



**Explorando eXtended Difference of Gaussians (XDoG) para
Estilização de Imagens Coloridas**

PROPOSTA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aluno: Fillipe Arouxa Figueirêdo (faf@cin.ufpe.br)
Orientador: Carlos Alexandre Barros de Mello (cabm@cin.ufpe.br)

23 de Abril de 2015

Introdução

Detecção de bordas tem um papel de destaque tanto na visão humana quanto na visão computacional. Por exemplo, permite entender que uma cena representada por um carro em movimento numa pista e uma criança querendo recuperar sua bola que está indo em direção ao carro indica uma situação perigosa. Para chegar a esta percepção é preciso reconhecer os objetos - criança, bola, carro e pista - e avaliar o que significa sua presença conjunta na cena mas, para que seja possível reconhecer tais objetos precisamos extrair suas características, e uma delas são as bordas.

Detecção de bordas também possui papel importante em estilos de arte populares como *line drawings* ou *sketches* e, assim, muitos sistemas de estilização empregam um detector de bordas como parte do seu processo. O detector de bordas proposto por Canny [1] é sem dúvida o operador mais popular, devido ao seu amplo uso em aplicações de visão computacional e segmentação de imagens. Entretanto, sua aparência (linhas cuja espessura são independentes da escala da borda) não é adequada para alcançar estilização ou abstração sem um pós-processamento significativo [6].

Do ponto de vista de processamento de sinais, um filtro Gaussiano é um filtro passa-baixa, isto é, permite a passagem de componentes com frequência abaixo de um limiar σ (desvio padrão da distribuição) estabelecido enquanto que os componentes acima deste limiar são atenuados ou eliminados do sinal. A subtração de dois filtros Gaussianos (com limiares distintos), portanto, cria um filtro passa-faixa, isto é, permite a passagem dos componentes do sinal com frequência dentro do intervalo estabelecido pelos limiares. DoG (*Difference of Gaussians* – Diferença de Gaussianas), então, quando aplicado à imagens é um operador capaz de detectar bordas que estejam dentro da faixa estabelecida pelos dois limiares empregados [3]. Tais limiares mantêm um bom compromisso entre a acurácia e a sensibilidade do operador quando relacionados por um fator de 1.6 [2]. O operador DoG está descrito na equação (1) sendo I a imagem fonte, $\sim x$ uma coordenada bidimensional e G o resultado da convolução da função Gaussiana com a imagem fonte.

$$\text{DoG}(\sim x; \sigma; k; I) = G(\sim x; \sigma; I) - G(\sim x; k \cdot \sigma; I) \quad (1)$$

A rigor DoG não define um detector de bordas já que não possui um critério para prover distinção entre valores de bordas e valores de não-bordas. Comumente, um simples limiar ϵ (ponto de corte) é empregado tal que se o valor do pixel é abaixo do limiar o pixel assume o valor 0 e caso contrário assume o valor 1 (bordas serão detectadas através destes pixels), resultando em uma imagem binária e limitada em termos de aparência estética e variedade estilística. O emprego deste tipo de limiarização dá origem ao operador TDoG (*Thresholding Difference of Gaussians* - Diferença de Gaussianas Limiarizada) que está descrito na equação (2).

$$\text{TDoG}(\sim x; \sigma; k; I; \epsilon) = \begin{cases} 1, & \text{DoG}(\sim x; \sigma; k; I) \geq \epsilon \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (2)$$

Para resolver esta limitação, [5] concebeu uma extensão da formulação original chamada XDoG (*eXtended Difference of Gaussians* - Diferença de Gaussianas Extendida) através da adição de parâmetros. Além da manutenção dos parâmetros de

TDoG, XDoG consiste de: Um parâmetro τ para ponderar o peso da gaussiana de maior limiar em relação a de menor limiar possibilitando modificar a resposta de mapeamento de tons do operador DoG, isto é, ao invés de produzir somente uma imagem com predominância escura e as bordas claras é possível prover uma imagem mais clara devido a mais pixels assumirem valores diferentes de 0. A adição deste parâmetro dá origem à equação (3); Emprego da função **tanh** (tangente hiperbólica) - abaixo do limiar assume um decaimento próximo ao de uma função exponencial - que permite prover valores reais entre 0 e 1 ao de invés do mapeamento binário (pixels assumindo somente o valor 0 ou valor 1). Seu uso está indicado na equação (4); Um parâmetro ϕ para controle da transição empregada pela função tanh, isto é, torna a transição mais brusca (muito próxima de um mapeamento binário) ou mais suave (mais distante do resultado do mapeamento binário). Seu uso está indicado na equação (4). O operador XDoG está descrito na equação (4). As equações (1) - (4) são baseadas em [7].

