



Prática Recomendada nº 66R-11 da AACE International

ESCOLHA DE FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO EM MODELOS DE SIMULAÇÃO DE RISCOS DE CUSTOS E DE PRAZOS

Estrutura TCM: 7.6 – Gestão de Riscos

Revisado em 24 de agosto de 2012

Observação: Como as Práticas Recomendadas da AACE International evoluem ao longo do tempo, recomendamos a consulta ao site www.aacei.org para obter as versões mais recentes.

Aviso: Essa é uma versão traduzida da Recommended Practice da AACE International e pode, portanto, conter variações de interpretação. Para correto entendimento do conteúdo aqui descrito, é imperativa a leitura da Recommended Practice no idioma original.

Colaboradores:

Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.

Bruce E. Reynolds (Autor)
Ricardo Accioly
James E. Arrow
Paul Bradley
Christopher P. Caddell, PE CCE
Dr. Ovidiu Cretu, PE
Michael W. Curran

Abhijnan Datta, CCE
Larry R. Dysert, CCC CEP
Dennis R. Hanks, PE CCE
John K. Hollmann, PE CCE CEP
Feng Jin
Matthew Schoenhardt
Robert F. Wells, CEP

Prática Recomendada nº 66R-11 da AACE[®] International



ESCOLHA DE FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO EM MODELOS DE SIMULAÇÃO DE RISCOS DE CUSTOS E DE PRAZOS

Estrutura TCM: 7.6 – Gestão de Riscos

INTRODUÇÃO

Escopo

Esta prática recomendada (PR) da AACE International fornece orientação para a escolha de funções de distribuição de probabilidade (PDFs, conforme a sigla em inglês) para utilização em modelos de simulação de decisões probabilísticas e de gestão de riscos (DRM, na sigla em inglês) no âmbito da engenharia de custos e da metodologia do Total Cost Management (TCM)^[1]. Tais modelos de DRM são usados para analisar os custos dos ativos e do projeto, prazo, rentabilidade e medidas similares no que diz respeito aos riscos. A definição do termo “risco” está plenamente estabelecida em outro documento^[2], mas esta PR utiliza a palavra para abordar tanto ameaças quanto oportunidades.

Finalidade

Esta PR descreverá as características básicas das PDFs normalmente usadas e definirá as vantagens e desvantagens de seu uso na modelagem probabilística típica. Este documento visa fornecer informações práticas para profissionais que não sejam da área de estatística e que estejam aplicando ferramentas de análise de risco como a simulação de Monte Carlo. Nessa área de prática, os dados de entrada são geralmente subjetivos; eles são baseados na amostragem de dados sobre uma população ou sobre uma análise estatística de dados empíricos. Nesse contexto, a presente PR não aborda o tema de ajuste de curvas ou de análise estatística de dados empíricos tais como regressão linear. Os objetivos desta PR são auxiliar os usuários a encontrar PDFs: a) com uma suposta adequação de ajuste às opiniões e percepções dos participantes dos exercícios de análises de riscos; e b) que sejam razoavelmente simples de ser aplicados, compreendidos e comunicados. A PR não aborda métodos para provocar tais opiniões e percepções.

Contexto

A descrição de PDFs sempre esteve presente no campo da estatística inferencial, apesar de ser parcialmente ofuscada por ela. Esperamos que este documento forneça alguns esclarecimentos práticos.

Para esta PR, as PDFs podem ser classificadas em uma série de formas que ajudarão o usuário em sua seleção:

- Em primeiro lugar, esta PR inclui apenas aquelas PDFs que podem ser atribuídas usando opiniões subjetivas de participantes de análises de riscos e outros especialistas no tema. Aplicações típicas são fornecidas para sua informação. Depois, as distribuições podem ser discretas ou contínuas. Ao modelar variáveis discretas, (por exemplo, se um impacto de risco irá aumentar o número de bombas de cárter, ela pode ter 1 ou 2 bombas,

mas não 1,67), a distribuição discreta deve ser utilizada. Tempo e custos devem ser contínuos ou variáveis discretas. Por exemplo, dependendo do evento ou condição de risco, seu impacto de custo pode ser qualquer valor dentro de uma faixa contínua ou pode ter apenas poucos valores discretos possíveis.

