



XXXVII IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS
ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING
BRASÍLIA - DF - BRAZIL

Utilização de Técnicas de Inteligência Artificial na Segmentação de Imagens para Análise de Modelos Fotoelásticos

João Leonardo Ribeiro Neto

joaoneto@pucminas.br

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Avenida Dom José Gaspar, 500 - 30.535-610 - Belo Horizonte - MG - Brasil

Pedro Américo Almeida Magalhães Junior

pamerico@pucminas.br

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Avenida Dom José Gaspar, 500 - 30.535-610 - Belo Horizonte - MG - Brasil

Abstract. *Em projetos de sistemas mecânicos a análise experimental é importante para a caracterização de componentes de um sistema complexo, podendo a sua aplicação ser orientada pelas técnicas analítico computacional. Sendo a segmentação de imagens uma etapa importante deste processo, o presente trabalho tem como objetivo revisar os métodos de segmentação de imagens que utilizam técnicas de Inteligência Artificial como a lógica fuzzy e computação evolucionária, indicando as possíveis aplicações destas ferramentas na análise de tensões de modelos fotoelásticos.*

Keywords: *Fotoelasticidade, Processamento digital de imagens, Segmentação de imagem, Lógica fuzzy.*

1 INTRODUÇÃO

A fotoelasticidade é amplamente utilizada, a partir da utilização dos princípios da ótica, para resolver problemas de elasticidade. O método se baseia na propriedade da birrefringência, fenômeno que consiste na criação de dois raios refratados a partir de um único raio inicial quando este incide sobre um meio anisotrópico. Esta propriedade pode ser utilizada para analisar o comportamento de objetos sob estado de *tensão deformação* com base na medição de parâmetros óticos. Existem três direções principais na aplicação prática de técnicas de fotoelasticidade que podem ser consideradas: pesquisas do estado de *tensão deformação* de objetos em escala completa utilizando modelos em duas ou três dimensões; pesquisas de campos de *tensão* em superfícies utilizando sensibilidade ótica de certos materiais e pesquisas de tensão de materiais transparentes. Avanços nos campos de fibra ótica e em particular, visualização e processamento digital de imagens em combinação com métodos numéricos têm sido utilizados para auxiliar as técnicas de fotoelasticidade (RAZUMOVSKY; GALKIN, 2011).

A análise de tensão vem sendo considerada a um bom tempo, como uma atividade distinta no campo da engenharia, com o objetivo de determinar, melhorar e otimizar a resistência mecânica das estruturas. Atualmente, os cálculos matemáticos e a análise experimental, associados a utilização de ferramentas computacionais e dos métodos de elementos finitos tem proporcionado a oportunidade para o desenvolvimento de novos conhecimentos em análise de tensão.

Com o objetivo de evitar interpretações subjetivas e reduzir o tempo necessário para obter e processar dados experimentais, um grande número de propostas de softwares que automatizam a análise, particularmente na determinação de concentração de tensão, tem sido discutido utilizando o clássico polariscópio digital, vídeo câmeras e computadores. Métodos híbridos, onde potencializa-se a utilização de métodos experimentais e numéricos, têm sido explorados em vários setores da indústria e da bioengenharia. Neste sentido, observa-se grandes avanços em monitoramento de estruturas em tempo real, identificação de tensões residuais em materiais da microeletrônica, estudos de tensão em produtos ortopédicos e dentários, dentre outros. Isto tem aumentado substancialmente o crescimento da pesquisa na área de fotoelasticidade, onde a proposição de novas técnicas possam auxiliar a análise de modelos experimentais.

Este trabalho, pretende discutir a utilização do processamento digital de imagens, especificamente a etapa de segmentação da imagem, com o objetivo de extrair características que possam auxiliar no processo de análise de campos de tensão, a partir de modelos fotoelásticos obtidos por um polariscópio digital. A segmentação da imagem, pode ser obtida utilizando-se técnicas de inteligência artificial como a lógica fuzzy, que será a ferramenta que utilizaremos. A ideia básica é, utilizar a lógica fuzzy, como alternativa aos métodos convencionais de segmentação de imagem. Para isto, apresentaremos num primeiro momento, uma rápida descrição do processamento digital de imagens e em particular os aspectos mais relevantes da etapa da sua segmentação. Em seguida, apresentaremos uma descrição resumida da lógica fuzzy, para posterior utilização na segmentação de imagem. Ao final, apresentaremos os resultados obtidos e sua utilidade na análise de modelos fotoelásticos.

