“Prémios (bónus e penalizações) na contratação de serviços”

Rui Assis

Engenheiro Mecânico IST

Junho/2004

Resumo

Cada vez mais as empresas desinvestem em meios próprios de manutenção dos seus equipamentos e instalações e recorrem à contratação de serviços por parte de empresas especializadas nesta actividade. Muitos contratos prevêem bónus e penalizações no caso de estas empresas prestadoras de serviços de manutenção anteciparem ou ultrapassarem, respectivamente, os prazos de entrega a que se propuseram. Nestas circunstâncias, torna-se fundamental o domínio das técnicas de fiabilidade e de manutenibilidade, as quais têm como suporte a estatística e o cálculo de probabilidades. Descrevem-se dois casos ilustrativos de como quantificar o risco.

Exemplo 1

Um contrato de manutenção de um determinado equipamento por um período de 1 ano encontra-se em fase de negociação. Este equipamento é crítico no normal fluxo de produção e a empresa contratante pretende ver garantida uma disponibilidade intrínseca mínima de 98,8% (equivalente a 2 horas perdidas com manutenção correctiva num mês de 21 dias x 8 horas/dia).

Do cadastro disponível do equipamento, colhemos os dados sobre horas de reparação referentes aos diversos modos de falha que se encontram descritos no próximo quadro.

Depois de termos apreciado a forma como estas reparações são realizadas, concluímos que os procedimentos são correctos e que dificilmente conseguiremos fazer melhor no curto prazo. Admitimos, no entanto, que após algum tempo de experiência e estudo, poderemos reduzir aquele tempo. Mas, para já, aqueles tempos são os únicos dados existentes sobre os quais nos podemos apoiar.

Quadro – Tempos observados

Observações	**Tempo de reparação** (horas/mês)	**Observações**	**Tempo de reparação** (horas/mês)
1	1,7	11	2,3
2	2,0	12	2,0
3	1,7	13	1,7
4	2,9	14	2,0
5	2,2	15	2,1
6	2,0	16	1,8
7	1,1	17	1,9
8	1,9	18	2,4
9	2,0	19	1,6
10	2,6	20	1,3

A empresa contratante pretende impor uma penalização de 5.000 € por cada hora perdida (apuradas mensalmente) para além do limite máximo daquelas 2 horas/mês. Teremos assim de considerar uma provisão no nosso orçamento de forma a fazer frente a esta eventualidade. E a questão coloca-se: Qual deverá ser o seu valor?

Resolução

Começamos por tratar aqueles 20 dados em frequência. Se elegermos 6 intervalos de classe, cada um com uma amplitude 0,3 horas, obtemos o próximo quadro.

Quadro – Tratamento em frequência dos dados

Lim. inferior intervalo	Lim. superior intervalo	*f(i)*	*f(i)%*	*F(i)%*
1,1	1,4	2	10	10
1,5	1,7	4	20	30
1,8	2,0	8	40	70
2,1	2,3	3	15	85
2,4	2,6	2	10	95
2,7	2,9	1	5	100

Seguidamente, calculamos o tempo médio mensal superior ao limite de 2 horas perdidas/mês.

[(2,1 + 2,3)/2 – 2,0] x 0,15 + [(2,4 + 2,6)/2 – 2,0] x 0,10 + [(2,7 + 2,9)/2 – 2,0] x 0,05 = 0,12 horas/mês

Notar que, se considerássemos os dados insuficientes e pretendêssemos uma maior precisão de cálculo, poderíamos seleccionar uma distribuição teórica que melhor aderisse àqueles dados através de um método estatístico (por exemplo, Qui-quadrado ou *Kolmogorov-Smirnov*) e proceder depois de modo semelhante ao descrito atrás.

Se nada se alterar, é de esperar que o futuro próximo se comporte como o passado recente, pelo que aquelas frequências se convertem em probabilidades. Em consequência, multiplicando aquelas 0,12 horas/mês pelo período do contrato (1 ano de 12 meses) e pelo valor da multa, obtém-se o valor esperado da multa (ou risco):

0,12 horas/mês x 12 meses x 5.000 €/hora = 7.200 €

Este será o valor da provisão que devemos incluir no nosso orçamento para este cliente.

Para decidirmos quanto propor ao cliente, pensemos no caso de uma Companhia de Seguros com um valor segurado em apólices de 1 B€ num determinado ramo de sinistros. Para fazer frente ao acaso das indemnizações, a seguradora cria uma provisão que resulta do produto da probabilidade de se verificar cada sinistro previsto em cada apólice, pelo valor segurado nessa mesma apólice. É nesta base que a seguradora calcula depois o valor do prémio a cobrar por cada apólice. Obviamente que o somatório de todos aqueles produtos é muito menor do que o total de 1 B€ dos valores segurados, pois só uma parte do risco segurado resultará alguma vez em sinistros durante o período de validade dos contratos. Este somatório (dos produtos das probabilidades de cada sinistro pelo respectivo valor segurado) é o risco assumido pela seguradora. O prémio cobrado por cada apólice contribui assim para a recomposição permanente daquele capital que vai sendo dispendido no pagamento de indemnizações.

