

Você sabia que seu material didático é interativo e multimídia? Ele possibilita diversas formas de interação com o conteúdo, a qualquer hora e de qualquer lugar. Mas na versão impressa, alguns conteúdos interativos são perdidos, por isso, fique atento! Sempre que possível, opte pela versão digital. Bons estudos!

Computação Gráfica e Processamento de Imagens

CGPI: Filtros de imagens digitais

Unidade 4 – Seção 1

Esta webaula apresenta filtros de forma introdutória, focando no conceito de convolução.

Processamento de imagens

A subárea de processamento de imagens tem como objetivo realizar alterações nas imagens digitais para produzir algum efeito visual ou prepará-la para um pós-processamento. As ferramentas de processamento de imagens são as mesmas da subárea de visão computacional, cujo objetivo é extrair informações das imagens digitais.

Processar uma imagem significa alterar os valores de seus pixels para se criar um novo visando uma alteração do conteúdo dessa imagem. O objetivo pode ser apenas a obtenção de um efeito visual, direcionado a seres humanos, ou pode ser o realce de informações para um processamento posterior por computador, numa aplicação de visão computacional.

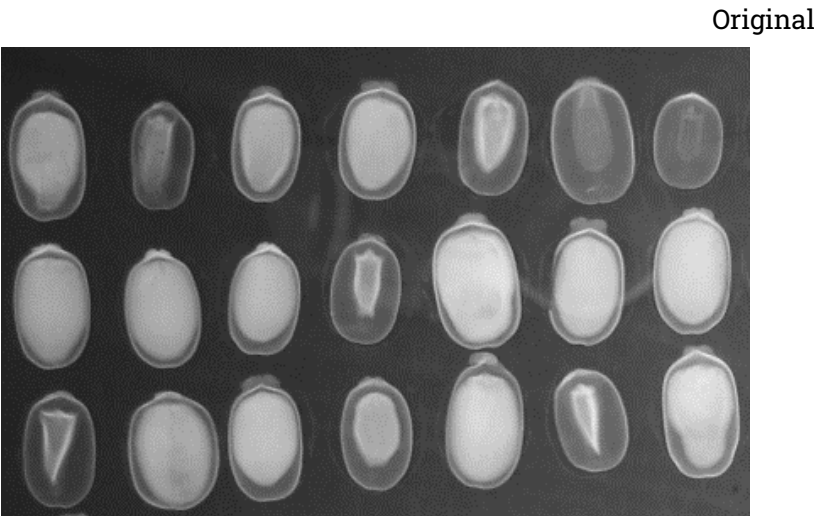
O processamento de imagens coloridas é feito pela aplicação de filtros em níveis de cinza em canais da imagem. Uma estratégia é aplicar o filtro independentemente em cada canal RGB. Outra estratégia é a transformação da imagem para HSL, aplicação do filtro sobre o canal L, e transformação inversa, aplicando o filtro sobre a luminância da imagem, apenas.

Filtros espaciais de processamento ponto a ponto

Os filtros de processamento ponto a ponto são os de inversão, de limiar e a curva de cores. Em todos esses filtros, o valor de cada pixel da imagem filtrada é obtido por uma equação envolvendo apenas o pixel de mesmas coordenadas espaciais na imagem original.

