

Pirâmides de Imagens

Daniel André Vaquero
daniel at vision.ime.usp.br

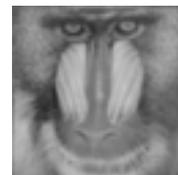
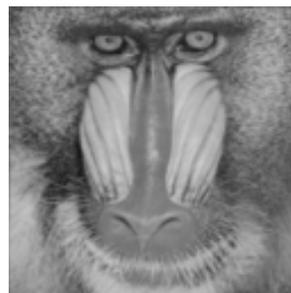
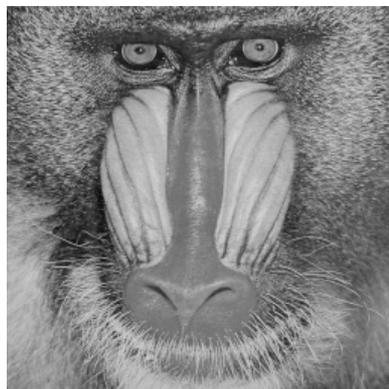
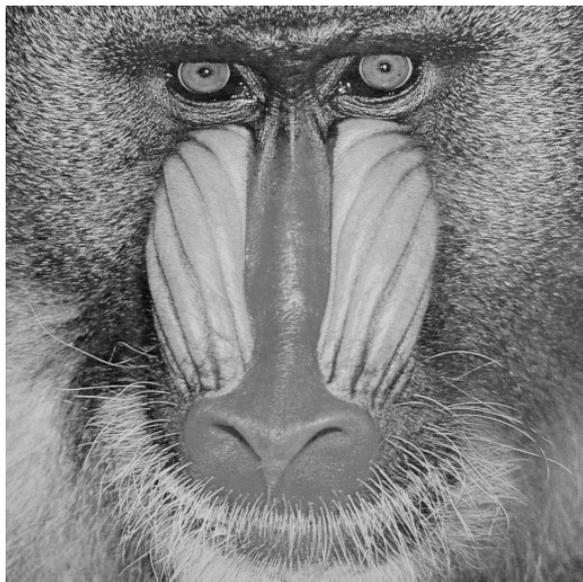
Departamento de Ciência da Computação
Instituto de Matemática e Estatística (IME)
Universidade de São Paulo (USP)

