



Implementação e avaliação de métodos para segmentação de imagens endoscópicas com ênfase em características de cor, textura e forma.

Ana Paula Merencia (PIBITI/CNPq/Unioeste), Wu Feng Chung (Orientador), Weber Shoity Resende Takaki, Huei Diana Lee, e-mail: anamerencia06@gmail.com

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Engenharias e Ciências Exatas/Foz do Iguaçu, PR.

Área/subárea: Ciências Exatas e da Terra/Ciência da Computação.

Palavras-chave: indexação, recuperação, telemedicina.

Resumo

A identificação computacional de áreas de maior relevância do ponto de vista clínico em imagens videoendoscópicas médicas é fundamental. Assim, neste trabalho utilizou-se método de limiarização de Otsu para delimitar e aprimorar a segmentação de imagens videoendoscópicas por meio de técnicas de segmentação sensíveis às características de cor. Este método aplicado ao canal S apresentou resultados promissores na detecção de sangramentos. Com isso, por meio deste trabalho, concluiu-se que o aprimoramento da segmentação de imagens videoendoscópicas aplicando método de limiarização de Otsu constitui uma abordagem interessante a ser melhor explorada em trabalhos futuros para o auxílio de identificação de sangramentos, tipos diferentes de mucosa e instrumentos de procedimentos em imagens médicas.

Introdução

O aumento da quantidade de imagens e vídeos armazenados em bases de dados médicas torna necessário o uso de técnicas de indexação para possibilitar a adequada busca e recuperação de objetos (Gonzalez & Woods, 2010). Uma maneira para se realizar essa tarefa é a extração de características visuais representativas de imagens, as quais sintetizam aspectos relevantes para o domínio da aplicação, possibilitando assim, a indexação e a recuperação de imagens semelhantes (Takaki, 2020). Além disso, a identificação de regiões de interesse é fundamental para melhorar a performance da indexação, a qual deve buscar a identificação de áreas de maior relevância clínica. Sob esse escopo, técnicas de estatísticas aplicadas ao processamento de imagens, como o histograma, e, não menos importante, as de



segmentação, constituem-se arsenais importantes para esse processo de tratamento de imagens (Shapiro & Stockman, 2000).

Existem diversas técnicas para segmentação de imagens, e uma das mais solicitadas é o método de limiarização de Otsu (LO). Esse método calcula um limite ótimo T que divide os pixels uma imagem em dois subconjuntos, buscando maximizar a variância entre os dois subconjuntos, e minimizar a variância "no interior" de cada subconjunto (Gonzalez & Woods, 2010). Este aspecto é fundamental para distinguir elementos com características diferentes em imagens (Takaki, 2020).

Assim sendo, este trabalho deu continuidade ao desenvolvimento de melhorias do Sistema de Monitoramento Médico, Acompanhamento Remoto de Procedimentos e Telementoria – SMMAR-T Mentor (Coy *et al.*, 2022). Esta ampliação foi feita com a incorporação de técnicas de segmentação e LO, sensíveis às características de cor conforme o tipo de objeto de interesse presente em imagens videoendoscópicas, distinta das já desenvolvidas e disponíveis na versão atual do sistema.

Material e Métodos

O desenvolvimento deste projeto envolveu a utilização de um computador pessoal (Processador Intel Core i5, Memória RAM de 8GB e disco rígido de 1TB, Sistema operacional Microsoft Windows 10), com acesso à Internet; imagens videoendoscópicas: conjunto de 8 quadros relevantes ao diagnóstico (2 com sangramento e 6 com características diversas, como presença de tipos diferentes de mucosa, presença de instrumentos, e suspeita de lesão), selecionadas pelo especialista, provenientes de uma gravação de videoendoscopia digestiva alta composta de 7.212 quadros não repetidos (Aprovação Comissão de Ética em Pesquisa/CAAE/Parecer de número 1.477.557) (Takaki, 2020) e ferramenta de software livre para cálculo numérico GNU Octave para prototipação e validação de conceitos (Eaton, 2021).