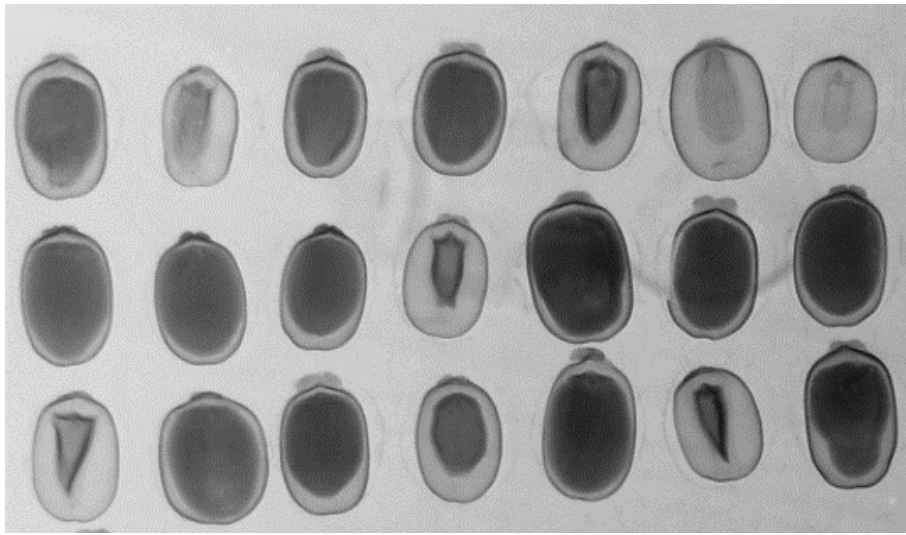
Filtro de inversão

É dado pela equação $g(x, y) = c_{max} - f(x, y)$, onde g é a imagem original, c_{max} é o máximo valor possível de f , e g é a imagem resultante.



Negativo





Fonte: o Autor.

Convolução e correlação

Uma grande variedade de aplicações exigem filtros espaciais que calculam o pixel de saída não somente com base no pixel de entrada, mas com base em uma vizinhança desse pixel. Veja a seguir o exemplo de aplicação do filtro de média:

Foram destacados os pixels da janela 3×3 com centro na coordenada (2,2).

\leq

	0	1	2	3	4	5	6
0	18	13	10	9	10	13	18
1	13	8	5	4	5	8	13
2	10	5	2	1	2	5	10
3	9	4	1	0	1	4	9
4	10	5	2	1	2	5	10
5	13	8	5	4	5	8	13
6	18	13	10	9	10	13	18

\geq

Fonte: o Autor.

O filtro por convolução discreta é calculado pelo deslizamento de uma janela, o filtro, sobre toda a imagem. Cada pixel da imagem de saída é calculado pela somatória da multiplicação ponto a ponto dos pixels da imagem pelos pixels do filtro. A operação de somatória das multiplicações ponto a ponto de uma janela é matematicamente definida pelas operações de **convolução** e **correlação** (KREYSZIG, 2011).

A convolução e a correlação discretas em 1D são definidas, pelas equações:

Correlação

$$\left(f * g \right) \left[x \right] = h \left[x \right] = \sum_u f[u] \times g[x - u]$$

Convolução

$$\left(f \circ g \right) \left[x \right] = h \left[x \right] = \sum_u f[u] \times g[x + u]$$

Essas equações podem ser estendidas para 2D como:

Correlação

$$\left(f \ast g\right)\left[x, y\right]=h\left[x, y\right]=\sum_v \sum_u f[u, v] \times g[x-u, y-v]$$

Convolução

$$\left(f \circ g\right)\left[x, y\right]=h\left[x, y\right]=\sum_v \sum_u f[u, v] \times g[x+u, y+v]$$

Na convolução 2D, portanto, o filtro g é refletido horizontal (x-u) e verticalmente (y-v).

Como o filtro de média é simétrico horizontal e verticalmente, a convolução é igual à correlação. No entanto, se o filtro não for simétrico, as duas operações darão resultados diferentes.

Filtros por convolução

Qualquer matriz é um filtro se for feita sua convolução com a imagem. No entanto, atribuir valores arbitrários aos elementos do filtro levará a resultados também arbitrários. A literatura apresenta diversos filtros criados com embasamento matemático e que geram resultados úteis. Vamos ver dois tipos filtros: filtros de suavização e filtros de realce de bordas.

Filtros de realce de bordas:

Filtro laplaciano

Este filtro detecta as regiões de borda.

Trata-se de um filtro que mede a diferença de um pixel com relação à média de seus vizinhos, produzido por uma equação de segunda derivada nos eixos x e y. É definido como:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



Fonte: o Autor.