- As distribuições também podem ser limitadas ou não limitadas. No caso da distribuição limitada, um valor mínimo ou máximo pode ser especificado para o qual existe uma probabilidade de 0% ou 100% (por exemplo, como em PDFs triangulares ou uniformes). Já em uma distribuição não limitada, o valor mínimo ou máximo pode ser infinito (por exemplo, como nas PDFs de distribuição normal ou no lado superior de PDFs de distribuição lognormal). Como as variáveis de tempo e custos geralmente são limitadas, a escolha de PDFs não limitadas requer cuidado especial na interpretação dos extremos dos resultados dos modelos (por exemplo, durações de cronograma em um cronograma CPM não podem apresentar valores negativos).

Parâmetros

As PDFs precisam de parâmetros para defini-las e descrevê-las. A função de probabilidade, aliada a seus parâmetros, determina as probabilidades para cada valor de entrada de modelo que está sendo considerado. Dependendo da PDF usada, os parâmetros podem variar. Geralmente, os parâmetros usados nas PDFs práticas para análise de risco de custos e de prazo são os seguintes:

- Estimativa baixa: O valor mais baixo possível conforme percebido pela equipe (0% de probabilidade de qualquer valor ser inferior). Observe que o valor mais baixo pode ser menor do que a percepção da equipe.
- Estimativa alta: O valor mais alto possível conforme percebido pela equipe (100% de probabilidade de qualquer valor ser igual ou inferior a ele). Observe que o viés de “otimismo” é comum; ou seja, o valor mais alto, incluindo valores discrepantes, podem ser mais elevados do que a percepção da equipe.
- Mais provável: Exatamente o mesmo que moda. É o ápice da curva e representa um valor que ocorre com mais frequência.
- Média: O momento central da distribuição. Esse valor também é conhecido como a média aritmética ou valor esperado. Em uma distribuição distorcida, a média é distinta e diferente do valor de P50. Essa é a única medida de tendência central na qual a soma dos desvios de cada valor da média é zero.
- Desvio padrão: Uma medida de dispersão de valores da média. A raiz quadrada da variância.

Os parâmetros de estimativa baixa, estimativa alta e mais provável são normalmente usados em distribuições triangulares e PERT (uma forma especial de distribuição Beta, às vezes chamada de Beta-PERT). Já uma distribuição Trigen contempla um viés otimista quando necessário.

Um importante desafio para a escolha de PDFs é que as regras claras e rigorosas estabelecidas nas definições acima (por exemplo, o valor mais alto tem 100% de chance de ser igual ou abaixo do estimado) são normalmente alteradas para considerações práticas. Por exemplo, para estimar a faixa e modelos de contingência de valor esperado^[2,3], a estimativa alta presumida excluiria resultados que abordam o absurdo (mas que ainda são possíveis) por nenhum outro motivo a não ser o fato de que a imaginação humana tem dificuldades para visualizar os extremos verdadeiros. Isso é feito de acordo com um dos princípios de modelos de risco que recomenda que eles sejam ajustados para o uso em um processo TCM^[4].

PRÁTICA RECOMENDADA

Escolha de PDF

Após uma pessoa ter apresentado as estimativas de base ou de ponto de um item de custo essencial, atividade, impacto de risco ou outra variável incerta no modelo, os usuários deverão escolher uma PDF a ser aplicada a cada variável. Outras fontes descrevem alguns desses modelos (bem como a seleção da PDF)^[5]. Para auxiliar a escolha, a Tabela 1 descreve as características básicas das PDFs usadas normalmente e define suas vantagens e desvantagens para a utilização em modelagem de custo, prazo e risco similar probabilísticos comuns.

Tradicionalmente, os usuários tendem a escolher a distribuição triangular porque é bem fácil estimar os valores baixo, mais provável e alto. Contudo, tal distribuição apresenta desvantagens potenciais significativas e o presente documento pretende ajudar os usuários a fazer escolhas mais conscientes.