Transpondo para o presente caso; se a nossa empresa prestadora de serviços de manutenção, possuir vários contratos com vários clientes nas mesmas circunstâncias, é razoável que tente “cobrar” a cada cliente um “prémio” que compense a eventualidade de ter de lhe vir a pagar uma indemnização (multa). Constituirá assim uma provisão financeira para fazer frente à eventualidade das multas. Se aceitarmos este princípio, então, podemos propor um preço global de:

Preço a propor = (1 + Margem) x Valor orçamentado + Provisão

O valor da provisão pode também ser encarado como o equivalente ao prémio que a empresa teria de pagar se segurasse o risco de ter de suportar a multa. A nossa empresa pode assim fazer reflectir este custo (tangível neste último caso ou intangível no caso anterior) na sua proposta, e fazer todo o possível para reduzir (ou eliminar) aquele risco até ao início do próximo contrato.

Obviamente que o cálculo anterior não fará qualquer sentido (na perspectiva estatística), se a situação de um contrato prevendo a eventualidade de uma multa surgir episodicamente (lei dos grandes números).

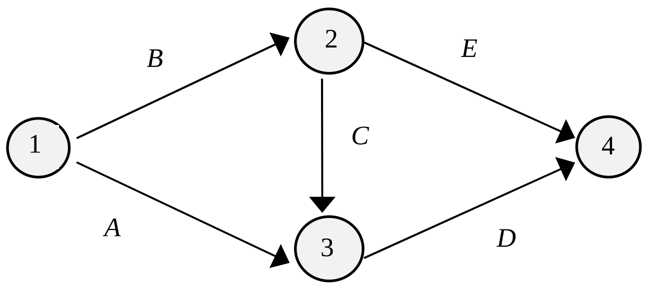
Exemplo 2

Uma empresa prestadora de serviços de manutenção tem entre mãos uma empreitada de grande responsabilidade e está preocupada com a data do seu fim. A duração previsional de cada grande actividade a desenvolver é incerta e pode ser descrita por uma distribuição de probabilidade (aproximada) *Beta*, cujos parâmetros (em dias) se descrevem no quadro abaixo. Neste quadro podem ver-se ainda todas as relações de precedência.

Quadro – Durações das actividades e relações de precedência

Actividades	***A***	***B***	***C***	***D***	***E***
Duração optimista (D_o)	15	20	10	25	30
Duração + provável (D_m)	40	25	25	35	50
Duração pessimista (D_P)	50	40	45	50	80
Actividades precedentes	-	-	B	A, C	B

A figura seguinte mostra a rede de actividades e as suas inter-relações.



A empresa cliente pretende ver garantido o prazo de 89 dias, tendo fixado o “pacote” de prémios descrito no próximo quadro (o bónus mantém-se constante aquém de 85 dias e a multa mantém-se constante além de 95 dias).

Supondo que as actividades são independentes entre si e que a duração do caminho crítico pode ser descrito por uma distribuição de probabilidade *Normal* (teorema do limite central), responda às questões:

Quadro – Pacote de prémios

Data de entrega	**Bónus e multas** (€)
85	40.000
86	30.000
87	20.000
88	10.000
89	0
90	-20.000
91	-30.000
92	-40.000
93	-50.000
94	-60.000
95	-70.000

a) Qual o valor esperado do prémio?
b) Suponha que é possível diminuir a incerteza da duração da actividade *B* (Duração pessimista = Duração + provável = 25 dias) gastando 5.000 € e também a da actividade *D* (Duração pessimista = Duração + provável = 35 dias) gastando 3.000 €. Qual das alternativas é a mais económica? Encurtar só *B*? Encurtar só *D*? Ou encurtar *B* e *D*?

Resolução

a)
Realizando os cálculos, obtemos:

Quadro – Durações esperadas e variâncias

Actividades:	***A***	***B***	***C***	***D***	***E***
Duração esperada (D_i) =	37,50	26,67	25,83	35,83	51,67
Variância (ν_i) =	34,03	11,11	34,03	17,36	69,44

No quadro anterior, as duas últimas linhas foram calculadas pelas expressões: $D_i = (D_o + 4.D_m + D_p)/6$ e $\nu_i = [(D_p - D_o)/6]^2$.

Quadro – Durações e variâncias dos caminhos

Caminhos possíveis:	***A + D***	***B + E***	***B + C + D***
Duração caminhos (D_c) =	73,33	78,33	88,33
Variância dos caminhos (ν_c)=	51,39	80,56	62,50

No quadro anterior, as duas últimas linhas foram calculadas pelas expressões: $D_c = \sum D_j$ e $\sigma_c = \sqrt{\sum \nu_j}$, em que *j* representa cada uma das actividades sobre cada um dos três caminhos ao longo da rede.

