



DETECÇÃO E LOCALIZAÇÃO DE FALHAS ESTRUTURAIS ATRAVÉS DE SÉRIES TEMPORAIS



Guilherme Satoshi Mori, Milton Dias Junior
(e-mail: guilhermori@gmail.com)

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
Laboratório de Dinâmica de Estruturas e Máquinas
CNPq

Palavras-Chave: Monitoramento de integridade estrutural, análise de séries temporais, acelerômetros

INTRODUÇÃO

O monitoramento de integridade estrutural utilizado neste trabalho é baseado em sinais de vibração, já que a presença de falhas altera as propriedades físicas e geométricas do sistema, resultando em variações na resposta dinâmica do mesmo. Este método envolve: a observação das respostas dinâmicas, a extração de indicadores sensíveis à falha a partir das medidas e a análise estatística dos indicadores para determinar a integridade estrutural do sistema.

METODOLOGIA

A estrutura utilizada tem 150cm de altura, 80cm de profundidade e 56cm de largura, e é apoiada sobre calços de borracha. As barras soldadas da estrutura são vazadas e têm perfil retangular de 30x50mm. Em suas faces há barras diagonais presas por parafusos. Os instrumentos utilizados na parte experimental foram: um motor WEG CFW08 desbalanceado, um Transformador/Varificador de voltagem, um Condicionador/Amplificador de sinais, 6 acelerômetros, uma placa de aquisição da National Instruments e o software MATLAB.

Para a solução de problemas de SHM (detecção e localização de falhas estruturais), este projeto se baseou na análise estatística de séries temporais de sinais de vibração. A partir de sinais obtidos de modelos temporais da estrutura saudável (condição de referência), foi realizada uma comparação estatística com dados filtrados pelo mesmo modelo em condição desconhecida, podendo ser com ou sem dano.

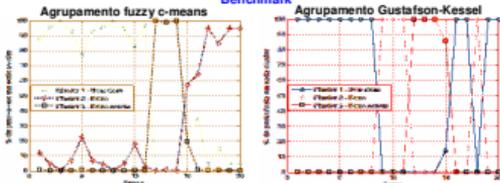
Foi utilizado o modelo linear AR-ARX, que é capaz de prever a relação entre sinais de entrada (excitação) e saída (respostas), em diversas condições, medidos na estrutura. O modelo AR-ARX é usado nos casos em que não se dispõe dos sinais de excitação da estrutura, mas apenas dos sinais de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

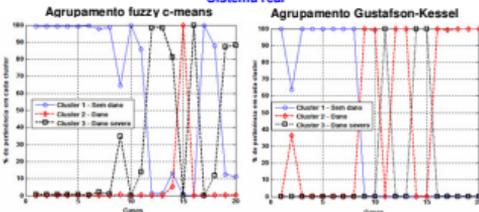
O método foi implementado utilizando os toolboxes de identificação de sistemas e estatística do MATLAB. Foram estudados dois sistemas: uma estrutura benchmark, a partir da qual foram geradas, através de simulações, respostas de vibração em diversos pontos da estrutura e um sistema real, instalado no Laboratório de Dinâmica de Estruturas e Máquinas (LDEM), o qual foi excitado pela força de desbalanceamento de um motor elétrico, provocando a vibração da estrutura.

Os seguintes casos foram assumidos na estrutura benchmark: 1. sem dano, 2. todos os braços do 1º andar removidos, 3. todos os braços do 1º e do 3º andar removidos, 4. um braço removido no 1º andar, 5. um braço removido no 1º e no 3º andar.

Benchmark



Sistema real



Em ambos sistemas, foram feitos os mesmos procedimentos: padronização dos sinais medidos, aplicação do processo de redução via PCA, definição da ordem do modelo AR, construção e comparação dos modelos ARX e análise estatística dos indicadores.



No caso do sistema real, a estrutura foi exposta às seguintes condições: 1. sem dano, 2. desaperto de uma volta em um parafuso, 3. desaperto de uma volta em dois parafusos, 4. desaperto de uma volta em três parafusos, 5. desaperto de uma volta em cinco parafusos, 6. desaperto de uma volta em oito parafusos, 7. desaperto de uma volta em doze parafusos e remoção de três barras diagonais, 8. desaperto de uma volta em doze parafusos e remoção de uma barra, 9. desaperto de uma volta em dez parafusos, 10. desaperto de uma volta em sete parafusos, 11. remoção de uma barra diagonal, 12. remoção de uma barra diagonal, 13. remoção de todas as barras diagonais.

CONCLUSÕES

O uso de diferentes modelos auto-regressivos envolvendo séries temporais já se encontra documentado na literatura, bem como os indicadores de dano extraídos destes modelos. Porém, devido à possibilidade de inúmeras combinações de métodos, não se tem uma solução clara para a classificação destes índices. Assim, este projeto abordou dois tipos de agrupamento: fuzzy c-means (FCM) e Gustafson-Kessel, que se mostraram, de certa forma, eficazes para problemas de detecção e localização de falhas estruturais usando séries temporais, que era o propósito deste trabalho. Levando-se em conta a presença de falso-negativo na estrutura benchmark, o agrupamento (FCM) classificou melhor os casos do que o agrupamento GK. Já no teste experimental, o agrupamento GK teve um melhor desempenho.