Filtro de aguçamento

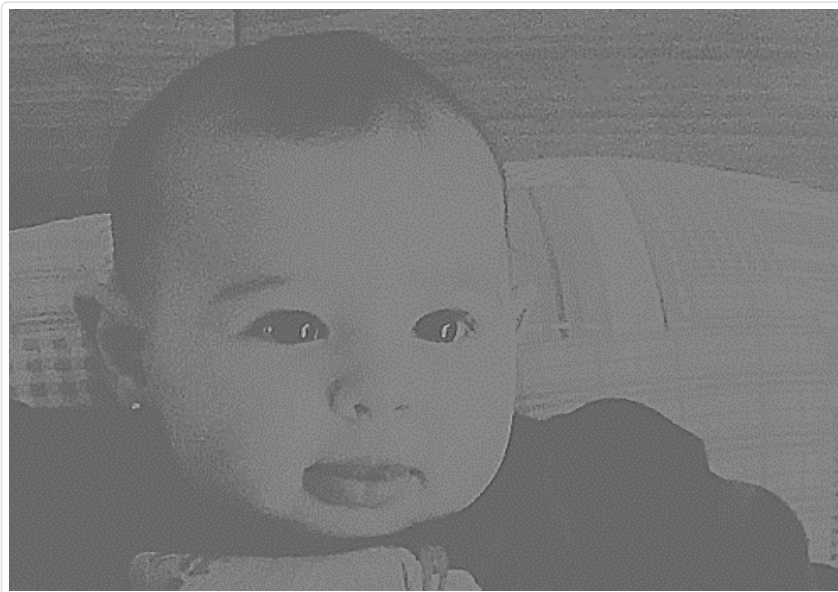
Também é um filtro que realça pixels em regiões de bordas. É muito similar ao laplaciano. É definido por:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Original



Aplicação do filtro



Negação do módulo da diferença (a)-(b)



Fonte: o Autor.

Filtro de Sobel

É um dos mais conhecidos filtros de realce de borda. Foi construído com base no cálculo da primeira derivada da imagem. São filtros de Sobel qualquer rotação do filtro:

$$D = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \text{ como, por exemplo, os filtros:}$$

$$D = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix} \text{ e } LR = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

O filtro UD realça bordas horizontais, o LR, verticais, e o D, diagonais.

Original



Aplicação do filtro LR



Aplicação do filtro UD



Fonte: o Autor.

Filtros de suavização:

Além de filtros que realçam as bordas, há também os filtros que as suavizam (*blur*).

Filtro de média

Quanto maior o filtro, maior é a suavização.