E os parâmetros da empreitada resultam os seguintes:

Duração D_p (caminho mais longo) = 88,333 ≅ 88 dias

Desvio-padrão $\sigma_p = \sqrt{62{,}5} = 7{,}9$ dias

Calculamos depois (de preferência no EXCEL):

- A probabilidade de a empreitada durar 85 dias ou menos – circunstância na qual o prémio permanece constante e igual a 40.000 € (primeira linha do próximo quadro);
- As probabilidades de a empreitada durar exactamente 86, 87, ... 94 dias – circunstância na qual o prémio vai variando entre +30.000 e -60.000 € (segunda linha até à penúltima linha do quadro adiante);
- A probabilidade de a empreitada durar 95 dias ou mais – circunstância na qual o prémio permanece constante e igual a -70.000 € (última linha do quadro seguinte).

Quadro – Valores esperados do prémio

Durações alternativas D_l	**Prémios** (€) (1)	$P(D_p \leq D_l)$ (2)	$P(D_p \leq; =; \geq D_l)$ (3)	**Valor esperado parcial** (4)
≤ 85	40.000	0,352067	0,352067	14.083
= 86	30.000	0,400071	0,048004	1.440
= 87	20.000	0,449635	0,049565	991
= 88	10.000	0,500000	0,050365	504
= 89	0	0,550365	0,050365	0
= 90	-20.000	0,599929	0,049565	-991
= 91	-30.000	0,647933	0,048004	-1.440
= 92	-40.000	0,693687	0,045754	-1.830
= 93	-50.000	0,736604	0,042917	-2.146
= 94	-60.000	0,776221	0,039617	-2.377
≥ 95	-70.000	0,812212	0,223779	-15.665

A coluna (2) foi calculada da seguinte forma:

Linha 2: $P(D_p \leq 85)$ = NORMDIST(85; 88; 7,9; 1) = 0,352067
Linha 3: $P(D_p \leq 86)$ = NORMDIST(86; 88; 7,9; 1) = 0,400071
...
Linha 12: $P(D_p \leq 95)$ = NORMDIST(95; 88; 7,9; 1) = 0,812212

A coluna (3) foi calculada da seguinte forma:

Linha 2 (igual ao resultado da coluna (2)): = 0,352067
Linha 3: $P(D_p = 86) = P(D_p \leq 86) - P(D_p \leq 85)$ = 0,400071 – 0,352067 = 0,048004
Linha 4: $P(D_p = 87) = P(D_p \leq 87) - P(D_p \leq 86)$ = 0,449635 – 0,400071 = 0,049565
...
Linha 12: $P(D_p \geq 95)$ = 1 – NORMDIST(94; 88; 7,9) = 1 – 0,776221 = 0,223779

A coluna (4) foi calculada, multiplicando simplesmente as colunas (1) e (3) linha a linha. O total desta coluna fornece, finalmente, o valor esperado do esquema de prémios, ou seja: $\bar{V}$ = -7.431 €. O resultado, sendo negativo, significa que a empreitada "pende" mais para o lado das multas que para o dos bónus.

b)
Pelo facto de o resultado obtido na alínea anterior ser negativo, justifica-se tentar o encurtamento da duração esperada da empreitada: Ensaiemos então as três alternativas,

repetindo para cada uma delas os cálculos anteriores (colunas (2), (3) e (4) do Quadro 5.15), os quais por serem extensos, recomendam a utilização do EXCEL. Vejamos:

Diminuir a incerteza da duração da actividade *B* (Duração pessimista = Duração + provável = 25 dias) gastando 5.000 €

Obtemos: D_p = 86 dias; σ_p = 7,2 dias e $\overline{V}$ = 3.985 – 5.000 = -1.015 €

Como o resultado é ainda negativo, esta alternativa não serve.

Diminuir a incerteza da duração da actividade *D* (Duração pessimista = Duração + provável = 35 dias) gastando 3.000 €

Obtemos: D_p = 86 dias; σ_p = 6,9 dias e $\overline{V}$ = 4.643 – 3.000 = +1.643 €

Como o resultado é positivo, esta alternativa já serve. Mas, talvez que a alternativa 3 seja melhor. Confirmemos:

Diminuir a incerteza da duração das actividades *B* e *D* gastando 5.000 + 3.000 = 8.000 €

Obtemos: D_p = 83 dias; σ_p = 6,1 dias e $\overline{V}$ = 21.528 – 5.000 – 3.000 = +13.528 €

Como este último resultado é positivo e superior aos proporcionados pelas duas outras alternativas, devemos optar pela alternativa 3.

Rui Assis
rassis@rassis.com
http://www.rassis.com
Junho/04