2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

O processamento de imagens origina-se do processamento de sinais. Os sinais, como as imagens, são na realidade um suporte físico que carrega no seu interior uma determinada

INFORMAÇÃO. Esta INFORMAÇÃO pode estar associada a uma medida (associado a um fenômeno físico), ou pode estar associada à um nível cognitivo (conhecimento). O termo processamento digital de imagens, geralmente refere-se ao processamento de uma imagem em duas dimensões por um computador e pode ser então representada por uma única função real $g(x,y)$. Considera-se que essas funções são analiticamente bem comportadas de tal forma que sejam integráveis, diferenciáveis, etc...

O Processamento Digital de Imagem normalmente segue os seguintes passos:

- Aquisição da imagem: digitalização da imagem;
- Pré-processamento: o papel do pré-processamento é melhorar a imagem;
- Segmentação: particionar a imagem em seus componentes;
- Análise: inspecionar as partes particionadas para extrair informações características, que pode ser a identificação de uma impressão digital em análise forense, ou extração de ordens de franjas em análise de padrões de franja;
- Mostra do resultado.

2.1 Segmentação de imagem

Segmentação é o mecanismo de dividir a imagem em várias regiões de interesse, procurando isolar as características (cor, intensidade ou textura), que posteriormente serão exploradas para extrair informações úteis para a análise pretendida. Em fotoelasticidade digital o modelo tem de ser segmentado a partir do fundo da imagem, identificando as áreas de incidência de franjas. As técnicas de segmentação de imagem, têm sido normalmente divididas em três tipos: clássicas, que utilizam ferramentas da área de inteligência artificial e híbridas. Algumas das metodologias mais utilizadas em segmentação de imagens são as baseadas na detecção de bordas, de níveis de intensidade (threshold) e de regiões, utilização de equações parciais diferenciais, lógica fuzzy e redes neurais, dentre outras (KHAN, 2013).

Neste trabalho nossa atenção será na aplicação de metodologias que se baseiam em técnicas de inteligência artificial, em especial lógica fuzzy.

2.1.1 Lógica fuzzy

A lógica fuzzy (lógica nebulosa, lógica difusa) foi desenvolvida por Lofti A. Zadeh, que faz a seguinte consideração na introdução de seu artigo (ZADEH, 1965) *"...a noção de um conjunto fuzzy fornece um ponto de partida conveniente para a construção de um conceito parecido em muitos aspectos, com a estrutura utilizada no caso dos conjuntos clássicos, mas é mais geral do que o último e potencialmente pode vir a ter um alcance muito maior de aplicabilidade, particularmente nos domínios da classificação de padrões e processamento de informação..."*. É portanto, uma extensão da lógica clássica que admite valores lógicos intermediários entre o falso (0) e o verdadeiro (1). Isto significa que um conjunto fuzzy, define uma classe de objetos, com um contínuo grau de pertinência entre 0 e 1.

Em algumas situações, onde a dificuldade com detecção de borda como uma abordagem para segmentação de imagem, as bordas detectadas muitas vezes têm lacunas entre as partes a serem segmentadas, ou seja, existem locais onde a transição entre as regiões não são suficientemente bem definidas. Além disso, as bordas podem ser detectadas em pontos que não fazem

parte da região de fronteira, se a imagem considerada contém ruídos. Assim, as bordas detectadas não formam necessariamente um conjunto de curvas fechadas e contínuas. Portanto, a fronteira entre duas regiões uniformes pode não ser bem definida através de comparação da intensidade dos pixels vizinhos. Pelo fato das regiões não serem uniformes, pequenas diferenças de intensidade entre dois pixels vizinhos não delimita com precisão os diferentes segmentos. Neste caso, a diferença de intensidade pode representar um efeito de sombreamento. Como a lógica fuzzy trabalha com a ambiguidade, informações imprecisas, isto permite a utilização de funções de pertinência para definir o grau em que um pixel pertence a uma borda ou a uma determinada região. Podemos classificar as diversas abordagens fuzzy de segmentação de imagens em técnicas baseadas em regras fuzzy, algoritmos de classificação, medidas de fuzificidade(entropia fuzzy) e informação da imagem e geometria fuzzy.