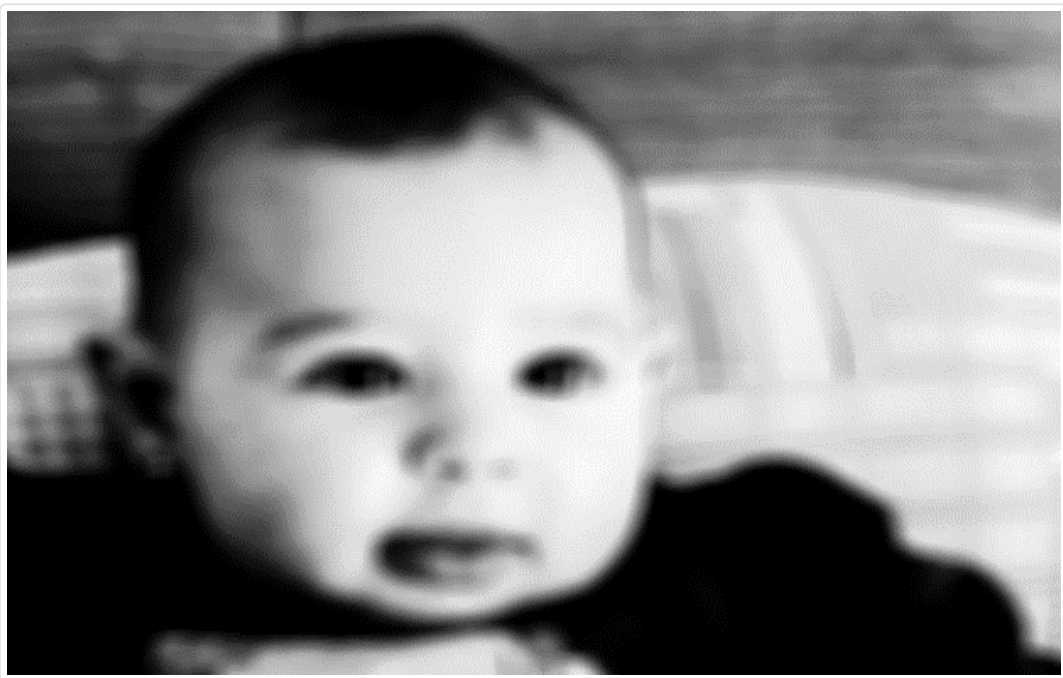
Original



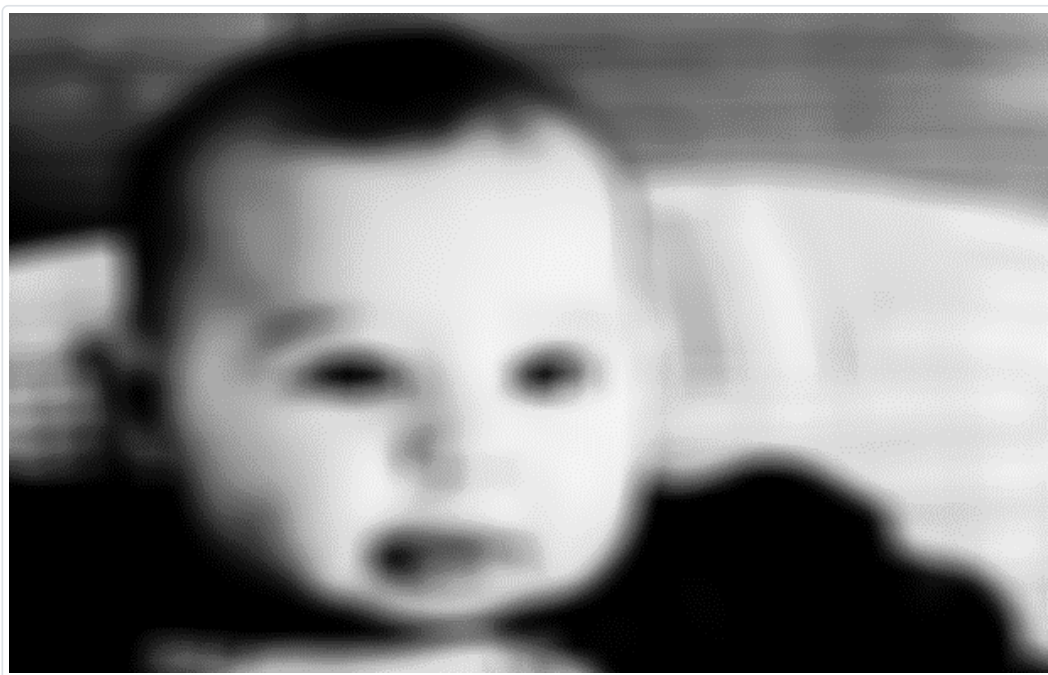
Filtro 7 x 7



Filtro 15 x 15



Filtro 25 x 25



Fonte: o Autor.

Filtro gaussiano

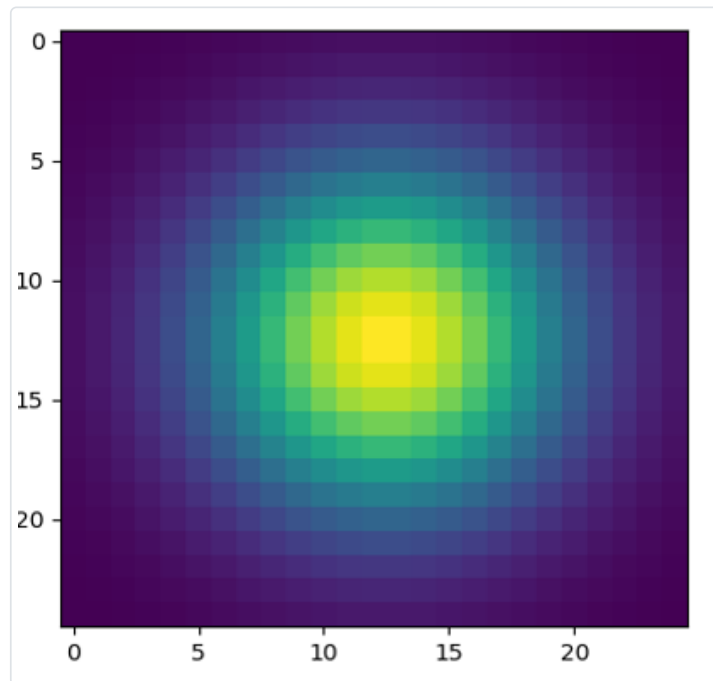
É o filtro suavizante mais popular. Ao invés de se fazer a média dos pixels de uma vizinhança quadrada, faz-se a média ponderada da vizinhança com base em uma distribuição gaussiana 2D. Quanto mais próximo do centro do filtro, mais relevância tem o pixel para a média ponderada. o filtro gaussiano não gera efeitos indesejáveis nas bordas como o filtro de média.

Original

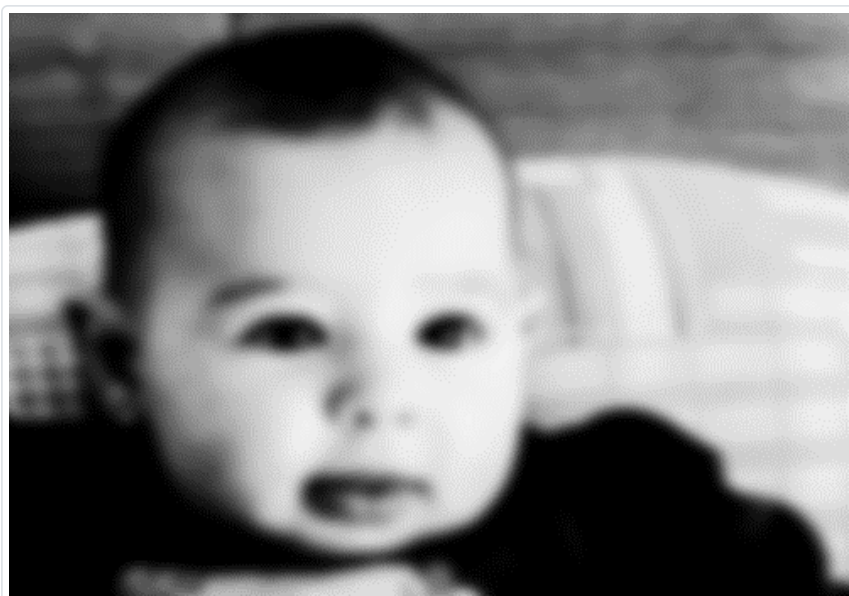




Filtro 25 x 25



Aplicação do filtro



Fonte: o Autor.

Nesta webaula vimos que existem inúmeras possibilidades de criação de filtros por convolução. Uma forma de explorar os efeitos visuais de diversos filtros é utilizando um aplicativo de edição de imagens como o Gimp (2019). Ao escolher um filtro, você pode pesquisar sua definição matemática e implementá-lo de forma simples em seu próprio programa, com o auxílio de uma implementação existente da convolução.