Primeiramente, as imagens foram segmentadas manualmente pelo especialista a fim de estabelecer o padrão de segmentação a ser usado para a comparação com a tarefa automatizada. Em seguida, foi realizada a conversão da imagem do formato RGB para o formato HSV, sendo H, *hue* (matiz), S, *saturation* (saturação) e V, *value* (valor). Aplicou-se então a LO aos três canais, sendo que H (matiz) e S (saturação) caracterizam o tipo de cor dos pixels que formam a imagem (Gonzalez & Woods, 2010). O intuito era verificar a atuação de LO aplicada a H e S em comparação com o canal V, usado como padrão usualmente nos métodos de segmentação automática, e com a segmentação manual. O canal H abrange todas as cores espectrais, desde o matiz vermelho até o violeta, mais o magenta, enquanto o canal S indica o grau de pureza de cada cor e o canal V corresponde à imagem em tons de cinza. Nesse modelo, os valores que representam os componentes H, S e V dos pixels variam entre



0 e 1. Os pixels dos objetos e do fundo de uma imagem devem apresentar os seus níveis de cinza separados em dois grupos dominantes. Assim, a extração dos objetos do fundo foi feita pelo algoritmo de LO por meio da seleção de um limiar T conforme descrito anteriormente, considerando cada ponto (x, y) da imagem tal que $f(x, y) > T$ fosse classificado como ponto do objeto e, caso contrário, como ponto do fundo.

A precisão da LO para cada canal foi calculada a partir do percentual de pixels corretamente identificados como objeto (pixel branco) e fundo (pixel preto) na máscara gerada pela LO, em comparação com a segmentação manual. Posteriormente os resultados foram comparados estatisticamente, por canal (H, S e V) *versus* segmentação manual, com o Teste T de Student para amostras pareadas com intervalo de confiança de 95%.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios (e respectivos desvios-padrão entre parênteses) para LO em comparação com a segmentação manual. Não foi identificada diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Tabela 1 – Valores médios (e desvios-padrão) da comparação de LO e segmentação manual

Grupo de Imagens	Precisão (%) Canal H	Precisão (%) Canal S	Precisão (%) Canal V
(1) Com sangramento	79,85 (7,15)	88,41 (4,76)	69,69 (11,30)
(2) Com características diversas	50,54 (31,26)	49,54 (25,03)	55,27 (16,12)
(3) Geral (1 e 2)	57,87 (29,82)	59,26 (27,83)	58,88 (15,76)

A Figura 1 exibe um exemplo do resultado da LO aplicada ao canal S de uma imagem de videoendoscopia com sangramento (Figura 1-a: área de coloração vermelha intensa, a qual possui valor de saturação alto). O limiar calculado pelo método foi de 0,4549, representado pela linha vertical vermelha no histograma da Figura 1-c. Esse histograma também permite observar um número maior de pixels com valor abaixo do limiar, os quais estão representados em preto na Figura 1-b.

Já na Figura 2 é apresentado um exemplo da LO aplicada ao canal H, e a aplicação da máscara gerada pela limiarização à imagem original, resultando na imagem segmentada da Figura 2-d.

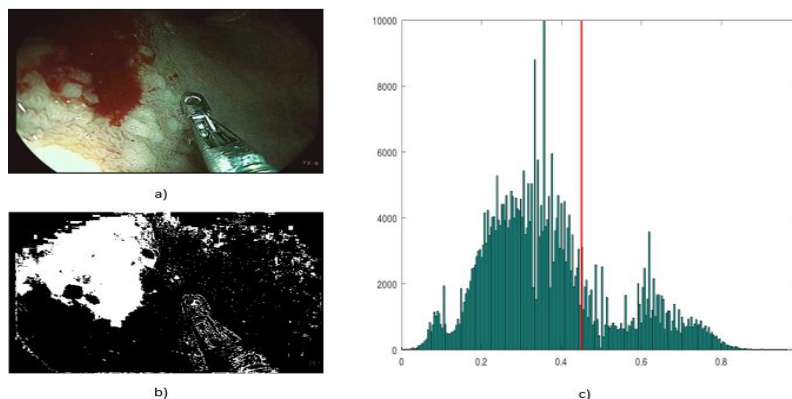


Figura 1 – Limiarização 1: imagem endoscópica antes (a) e depois (b) da limiarização de Otsu, e histograma do canal S com indicação do limiar calculado pelo método (c).

