

ESTUDO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES ESTRUTURAIS PARA NOVOS MATERIAIS

Autor: Eduardo Lamb Lautert

Orientadora: Branca Freitas de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

INTRODUÇÃO

Em projetos de engenharia é desejável construir estruturas que respeitem os requisitos técnicos da aplicação, mas que também representem a configuração que utilize os recursos disponíveis da forma mais eficiente possível. O foco do estudo está em estruturas construídas com materiais compósitos, esses materiais são caracterizados pela união de dois ou mais materiais com características diferentes com o intuito de utilizar as melhores propriedades que cada material proporciona. O projeto utiliza algoritmos de otimização genéticos que baseiam-se nas características do processo de seleção natural, caracterizado pelos métodos de mutação, recombinação e seleção, para determinar o valor máximo ou mínimo de uma dada função matemática. Tais algoritmos não necessitam de informações sobre as derivadas da função analisada e por isso são capazes de lidar muito bem com funções de alta complexidade.

OBJETIVOS

O objetivo do projeto é a utilização conjunta de um programa de análise por elementos finitos e de algoritmos genéticos de otimização matemática para a otimização e, em especial, a análise dos efeitos do envelhecimento de estruturas constituídas por materiais compósitos. A otimização dessas estruturas pode ser modelada matematicamente através de um problema de maximização ou minimização de quantidades como peso, deslocamentos, tensões e deformações. A configuração ótima que proporciona tais máximos e mínimos é obtida manipulando-se variáveis de otimização como a espessura e a orientação das fibras que compõem o material.

METODOLOGIA

O projeto teve início pela familiarização com as funcionalidades do programa de análise por elementos finitos que se deseja utilizar por meio da realização de diversas análises de estruturas, algumas delas foram estudadas analiticamente para que pudesse ser traçado um paralelo entre os métodos numérico e analítico. Em seguida foi iniciado o estudo sobre os algoritmos genéticos de otimização, esses algoritmos determinam o máximo ou mínimo valor de uma função matemática da seguinte forma: 1) Valores para as variáveis de entrada da função em análise são gerados e a função é calculada para esses valores. 2) O algoritmo seleciona, por meio de critérios variados, os valores de variáveis que geraram as melhores saídas para a função. 3) Os valores selecionados são utilizados para gerar uma nova geração de variáveis e outros são alterados de forma aleatória, assim um novo conjunto de valores é construído, porém contendo as informações que apresentaram melhores resultados. 4) Os novos valores são utilizados para uma nova avaliação da função e o processo é iniciado novamente. A tendência é que, após várias gerações, a função passe a ter valores convergentes como saída, e que esses valores representem o valor ótimo da função. A Fig. (1) apresenta o fluxograma do funcionamento do algoritmo de otimização utilizado.



Figura 1. Fluxograma para o algoritmo de otimização.

A aplicação desse algoritmo foi feita a partir da utilização de códigos já existentes que implementam o funcionamento de um algoritmo genético de otimização, sendo que para cada estrutura que se deseja estudar é necessário realizar a modelagem matemática do problema de modo que a característica que se procura otimizar seja representada por uma função matemática. Como materiais compósitos apresentam uma quantidade muito significativa de propriedades que podem ser ajustadas - como número de lâminas em uma placa, a espessura das lâminas e orientação angular de fibras - e como vários cálculos para a determinação de características de uma estrutura - como deformação, momento de inércia e energia de deformação - envolvem manipulações de integrais e derivadas todo o processo de modelagem e implementação em linguagem de programação da função a ser analisada traduz-se em processo multidisciplinar.

RESULTADOS

Como resultado, de forma parcial, foi realizada a completa atualização da sintaxe da linguagem de programação utilizada no algoritmo em estudo, pois o código havia sido desenvolvido originalmente em uma versão anterior da linguagem. As funcionalidades mais importantes do programa de análise por elementos finitos foram assimiladas por meio da realização de análises estruturais diversas, incluindo o estudo de estruturas feitas de materiais compósitos. As características do algoritmo de otimização foram estudadas inicialmente por meio da realização de problemas focados em estruturas onde a melhor configuração já é conhecida, permitindo que o resultado gerado pelo algoritmo possa ser comparado. Em seguida, análises mais complexas foram feitas, onde o desempenho obtido pelo processo de otimização é comparado com um desempenho estrutural de referência gerado por um método alternativo de otimização. Esse método foi utilizado, por exemplo, para determinar os coeficientes de uma equação que descreve a variação do raio de um sólido de revolução. Tais coeficientes foram determinados com a condição de gerarem o sólido de revolução com a menor energia de deformação possível para a situação onde o sólido é engastado verticalmente, como apresentado na Fig. (2).

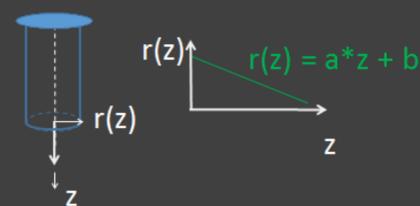


Figura 2. Representação do problema estudado, onde z e $r(z)$ são dados em metros.

Utilizando o algoritmo de otimização genético, por meio da modelagem matemática da função energia de deformação em função dos coeficientes da equação que define o raio do sólido, e a ferramenta de otimização de uma planilha de dados foi possível determinar os seguintes valores para os coeficientes da equação: $r(z) = -1,11x + 1,51$ com a utilização da planilha de dados e $r(z) = -1,00x + 1,39$ com a utilização do algoritmo genético. A representação gráfica dos resultados podem ser observados na Fig. (3). Tal resultado foi importante para a comprovação das funcionalidades do algoritmo, bem como para o entendimento sobre a influência no resultado de determinadas variáveis do algoritmo e para o desenvolvimento das competências relacionadas à modelagem matemática de análises estruturais.

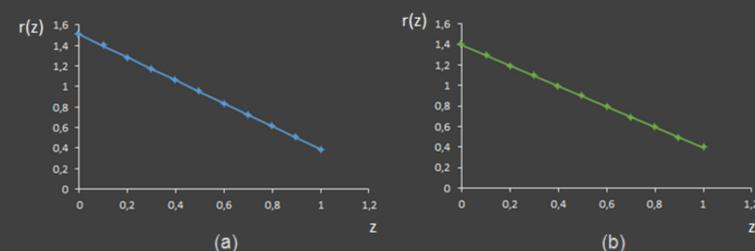


Figura 3. Representação gráfica para a solução encontrada para $r(z)$ por meio da (a) planilha de dados e do (b) algoritmo genético.

CONCLUSÕES

O estudo dos dois principais instrumentos de trabalho deste projeto, o programa de simulação por elementos finitos e o algoritmo de otimização genético, permitiu obter um conhecimento específico acerca do comportamento isolado de cada instrumento, sendo essencial para o entendimento de suas funções dentro do projeto como um todo e para a posterior utilização conjunta desses dois instrumentos. Foi determinado que, de fato, os algoritmos genéticos de otimização representam uma alternativa interessante quando se leva em consideração a complexidade dos problemas que fazem parte do escopo do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES, ao CNPq, a FAPERGS e a PROPESQ-UFRGS por todo o apoio ao projeto.