Definição de Parâmetro

Um desafio comum na definição de parâmetro de PDF é que a estimativa de base ou de ponto de tempo ou custo (excluindo contingência ou outra provisão para risco) pode ser de qualquer valor em uma distribuição. Ela pode ser diferente da média, moda ou mediana; no entanto, é normal que as equipes ou analistas suponham que uma estimativa de ponto de um plano determinístico ou modelo de estimativa seja o valor mais provável (moda). Esta PR recomenda que a solidez de tal premissa seja examinada em cada variável de modelo incerto (ou seja, estimativas de base são geralmente influenciadas por provisões ocultas para riscos). Ou ainda, quando um impacto de risco é provocado, a pessoa que o provocou deve pedir o valor baixo, depois o valor alto e só então o valor mais provável. Isso amenizará a influência do viés de ancoragem.

Outro desafio na estimativa de valores de parâmetros baixos e altos é que as equipes geralmente são otimistas ou pessimistas em excesso; e/ou não têm experiência suficiente para conhecer a dimensão dos resultados bons e ruins. Analistas que realizam análises de risco e métodos de modelagem deverão se empenhar para obter estimativas realistas de tais parâmetros. A presente PR destaca as PDFs que podem atenuar ou agravar as tendenciosidades das equipes.

Nome da PDF	Características	Parâmetros	Aplicação Típica	Vantagens	Desvantagens
Discreta	Discreta e Limitada	Valores discretos com probabilidades atribuídas	Em variáveis que tenham apenas valores discretos	Bem conhecida e geralmente entendida. De fácil utilização	Estimativas de valores discretos podem ter algumas incertezas que não são capturadas
Uniforme (ou seja, Retangular)	Contínua e Limitada	Valor mais baixo possível e Valor mais alto possível	Em variáveis nas quais uma moda não ocorra e/ou a forma de distribuição seja desconhecida ou questionada	Bem conhecida e geralmente entendida. De fácil utilização, pode ser simples para que os usuários forneçam parâmetros	Pode sobrestimar a probabilidade de valores nos extremos se as probabilidades forem, de fato, menores em tais faixas
Triangular	Contínua e Limitada	Valor mais baixo possível, Valor mais provável e Valor mais alto possível	Amplamente usada quando um valor mais provável é claramente identificado, mas a forma de distribuição não é altamente distorcida	Bem conhecida e geralmente entendida. Pode ser simples para que os usuários forneçam parâmetros. Sua tendência central baixa pode contrabalançar os usuários que configuram faixas baixas/altas que são muito estreitas	Pode sobrestimar a probabilidade de valores no lado distorcido das faixas quando os usuários estabelecem valores extremamente baixos/altos, mas a distribuição real apresenta uma tendência central forte.
Trigen	Contínua e Limitada	Igual à Distribuição Triangular, exceto que o usuário define qual valor-p os valores baixo e alto representam	Igual à Distribuição Triangular, mas usado quando houver suspeita de viés de otimismo (faixa muito restrita) no <i>input</i> da equipe	Bem conhecida e geralmente entendida por analistas. Proporciona uma maneira simples de lidar com <i>inputs</i> de uma equipe com tendências para uma faixa muito estreita	Se os <i>inputs</i> da equipe não for, de fato, estreitamente tendenciosa, ela irá compor a sobreavaliação da probabilidade de valores no lado distorcido das faixas
Triangular Dupla	Contínua (mas com uma descontinuidade inerente de forma) e Limitada	Valor mais baixo possível, Valor mais provável e Valor mais alto possível	Usada quando um valor mais provável é claramente identificado e a forma de distribuição é altamente distorcida	Pode ser simples para que os usuários forneçam parâmetros. Permite que a estimativa seja usada como valor da moda com flexibilidade para ajustar sua probabilidade. Apresenta menos tendência do que a Triangular de colocar um excesso de peso na probabilidade de faixas laterais distorcidas.	Menos conhecida, pode ser difícil de criar e passar informações a respeito. Se a equipe demonstrar um viés de otimismo, o peso do lado distorcido será reduzido
Normal	Contínua e Não Limitada	Média e Desvio Padrão	Usada para descrever valores que tenham distribuições simétricas e disponham de alguma base empírica para definir parâmetros	Bem conhecida e geralmente entendida. Funciona bem com item em faixas não distorcidas	Dificuldade para os usuários expressarem objetivamente um desvio padrão. A maioria das estimativas de tempo e de custo são distorcidas. Sendo não limitada, pode resultar em valores negativos não apropriados na parte baixa.
Lognormal	Contínua e Limitada no lado inferior a zero.	Média e Desvio Padrão do logaritmo natural da variável	Usada para descrever valores que tenham distribuições assimétricas e disponham de alguma base empírica para definir parâmetros	Bem conhecida e geralmente entendida. Funciona bem com item em faixas distorcidas ou não distorcidas	Dificuldade para os usuários expressarem objetivamente um desvio padrão