Seminário de Visão e Processamento de Imagens
15 de março de 2006

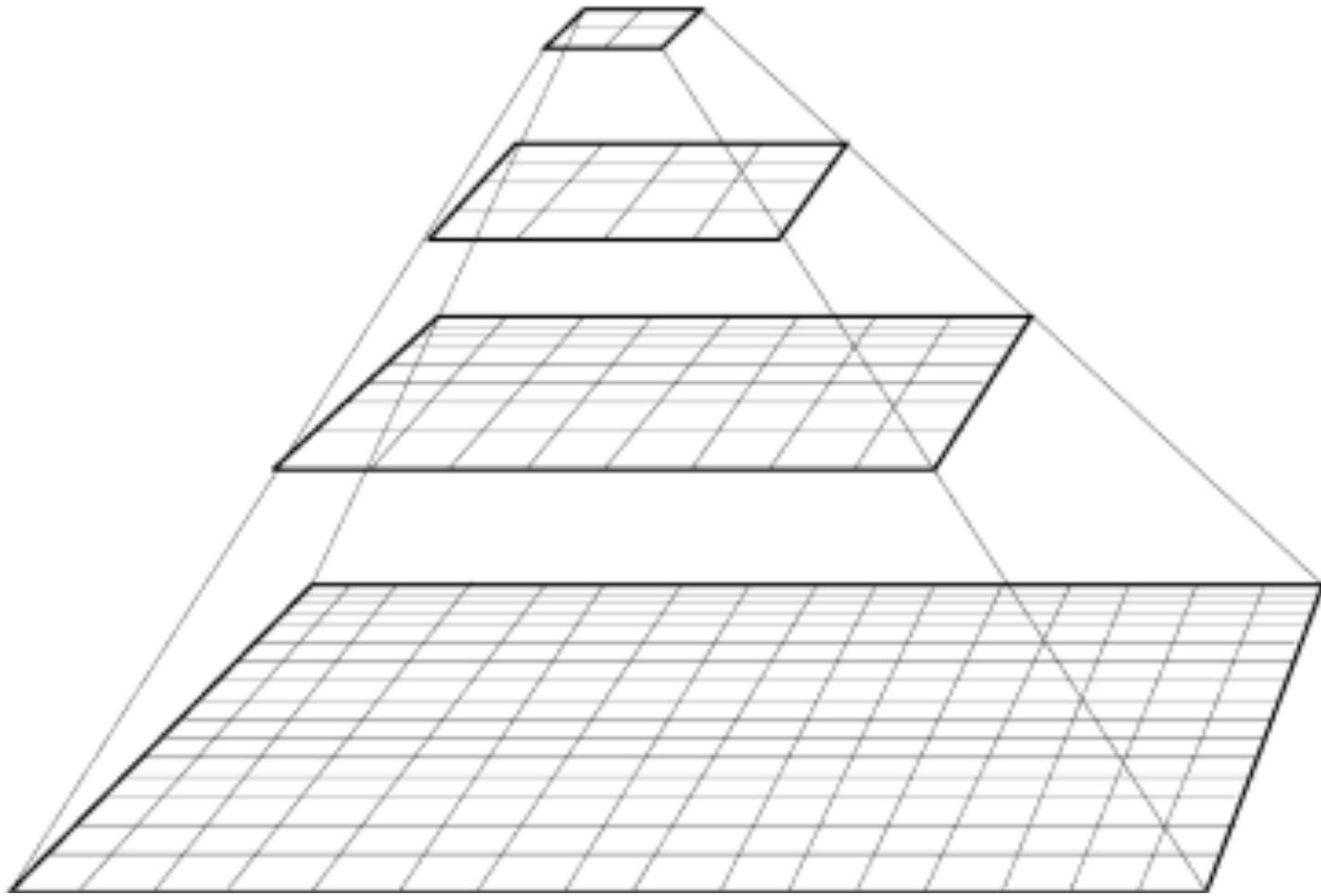
Roteiro

- Pirâmides de Imagens
- Exemplos
- Aplicações

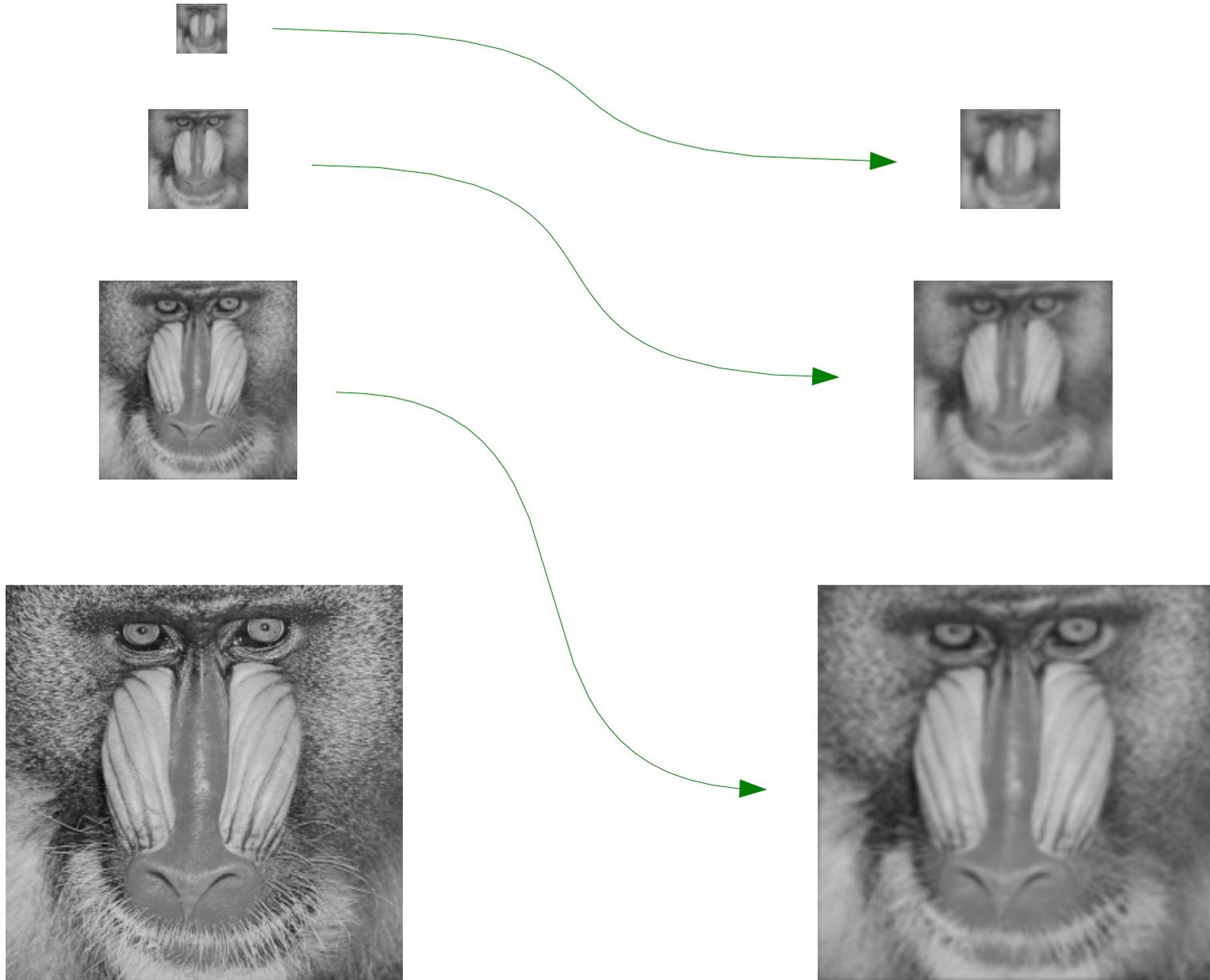
Motivação



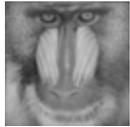
Estrutura Piramidal



Reconstrução Perfeita



