

Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

Projeto de Pesquisa PIBIC/CNPEM

Título: Detecção de bordas de imagens a partir de controladores da lógica fuzzy

Supervisor: Prof. Dr. Vinícius Francisco Wasques

Unidade do CNPEM: Ilum Escola de Ciência

28 de abril de 2025, Campinas/SP

1 Introdução

O conteúdo de uma imagem pode ser representado por suas bordas, cuja extração é essencial para a compreensão de um objeto como um todo. Além de reduzir a quantidade de dados, essa abordagem acelera o processamento e economiza recursos computacionais. A detecção de bordas destaca variações nas características fotométricas, geométricas e físicas dos objetos na imagem, sendo alvo de estudos em áreas como robótica, imagens médicas e biológicas, reconhecimento facial, entre outros [1, 4].

Dada sua ampla aplicabilidade, diversas pesquisas buscam técnicas eficientes de detecção de bordas. Dentre as técnicas propostas na literatura, existem aquelas cujos algoritmos são baseados em gradiente, identificando bordas por variações de intensidade como nos operadores de Sobel, Prewitt, Roberts e no detector de Canny [5, 6]. Já os algoritmos baseados em características buscam padrões distintos, como o detector de cantos de Harris [10].

A lógica fuzzy surge como uma alternativa para melhorar a qualidade da detecção e reduzir a complexidade computacional. Sistemas fuzzy lidam bem com incertezas, considerando múltiplos fatores como nitidez, contraste e orientação. Suas regras e funções de pertinência permitem maior flexibilidade e precisão, adaptando-se a diferentes contextos e características das bordas [7].

Imagens frequentemente apresentam imprecisões, como ambiguidade geométrica e variações na escala de cinza, que não são bem tratadas pela teoria da probabilidade clássica [3]. A inferência fuzzy, por outro lado, pode ser uma alternativa, já que é uma teoria bem fundamentada para lidar com incertezas e ambiguidades.

Este projeto propõe o estudo da identificação de bordas utilizando tanto técnicas bem estabelecidas na literatura, quanto técnicas baseadas em controladores fuzzy, com foco em análise de imagens biológicas e materiais 2D. As simulações serão realizadas em *Python*.

2 Estado da arte

O uso de controladores fuzzy em reconhecimento de imagens tem ganhado destaque por sua capacidade de lidar com incertezas e variabilidades dos dados. Atualmente, são combinados métodos de lógica fuzzy com técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais, para aprimorar a segmentação/classificação e abordagens baseadas em regras fuzzy, visando facilitar a interpretação dos resultados. A detecção de bordas em imagens é uma etapa essencial no reconhecimento de padrões e segmentação, especialmente em ambientes com ruído ou baixa definição. Controladores fuzzy têm sido empregados com

sucesso nesse contexto por sua capacidade de lidar com incertezas nos gradientes de intensidade. Técnicas como inferência fuzzy baseadas em operadores de Sobel, Prewitt ou Canny aprimoram a precisão [5]. Além disso, abordagens que integram lógica fuzzy com redes neurais ou algoritmos genéticos permitem a adaptação automática de regras fuzzy, melhorando o desempenho em diferentes tipos de imagens [8].

3 Objetivos

Esse projeto busca desenvolver e aprimorar as habilidades do(a) estudante em matemática computacional e programação. Também, é uma oportunidade para colocar o(a) estudante diante de problemas práticos, visando a compreensão e interpretação de fenômenos biológicos e físicos.

Dessa forma, os objetivos centrais deste projeto são destacados a seguir:

1. Obter um arcabouço teórico sobre as técnicas clássicas de detecção de bordas mais utilizadas na literatura;
2. Explorar novas técnicas que fazem uso da lógica fuzzy;
3. Trabalhar com imagens biológicas e/ou materiais 2D;
4. Aprimorar técnicas de programação.

Além destes objetivos, o projeto também visa o desenvolvimento da escrita científica da candidata, bem como a prática da oratória, mantendo contato com a comunidade científica através da participação em eventos científicos correlatos.

4 Metodologia

Serão realizados encontros semanais entre o orientador e orientando(a), para discutir questões teóricas e práticas do projeto, bem como sanar dúvidas do(a) aluno(a). Inicialmente, uma base consistente em teoria de lógica fuzzy será desenvolvida, tomando como referências principais [2, 9]. Em seguida será realizado um estudo sobre identificação de imagens, a partir de técnicas clássicas e bem estabelecidas na literatura [1, 4]. Após essa etapa, serão investigadas técnicas que fazem uso da lógica fuzzy [8], a fim de poder realizar uma comparação qualitativa entre a abordagem clássica e a abordagem via lógica fuzzy. Por fim, as técnicas serão aplicadas à um conjunto de imagens biológicas e/ou materiais 2D que serão coletadas na literatura ou nos laboratórios da Ilum/CNPEM.

Espera-se submeter os resultados desenvolvidos no trabalho em revista científica e apresentá-los em congressos na área de matemática aplicada, por exemplo no Congresso de Estudantes do CNPEM (CEC), Congressos de Iniciação Científica da Unicamp (CIC), Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional (ERMAC), Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional (CNMAC) e/ou North American Fuzzy Information Processing Society Annual Conference (NAFIPS).

5 Cronograma de atividades

Atividade	1	2	3	4	5
Set/Out	X				
Nov/Dez	X	X		X	
Jan/Fev		X		X	
Mar/Abr			X		X
Mai/Jun			X	X	
Jul/Ago				X	X

1. Revisão bibliográfica;
2. Testes de métodos clássicos da literatura em conjunto de imagens;
3. Simulações utilizando lógica fuzzy;
4. Apresentação dos resultados do projeto em congresso científico;
5. Escrita do relatório (parcial e final);

6 Referências

- [1] E. Anas. Theory of edge detection. In *International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, pages 169–173, 2016.
- [2] L. C. Barros and R. C. Bassanezi. *Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática*, volume 5. Coleção IMECC - Textos Didáticos, Campinas, 3 edition, 2010.
- [3] W. Deng and S. Iyengar. A new probabilistic relaxation scheme and its application to edge detection. *IEEE Trans, Pattern Anal. Mach. Intel.*, 18(4):432–437, 1996. <https://doi.org/10.1109/tpami.1980.4767035>.
- [4] R. Gonzalez and R. Woods. *Digital Image Processing Global Edition*. Pearson Deutschland, 2017.
- [5] P. Mamoria and D. Raj. An analysis of fuzzy and spatial methods for edge detection. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business(IJIEEB)*, 8(6):62 – 68, 2016.
- [6] D. Marr and E. C. Hildreth. Theory of edge detection. In *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, page 68–73, Oxford: Clarendon, 1980. A Treatise on Electricity and Magnetism.
- [7] C. J. Miosso and A. Bauchspiess. Fuzzy inference system applied to edge detection in digital images. 2016.
- [8] A. K. Pandey, H. R. S. S. N. Chatla, M. Pandya, A. Farhan M A, and A. S. Rana. Image edge detection using fuzzy logic controller. In *2023 International Conference on Recent Advances in Electrical, Electronics Digital Healthcare Technologies (REEDCON)*, pages 508–513, 2023.
- [9] W. Pedrycz and F. Gomide. *Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing*. John Wiley & Sons, Nova Jersey, 2007.
- [10] J. Sánchez, N. Monzón, and A. Salgado. An Analysis and Implementation of the Harris Corner Detector. *Image Processing On Line*, 8:305–328, 2018. <https://doi.org/10.5201/ipol.2018.229>.