PERT ou Beta-PERT	Contínua e Limitada	Valor mais baixo possível, Valor mais provável e Valor mais alto possível	Usada quando um valor mais provável é claramente identificado e a forma de distribuição é altamente distorcida	Pode ser simples para que os usuários forneçam parâmetros. Coloca menos peso sobre faixas distorcidas do que a Triangular	Menos conhecida. Se a equipe demonstrar um viés de otimismo, o peso do lado distorcido será reduzido
Personalizada	Varia	Valores e probabilidades	Utilizada principalmente em ajuste de curvas	Pode proporcionar um ajuste melhor caso os usuários tenham experiência ou dados empíricos suficientes para expressar ou definir diversos valores e suas probabilidades associadas	Exige mais experiência do usuário ou dados empíricos. Exige ferramentas estatísticas para criação ou ajuste a uma distribuição conhecida
Binomial	Discreta e Limitada	Representados pelos valores de 0 e 1 das probabilidades é que seja 1	Utilizada para representar a probabilidade de ocorrência de um evento de risco da forma sim/não	De fácil utilização para eventos de risco com probabilidade sim/não. Caso a probabilidade positiva for incerta, uma PDF pode ser integrada para aquele valor	De simples aplicação, trata a probabilidade de ocorrência como determinística
Cumulativa	Discreta e Limitada	Reproduz distribuições conhecidas que tenham sido contabilizadas como baixas, altas e uma série de valores discretos/pares de probabilidade	Pode ser usada com dados históricos ou quando a <i>output</i> de uma análise probabilística é usada como <i>input</i> para outra	Fornecer uma boa opção quando os dados estão disponíveis	Limitada em termos de uso: somente quando dados históricos ou de modelagem estiverem disponíveis

Tabela 1 – Comparação de Funções de Distribuição de Probabilidade (PDFs) Normalmente Utilizadas

REFERÊNCIAS

- Hollmann, John K. (Editor), *Total Cost Management Framework, An Integrated Approach to Portfolio, Program and Project Management*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
- AACE International Recommended Practice No. 10S-90 "Cost Engineering Terminology"*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
- AACE International Recommended Practice No. 41R-08 "Risk Analysis and Contingency Determination Using Range Estimating"*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
- AACE International Recommended Practice 44R-08 "Risk Analysis and Contingency Determination Using Expected Value"*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
- AACE International Recommended Practice No. 40R-08 "Contingency Estimating – General Principles"*, AACE International, Morgantown, WV (revisão mais recente).
- Uppal, Kul (editor), *AACE International's Professional Practice Guide to Contingency, 3ª Edição*, AACE International, Morgantown, WV, 2010.

COLABORADORES

Declaração de isenção de responsabilidade: As opiniões expressas na presente prática recomendada são dos autores e colaboradores e não refletem necessariamente as posições de seus empregadores, salvo disposição em contrário.

Bruce E. Reynolds (Autor)
Ricardo Accioly
James E. Arrow
Paul Bradley
Christopher P. Caddell, PE CCE
Dr. Ovidiu Cretu, PE
Michael W. Curran
Abhijnan Datta, CCE
Larry R. Dysert, CCC CEP
Dennis R. Hanks, PE CCE
John K. Hollmann, PE CCE CEP
Feng Jin
Matthew Schoenhardt
Robert F. Wells, CEP