Considerando a abrangência do problema, concentraremos nossa atenção a utilização de uma algoritmo proposto em (SARKAR et al., 2014) que utiliza segmentação de imagem a partir limites de intensidade multi nível baseado em entropia fuzzy(medidas de fuzificidade) com evolução diferencial.

Na entropia de informação digital, o número de probabilidades de cada estado é conhecido com precisão, já que o conteúdo exato do arquivo é conhecido. A entropia fuzzy é uma função que mede o quão fuzzy é um determinado conjunto e foi amplamente utilizada em segmentação de imagens de uma forma geral. Resolvemos utilizar este algoritmo como um filtro para segmentar imagens de modelos fotoelásticos para posterior análise da imagem com a utilização de técnicas de fotoelasticidade convencional.

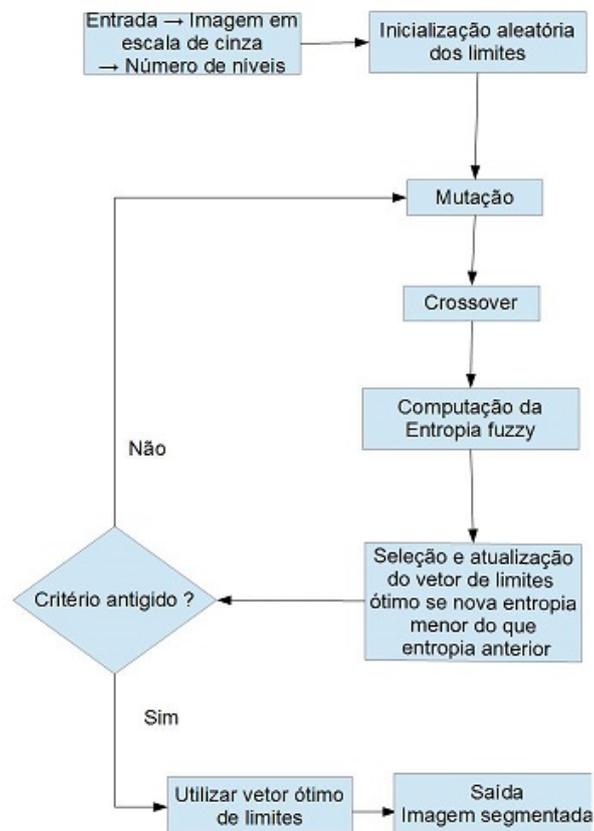


Figura 1: O algoritmo de segmentação utilizando entropia fuzzy

A Figura 1 descreve as etapas seguidas pelo processo de segmentação. Observa-se que o vetor ótimo de limita os níveis de cinza, é obtido através da utilização de otimização com algoritmos genéticos.

3 Resultados

As Figuras 2, 3 e 4 mostram os resultados obtidos, utilizando três modelos fotoelásticos. Técnicas de segmentação utilizando limites de intensidade baseado em entropia fuzzy oferece resultados satisfatórios na verificação visual. Indiscutivelmente, a otimização do vetor de limites através da diferenciação evolutiva adiciona velocidade e precisão para este algoritmo. Também várias outras funções de pertinência poderia ser testado para uma melhor separação das regiões segmentadas. Mais métricas de desempenho de imagem poderia ser usado no futuro para comprovar a competência dos algoritmos de segmentação.

