25}^2 = 10$ 时, $\Delta D_{25} - 7 + 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2} = -1 - 7 + 1.37 \sqrt{26.23 + 10} = 0.25 > 0$, 即 $\Delta D_{25} > 7 - 1.37 \sqrt{26.23 + \Delta \sigma_{25}^2}$, 可以看出虽然路长缩短,但是由于方差的增大,路线的风险反而增大,管理者应对该变化引起足够的重视,采

取有效措施加以控制。

参考文献

- [1] VAN SL YKE R M. Monte carlo methods and the PERT problem[J]. Operation Research,1963,11:839-860.
- [2] CHO J G, YUM B J. An uncertainty in importance measure of activities in PERT networks[J]. International Journal of Production Research,1997,35:2737-2770.
- [3] ELMAGHRABY S E, FATHI Y, TANER M R. On the sensitivity of project variability to activity mean duration [J]. International Journal Production Economics,1999,62:219-232.
- [4] SALAH E. Elmaghraby. On criticality and sensitivity in activity networks[J]. European Journal of Operation Re-

search, 2000,127:220-238.

- [5] CHO J G, YUM B J. Functional estimation of activity criticality indices and sensitivity analysis of expected project completion time[J]. Journal of Operational Research Society,2004,55:850-859.
- [6] BOWMAN R A. Efficient sensitivity analysis of PERT network performance measures to significant changes in activity time parameters[J]. Journal of Operational Research Society,2007,58:1354-1360.
- [7] 乞建勋. 网络计划优化新理论与技术经济决策[M]. 北京:科学出版社,1997:10-15.
- [8] 乞建勋,张立辉,李星梅. 网络计划管理中的机动时间特性理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2009.

Sensitivity Analysis on Non-critical Process in PERT Network

Zhang Wei, Qi Jianxun

(Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: This paper studies the sensitivity of non-critical process in program evaluation and review technique (PERT) network. Firstly, it introduces the basic concepts and theorems of PERT network, then studies the sensitivity of non-critical process by the principle and approach of probabilistic analysis. Finally, it uses an application example to illustrate.

Key words: PERT network; non-critical process; sensitivity analysis; characteristic path

(上接第65页)

- [12] DEANGELO H, DEANGELO L, SKINNER D. Dividends and losses[J]. Journal of Finance,1992,47:1837-1863.
- [13] JENKINS D S. The transitory nature of negative earnings and the implications for earnings prediction and stock valuation[J]. Review of Quantitative Finance & Accounting,2003(12):379-404.
- [14] SKINNER D. What do dividends tell us about earnings quality? [Z]. University of Michigan Business School, Working paper,2003.
- [15] JOOS P, PLESKO G A. Valuing loss firms[J]. The Accounting Review,2005,80:847-870.

- [16] HEAL Y P, PALEPU K. Earnings information conveyed by dividend initiations and omissions[J]. Journal of Financial Economics,1988,21:149-175.
- [17] 胡旭阳,吴秋瑾. 股权属性、公司治理机制与股票价值——来自中国IPOs市场的经验证据[J]. 管理世界,2004(5):140-142.
- [18] 朱筠笙. 买壳上市、接管威胁与上市公司亏损[J]. 中国社会科学院研究生报,2001(1):54-60.
- [19] BAE K, KANG J, KIM J. Tunneling or value added? Evidence from mergers by Korean business groups[J]. The Journal of Finance,2002,57:2695-2740.

Research on Recognition Model of Loss Reversal of Listed Company Based on Logistic Regression

Du Yong^{1,2}, Liu Xing¹

(1. Economics and Management School, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Economics and Management School, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: In order to establish a rational and effective loss reversed recognition model of listed company, this paper chooses 18 selected independent variables from the four factors including the loss of state history, the company's financial situation, dividends paid and investors expected, and uses the method of Gradual return in Logistic process to choose the seven independent variables affecting significantly the dependent variable. Then it makes the 127 loss listed companies in 2005 as samples, and tests the loss reversal sample group (88) and the non-reversal samples (39) group in Logistic regression, and establishes the ultimate recognition model of loss reversal based on Logistic regression for the listed company. Through the final judgment, it finds that this model to identify loss reversal in the second year after the loss have a high forecast accuracy.

Key words: loss reversal; investor's expectancy; Logistic regression; recognition model; listed company