$$\text{DoG}\tau(\sim x; \sigma; k; I; \tau) = G(\sim x; \sigma; I) - \tau \cdot G(\sim x; k \cdot \sigma; I) \quad (3)$$

$$\text{XDoG}(\sim x; \sigma; k; I; \varepsilon; \tau; \phi) = \begin{cases} |1, \text{DoG}\tau(\sim x; \sigma; k; I; \tau) \geq \varepsilon \\ |1 + \tanh(\phi \cdot (\text{DoG}\tau(\sim x; \sigma; k; I; \tau) - \varepsilon)), \text{ caso contrário.} \end{cases} \quad (4)$$

DoG não é tão preciso na localização das bordas quanto Canny [4], mas provê bordas e linhas esteticamente mais agradáveis sem pós-processamento. Para detecção de bordas, Canny é apenas uma das várias alternativas ao uso de XDoG cada um com suas vantagens e desvantagens. O ponto chave é que a proposição de XDoG implica na inserção de parâmetros à formulação original e, com isto, existe uma gama de resultados alcançáveis que extrapolam a fronteira da detecção de bordas.

Ghosting, speed-lines, bordas negativas, indicação e abstração são efeitos obtidos a partir de pouca ou nenhuma modificação do operador XDoG. *Pencil-shading, pastel painting, hatching*, imagens binárias, são estilizações alcançadas a partir do uso de XDoG, tendo resultados com qualidade comparável ou melhor que sistemas complexos dedicados, e sendo ainda mais fácil e rápido para execução. Com isto, é mostrado que XDoG tem potencial para que seu uso não se restrinja a um mero detector de bordas [6].

Objetivos

Uma imagem colorida no sistema RGB consiste da junção de 3 canais (vermelho, verde e azul - *red*, *green* e *blue*). A mesma é convertida para tons de cinza, antes da aplicação do operador XDoG, resultando em uma estilização que produz imagens binárias ou em tons de cinza. Tais tipos de imagens estão ilustradas na Figura 1.



Figura 1: Exemplos de estilização possíveis a partir da aplicação de XDoG na versão em tons de cinza da imagem fonte. Imagens extraídas de [7].

O objetivo principal deste trabalho é verificar o resultado da aplicação do operador XDoG, tal como indicado na equação (4), para obtenção de imagens estilizadas coloridas tendo como ponto crucial a manutenção dos tons das cores sem distorção. Espera-se que cada canal em separado apresente o comportamento encontrado na proposição original e que a união dos 3 canais ainda permita estilizações provenientes do operador XDoG como, por exemplo, *pencil-shading*. Este trabalho também visa apresentar o princípio de funcionamento do XDoG proveniente do estudo de seus parâmetros via experimentos e análise das referências.

Metodologia

O desenvolvimento do algoritmo será realizado através do Matlab, utilizando a toolbox de processamento de imagem. O Matlab também será utilizado para auxiliar o entendimento do algoritmo seja através da plotagem de gráficos, histogramas bem como numa comparação quantitativa da semelhança entre duas imagens através da diferença média (tomando sempre o valor absoluto) do valor dos pixels das imagens, por exemplo. Por fim, paralelo ao uso do Matlab, ocorrerá o estudo do algoritmo a partir das referências encontradas.

Cronograma

Atividade	Período															
	Março		Abril				Maio				Junho			Julho		
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Implementação			X	X	X	X	X	X								
Estudo do algoritmo (experimentos e teoria)			X	X	X	X	X	X	X							
Testes (imagens coloridas)									X	X	X	X	X	X		
Avaliação dos resultados									X	X	X	X	X	X		
Preparação do relatório.									X	X	X	X	X	X	X	X
Preparação da apresentação.												X	X	X	X	X

Referências

- [1] CANNY, J. F. 1986. A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 8, 769–798.
- [2] MARR, D., HILDRETH, E.C. 1980. Theory of edge detection. *Proc Royal Soc London, Bio Sci*, 207, 187–217.
- [3] PALLÁS-ARENY, R., AND WEBSTER, J. G. 1999. *Analog Signal Processing*. Wiley-IEEE.
- [4] PERONA, P., AND MALIK, J. 1991. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 12, 7, 629–639.
- [5] WINNEMOLLER, H., OLSEN, S. C., AND GOOCH, B. 2006. Realtime video abstraction. *ACM Trans. Graph* 25, 3, 1221–1226.
- [6] WINNEMOLLER, H. 2011. XDoG: Advanced Image Stylization with eXtended Difference-of-Gaussians. In: *Proceedings of the ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering*, 147–156.
- [7] WINNEMOLLER, H., KYPRIANIDIS, J. E., OLSEN, S. C.. 2012. XDoG: An eXtended difference-ofgaussians compendium including advanced image stylization, *Computers & Graphics* 36, 6, 740–753.

Possíveis Avaliadores

Profa. Veronica Teichrieb

Prof. Clylton Galamba

Assinaturas

23 de Abril de 2015

Fillipe Arouxa Figueirêdo

(Aluno)

Carlos Alexandre Barros de Mello

(Orientador)