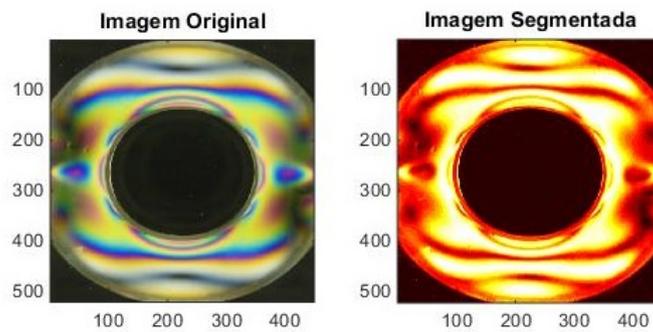


Figura 2: Disco sob tensão

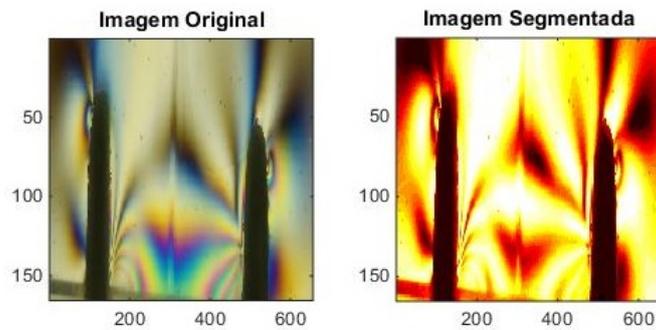


Figura 3: Mola sob tensão

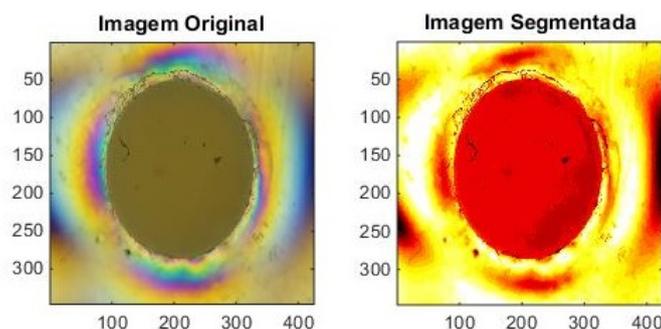


Figura 4: Contração de polimerização

4 Conclusão e futuras direções

Como extensão deste trabalho, seria importante definir outras medidas para cálculo de entropia fuzzy para que se possa avaliar melhor os resultados quando à metodologia adotada e sua aplicação em análise de modelos fotoelásticos. Segmentação é uma importante etapa na análise de imagens digitais. A incorporação de técnicas de inteligência artificial como a lógica fuzzy e algoritmos genéticos apresenta resultados bastante promissores, melhorando a imagem para posterior aplicação das técnicas convencionais de fotoelasticidade. Como o modelo utilizado demonstra, uma importante direção é utilizar modelos híbridos, que além da lógica fuzzy e algoritmos genéticos, incorporem também as redes neurais e técnicas de clusterização.

Agradecimentos

Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Pró Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. P. de. *Processamento de Imagens: Métodos e Análises*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF/MCT - Coordenação de Atividades Técnicas - CAT.

BAEK, T. H.; KIM, M. S.; HONG, D. P. Fringe analysis for photoelasticity using image processing techniques. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, v. 8, p. 91–102, 2014.

DUAN, Y.; GUAN, T.; LIU, L. Self-organizing map based multiscale spectral clustering for image segmentation. *IEEE - Computer Society - International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, p. 329–333, 2012.

DUBOIS, D.; PRADE, H. *Fuzzy Sets and Systems - Theory and Applications*. New York: Academic Press, INC., 1980.

- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. *Digital Image Processing*. Second. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E.; EDDINS, S. L. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Second. USA: Gatesmark Publishing, 2009.
- HAYKIN, S. *Redes Neurais - Princípios e prática*. [S.l.]: Editora Bookman. Porto Alegre. 2ª edição. 900p, 2001.
- KHAN, W. Image segmentation techniques: A survey. *Journal of Image and Graphics*, v. 1, 2013.
- RAZUMOVSKY, I. A.; GALKIN, A. Y. *Interference-optical Methods of Solid Mechanics*. Berlin: Springer-Verlag, 2011.
- RISTIC, D. M.; PAVLOVIC, M.; RELJIN, I. Image segmentation method based on self-organizing maps and k-means algorithm. *9th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering, NEUREL*, 2008.
- SARKAR, S. et al. Multi-level image segmentation based on fuzzy-tsallis entropy and differential evolution. *Fuzzy Systems (FUZZ), IEEE International Conference on*, 2013.
- SARKAR, S. et al. A fuzzy entropy based multi-level image thresholding using differential evolution. *5th International Conference on Swarm, Evolutionary and Memetic Computing*, 2014.
- VESANTO, J.; ALHONIEMI, E. Clustering of the self-organizing map. *IEEE Transaction on Neural Networks*, v. 11, p. 586–600, 2000.
- ZADEH, L. Fuzzy sets. *Information and Control - Department of Electrical Engineering and Eletronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, CA*, v. 8, p. 338–353, 1965.
- ZADEH, L. *A fuzzy-algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts*. 1976. *Int J, Man-Machine Studies - Department of Electrical Engineering and Computer Science and Eletronics Research Laboratory, University of California, Berkeley, CA*, Vol. 8, pp. 249-291.