

ANÁLISE DE RISCO ESTRUTURAL ATRAVÉS DE OTIMIZAÇÕES DE CUSTO E DE PROJETO BASEADO EM CONFIABILIDADE

Grupo de Mecânica Aplicada, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 Autor: Vitor Tomedi Poletto
 Orientador: Herbert Martins Gomes

INTRODUÇÃO:

Um sistema mecânico estrutural pode apresentar diversos modos de falha, dependendo dos tipos de carregamentos e solicitações as quais está sujeito e das condições de contorno que lhe são atribuídas. Cada caso apresenta uma probabilidade de falha diferente e um grau de confiança (índice de confiabilidade) inversamente proporcional atribuído à estrutura. Dessa forma, se relaciona a confiabilidade à análise de risco estrutural, sendo este definido como o produto entre a probabilidade de falha e o custo associado a esta falha. Então, fica explícito que a acurácia no estudo da confiabilidade pode influenciar de forma expressiva na otimização do risco estrutural.

Diversos métodos para análise de confiabilidade podem ser utilizados e entre eles estão a simulação de MonteCarlo e o *First-Order Reliability Method* (FORM). Ambos métodos apresentam vantagens e desvantagens quanto a robustez, eficiência, diversidade de aplicação e custo computacional, e portanto o constante aprimoramento dos códigos utilizados na implementação dos métodos nos casos estudados foi um dos grandes focos do trabalho.

METODOLOGIA:

A simulação de Monte Carlo é um método de simulação que usa uma geração de amostras aleatórias sobre o domínio do sistema seguindo uma distribuição de probabilidades pré-estabelecida, em busca da proporção estatística de casos de falha. Se caracteriza como um método de baixa eficiência devido ao alto custo numérico e robustez. Muitas vezes é tomado como parâmetro para comparação entre demais métodos.

First-Order Reliability Method (FORM) é um método mais sofisticado que usa um gradiente vetorial iterativo para determinar a menor distância até a função estado limite no espaço das variáveis aleatórias não correlacionadas. Se caracteriza como um método de boa eficiência pelo baixo custo numérico, mas com aplicabilidade limitada a casos lineares.

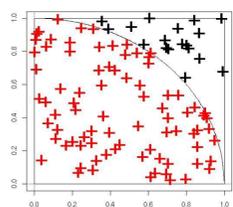


Figura 1. Exemplo hipotético da simulação de MonteCarlo

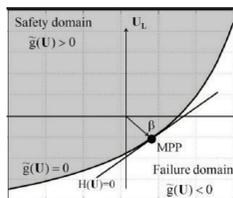


Figura 2. Representação visual da definição do método FORM

Já as otimizações de projeto estrutural baseados na confiabilidade, foram realizadas a partir do algoritmo metaheurístico *Particle Swarm Optimization* (PSO), definido como um método de otimização baseado no comportamento de enxames.

RESULTADOS:

A obtenção de resultados quanto ao estudo realizado foi baseada na utilização de artigos e teses previamente publicados sobre o assunto como referência para comparativos de valores, e para a implementação dos métodos numéricos utilizou-se o software *Matlab*®.

Para análises isoladas de confiabilidade de ambos os métodos de MonteCarlo e FORM, a fonte de exercícios mais utilizada foi o artigo *Análise de Confiabilidade Estrutural via Método SORM DG (Second Order Reliability Method by Differential Geometry)*. Alguns resultados para comparação são ilustrados abaixo:

	FORM (HL-RF)	Monte Carlo
i	0	-
β	3.500	-
pf	2.31×10^{-4}	-
pf2	-	1.30×10^{-4}
β^{EQ}	-	3.649
N	-	10^7
t	0.00	11.98

Figura 3. Resultados das análises de confiabilidade do autor do artigo

```
>> montecarlocilancel >> formcilancel
0 = mpfp =
```

	MonteCarlo	FORM
β	3.6512	3.5000
P_f	1.3050×10^{-4}	2.3263×10^{-4}

$k: 2$
 $x: [2 \times 1 \text{ double}]$
 $\beta: 3.5000$
 $Pf: 2.3263 \times 10^{-4}$
 $Pf: 1.3050 \times 10^{-4}$
 $CV: 0.0277$
 $\beta: 3.6512$

Figura 4. Resultados das análises de confiabilidade na implementação dos códigos deste trabalho

Para os comparativos de resultados das otimizações de projeto baseados na análise de risco, a maior fonte de exercícios foi a tese de mestrado intitulada *Otimização de risco estrutural baseada em confiabilidade* de Camila Cardozo Verzenhassi. Imagens dos resultados abaixo:

Método	λ_k ótimo	CET mínimo	β	P_{sistema}
Interpolação Quadrática	1,267	27,54	1,5962	0,05523
Regula Falsi	1,2643	27,54	1,5575	0,05968

Figura 5. Resultados das análises de risco da autora da tese

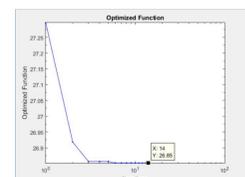


Figura 6. Resultados das análises de risco na implementação do método FORM

CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos para as análises isoladas de confiabilidade tanto para o método de MonteCarlo quanto para o FORM se mostraram altamente precisos e confiáveis uma vez que sempre apresentaram valores muito próximos àqueles encontrados em estudos anteriormente realizados. Quanto às avaliações de otimização de risco, a maioria dos casos também houve semelhança nos resultados propostos nos papers e, em alguns casos, foram encontrados valores ainda melhores do que o esperado, o que, de forma geral, determina que o objetivo do trabalho foi alcançado com sucesso.

Ainda assim, percebe-se que o quesito do risco baseado na confiabilidade já está atingindo patamares onde a otimização demanda cada vez mais pesquisa para melhorias nem sempre tão significantes, enquanto a exploração da outra vertente do risco estrutural (o custo) é ainda escassa. Isso deixa em aberto uma gama de oportunidades em pesquisas futuras no ramo para investimento na busca de dados mais reais e confiáveis.