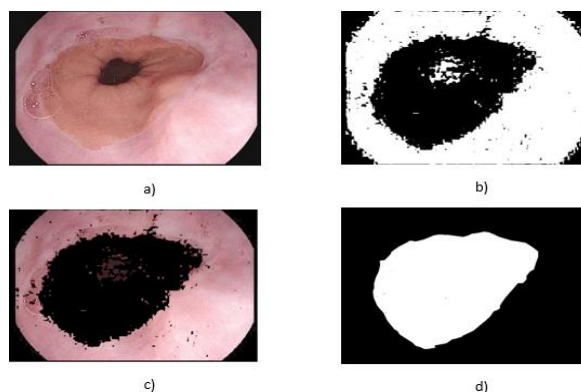


Figura 2 - Limiarização 2: (a) imagem endoscópica original, (b) limiarização de Otsu pelo canal H, (c) geração da imagem segmentada em cores, e (d) segmentação manual da Figura 2-a.

Pode-se observar que a segmentação separou relativamente bem as duas mucosas representadas na imagem da Figura 2. Na Figura 2-a, a parte mais interna é constituída de tecido glandular que corresponde à mucosa gástrica, e a parte externa à mucosa do esôfago, sendo revestida de epitélio escamoso. Os métodos de limiarização são, em geral, aplicados ao canal V, fazendo com que elementos mais iluminados sejam considerados objetos de primeiro plano, enquanto os mais escuros sejam considerados fundo e, por essa razão, removidos na segmentação. Ao aplicar o algoritmo de LO ao canal H, é preciso considerar a tonalidade de cor que deve ser selecionada, pois, diferentemente do canal V, cujos valores representam pixels escuros ou claros, a faixa de valores de H compreende diferentes cores. Os valores iniciais correspondem ao vermelho, seguido do amarelo, verde, azul e magenta. Por esse motivo, na imagem da Figura 2, foram mantidos os pixels de coloração magenta pela característica padrão do método, pois são matizes próximos do final da faixa de valores. Caso as regiões de interesse tenham cores predominantemente próximas do vermelho, a máscara é invertida, como mostra a segmentação manual na Figura 2.d. Com a inversão da máscara, a precisão da LO aplicada ao canal H foi de 87,59%.



O exemplo da Figura 2 sugere que a LO aplicada ao canal H é eficaz na diferenciação de tecidos e na identificação de instrumentos de procedimentos, cuja coloração difere a dos tecidos biológicos. Por outro lado, o exemplo da Figura 1 sugere que a aplicação do método ao canal S favorece a detecção de sangramentos. Embora o teste estatístico não tenha detectado diferença estatisticamente significativa entre os grupos, a precisão média para o canal S no grupo de imagens com sangramento (Tabela 1) apresenta tendência superior à dos demais grupos.

Conclusões

A realização desse trabalho demonstrou que o aprimoramento à segmentação de imagens endoscópicas aplicando método de limiarização de Otsu mostra-se promissora no auxílio de identificação de sangramentos. Trabalhos futuros incluem o estudo mais aprofundado de outros parâmetros com o intuito de melhorar a precisão dessa abordagem em imagens médicas.

Agradecimentos

Ao PIBITI/Unioeste/CNPq pela Bolsa de Iniciação Científica/Tecnológica.

Referências

Coy, C. S. R. *et al.* (2022) BR Patent 51 2022 002022 0. Sistema de Monitoramento Médico, Acompanhamento Remoto de Procedimentos e Telementoria – SMMAR-T Mentor. *Revista de Propriedade Industrial*, 2961.

Eaton, J. W. (2021). GNU Octave. <https://www.gnu.org/software/octave/index>. Acesso em 31 de março de 2021.

Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. (2010). *Processamento Digital de Imagens*. Londres: Pearson.

Shapiro, L. & Stockman, G. (2000). *Computer Vision*, Prentice Hall.

Takaki, W. S. R. (2020). Desenvolvimento e análise de método para codificação e indexação de imagens e vídeos para exames médicos com aplicações em telemedicina. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas.