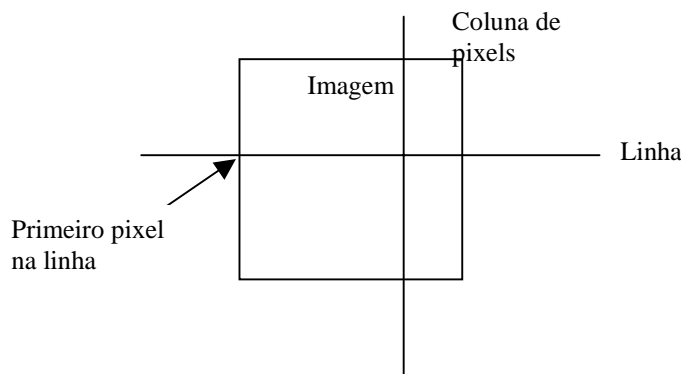


Filtragem

As técnicas de filtragem são transformações da imagem "pixel" a "pixel", que dependem do nível de cinza de um determinado "pixel" e do valor dos níveis de cinza dos "pixels" vizinhos, na imagem original, ou seja, o pixel "filtrado" tem um valor dependente do contexto em que ele se encontra na imagem original.

A operação de filtragem necessita da definição de frequência espacial. Assim, seja g uma imagem. Os níveis de cinza NC de g variam com a distância, observando-se uma única linha ou coluna de pixels da imagem.



Considerando a linha selecionada teríamos a seguinte distribuição dos níveis de cinza em relação ao primeiro pixel na linha (lado esquerdo da linha, veja a seta na imagem).



Observa-se que a linha da imagem apresentar uma grande variação nos níveis de cinza a medida que nos afastamos do primeiro pixel. Estas descontinuidades têm as seguintes características:

- representam bordas (feições de alta frequência sensíveis à visão)
- quando muito próximas caracterizam feições de alta frequência
- quando em número baixo caracterizam feições de baixa - frequência (superfícies suaves na imagem)

O conceito de frequência espacial alta ou baixa na imagem depende da escala em que a imagem se encontra. Então, uma mesma área da imagem pode ser de alta frequência ou de baixa frequência dependendo do fator de escala da imagem.

Nas imagens podemos encontrar frequências: Alta, Média e Baixa. Assim, é possível reduzir os efeitos de determinadas frequências na imagem, buscando obter um efeito visual de melhor qualidade na imagem. As frequências que devem ser tratadas, dependem do objetivo a ser atingido com o tratamento.

A redução de componentes de frequência é conseguida através de técnicas de filtragem, usando realce seletivo e eliminando a mistura de frequências.

As formas de Implementação da Filtragem são por Convolução no domínio espacial e por Análise de Fourier no domínio da frequência.

O esquema de Filtragem por Convolução:



$g_f = g * h$ onde:

$g_f \rightarrow$ imagem filtrada

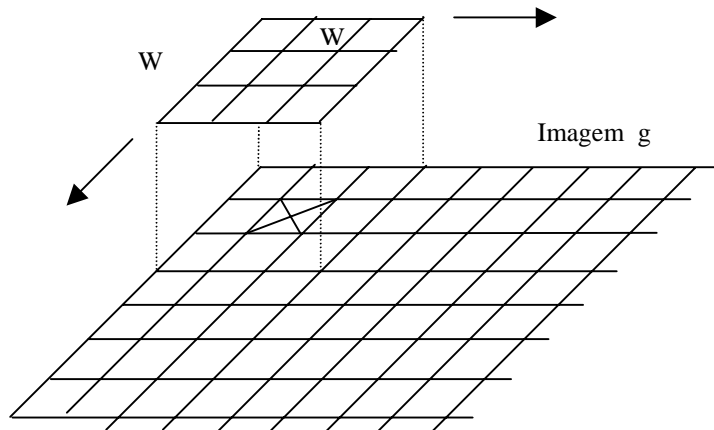
$g \rightarrow$ imagem original

$h \rightarrow$ máscara

$*$ \rightarrow Convolução

A Convolução discreta é descrita pela seguinte formulação matemática:

$$g_f(l, p) = \sum_{m=-\text{int}(w/2)}^{\text{int}(w/2)} \sum_{n=-\text{int}(w/2)}^{\text{int}(w/2)} g(l+m, p+n) h(m, n)$$



Mecanismo para realização da Convolução de h sobre a imagem g.

Com esta operação o pixel central (marcado com x) terá um novo valor que depende dele e dos vizinhos.

Os filtros espaciais são implementados através de máscaras (matrizes) com dimensões ímpares. Os tipos de filtros são Passa Baixas, Passa Altas, Direcionais, Passa Banda.

Efeito de Borda

O problema da borda está em como resolver o problema da(s) primeira(s) linha(s), da(s) última(s) linha(s), da(s) primeira(s) coluna(s) e da(s) última(s) coluna(s) de pixels. Nestes locais as máscaras não correspondem diretamente aos pixels da imagem. Portanto, alguma estratégia deve ser tomada para preenchermos estes pixels. Várias estratégias podem ser implementadas. É possível repetir para estes locais os valores dos pixels originais, ou repetir o valor pixel tratado mais próximo. Outra estratégia é considerar a Convolução apenas dos pixels que intersectam o filtro (a máscara).

Exemplo:

Original	Repete pixel original mais próximo	Repete pixel tratado																																																
<table><tr><td>10</td><td>12</td><td>13</td><td>11</td></tr><tr><td>11</td><td>50</td><td>12</td><td>12</td></tr><tr><td>10</td><td>11</td><td>13</td><td>12</td></tr><tr><td>10</td><td>12</td><td>12</td><td>13</td></tr></table>	10	12	13	11	11	50	12	12	10	11	13	12	10	12	12	13	<table><tr><td>10</td><td>12</td><td>13</td><td>11</td></tr><tr><td>11</td><td>.....</td><td>12</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>.....</td><td>12</td><td></td></tr><tr><td>10</td><td>12</td><td>12</td><td>13</td></tr></table>	10	12	13	11	11	12		10	12		10	12	12	13	<table><tr><td>15</td><td>15</td><td>16</td><td>16</td></tr><tr><td>15</td><td>15</td><td>16</td><td>16</td></tr><tr><td>15</td><td>15</td><td>16</td><td>16</td></tr><tr><td>15</td><td>15</td><td>16</td><td>16</td></tr></table>	15	15	16	16	15	15	16	16	15	15	16	16	15	15	16	16
10	12	13	11																																															
11	50	12	12																																															
10	11	13	12																																															
10	12	12	13																																															
10	12	13	11																																															
11	12																																																
10	12																																																
10	12	12	13																																															
15	15	16	16																																															
15	15	16	16																																															
15	15	16	16																																															
15	15	16	16																																															

A **Filtragem por Convolução** é uma operação pontual que pode tomar bastante tempo de processamento. Os resultados da aplicação destes filtros resulta em imagens com baixo brilho e baixo contraste.

Os filtros **Passa Baixas** eliminam altas frequências, sendo usado para eliminar ruídos em imagens. O ruído é uma fonte de alta frequência. O efeito produzido é uma desfocalização caracterizada por uma imagem borrada. Esta desfocalização depende das dimensões do filtro, quanto maior as dimensões do filtro, maior será a desfocalização.

Exemplos de filtros Passa Baixas:

1) **Filtro da Média**: pixel central é a média aritmética dos pixels dentro da área da janela.

Máscaras:

Quadrada

1	1	1
1	1	1
1	1	1

 $\ast 1/9$

Forma +

1/5
1/5 1/5 1/5
1/5

Gaussiana

1	2	1
2	3	2
1	2	1

 $\ast 1/15$

2) **Filtro da Média Ponderada**: peso depende de sua distância ao peso central.

Quadrada

1/16	1/8	1/16
1/8	1/4	1/8
1/16	1/8	1/16

Forma +

1/6
1/6 1/3 1/6
1/6

Neste caso a suavização é menos intensa pois há mais influência do pixel central.

3) **Filtro da Moda:** o nível de cinza do pixel central é o nível de cinza mais populoso dentro da janela de dimensão do filtro.

Exemplo:

Original

10	12	13
11	50	12
10	10	13

Filtrado

10	12	13
11	10	...
.....		

Moda = 10

Este filtro é usado para homogeneizar imagens temáticas, ou para reduzir ruídos mantendo o máximo de informação na imagem.

4) **Filtro da Mediana:** O nível de cinza do pixel central é o nível de cinza intermediário do conjunto ordenado de níveis de cinza dentro da janela da máscara.

Exemplo:

Original

24	26	22
28	30	27
28	32	29

Filtrado

27	27	...
27	27	...
.....		

Ordenação :

24 26 22 28 30 27 28 32 29
22 24 26 |27 28| 29 30 32

NC do pixel central = 27 (ou 28)

Este é um filtro complexo por envolver ordenação. Mas sua aplicação suaviza a imagem preservando a informação de bordas na imagem.

Os **Filtros Passa Altas** (FPA) ou de realce de bordas, são usados para eliminar feições de baixa frequência e para realçar feições de alta frequência. O tamanho da máscara (filtro) utilizado influencia o resultado final. Quanto menor forem as dimensões do filtro, menos detalhes serão realçados. No caso de feições lineares extensas, usa-se máscaras de dimensões grandes.

Exemplos de Filtros Passa Alta

1) **Filtros Laplacianos** : usados para detectar bordas

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

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Estas máscaras caracterizam-se por ter a soma dos pesos = 0.

2) **Filtros Laplacianos + Original**: usados para detectar bordas mantendo a informação original.

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

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

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Estas máscaras caracterizam-se por ter a soma dos pesos = 1. Mas tem como desvantagem o realce de ruídos.

Filtros Direcionais de bordas são filtros passa alta que realçam bordas em certas direções, dependendo da implementação do filtro. As bordas em imagens são caracterizadas por transições abruptas de níveis de cinza. Nestes filtros os pesos são distribuídos de forma assimétrica em torno de um eixo hipotético.

Exemplo de Filtros Direcionais:

1) Filtros de Sobel

Norte – Sul

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Nordeste – Sudoeste

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

Leste – Oeste

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Noroeste – Sudeste

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

2) Filtros de Prewitt

Norte – Sul

1	1	1
1	-2	1
-1	-1	-1

Nordeste – Sudoeste

1	1	1
-1	-2	1
-1	-1	1

Leste – Oeste

-1	1	1
-1	-2	1
-1	1	1

Noroeste – Sudeste

-1	-1	1
-1	-2	1
1	1	1

Filtro para detecção de linhas, são filtros passa alta que realçam feições lineares na horizontal e na vertical.

Exemplo de filtros:

Detecção horizontal

-1/2	-1/2	-1/2
1	1	1
-1/2	-1/2	-1/2

Detecção Vertical

-1/2	1	-1/2
-1/2	1	-1/2
-1/2	1	-1/2

O problema com estes filtros é que eles podem detectar características que não são linhas.

Alguns exemplos aplicação de filtros:

- Considere a Imagem original:



- Aplicação do Filtro Passa Baixas (Filtro utilizado - filtro da Média):



- Aplicação do Filtro Passa Altas (Filtro utilizado - filtro Laplaciano + original):