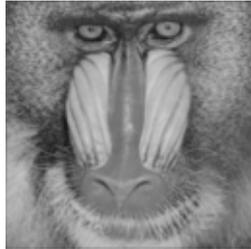
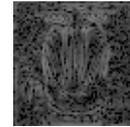
Reconstrução Perfeita



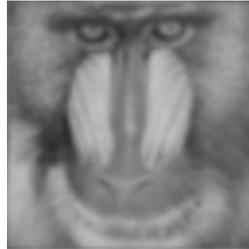
-



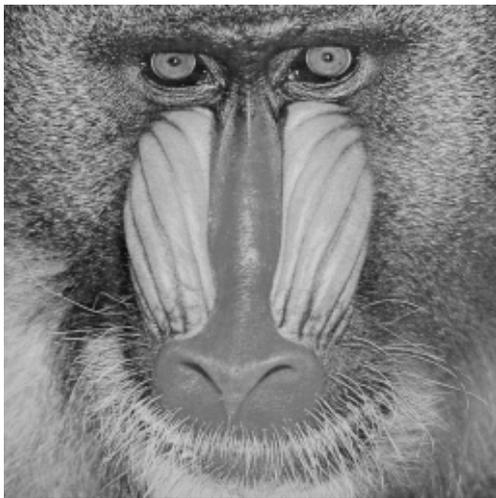
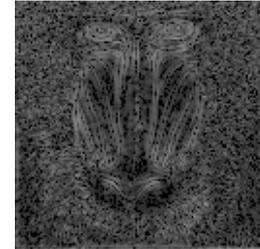
=



-



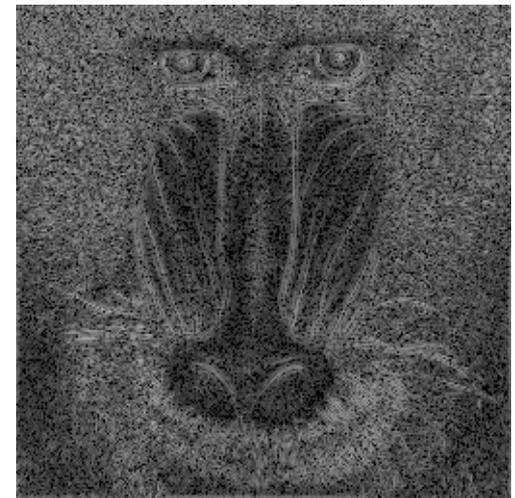
=



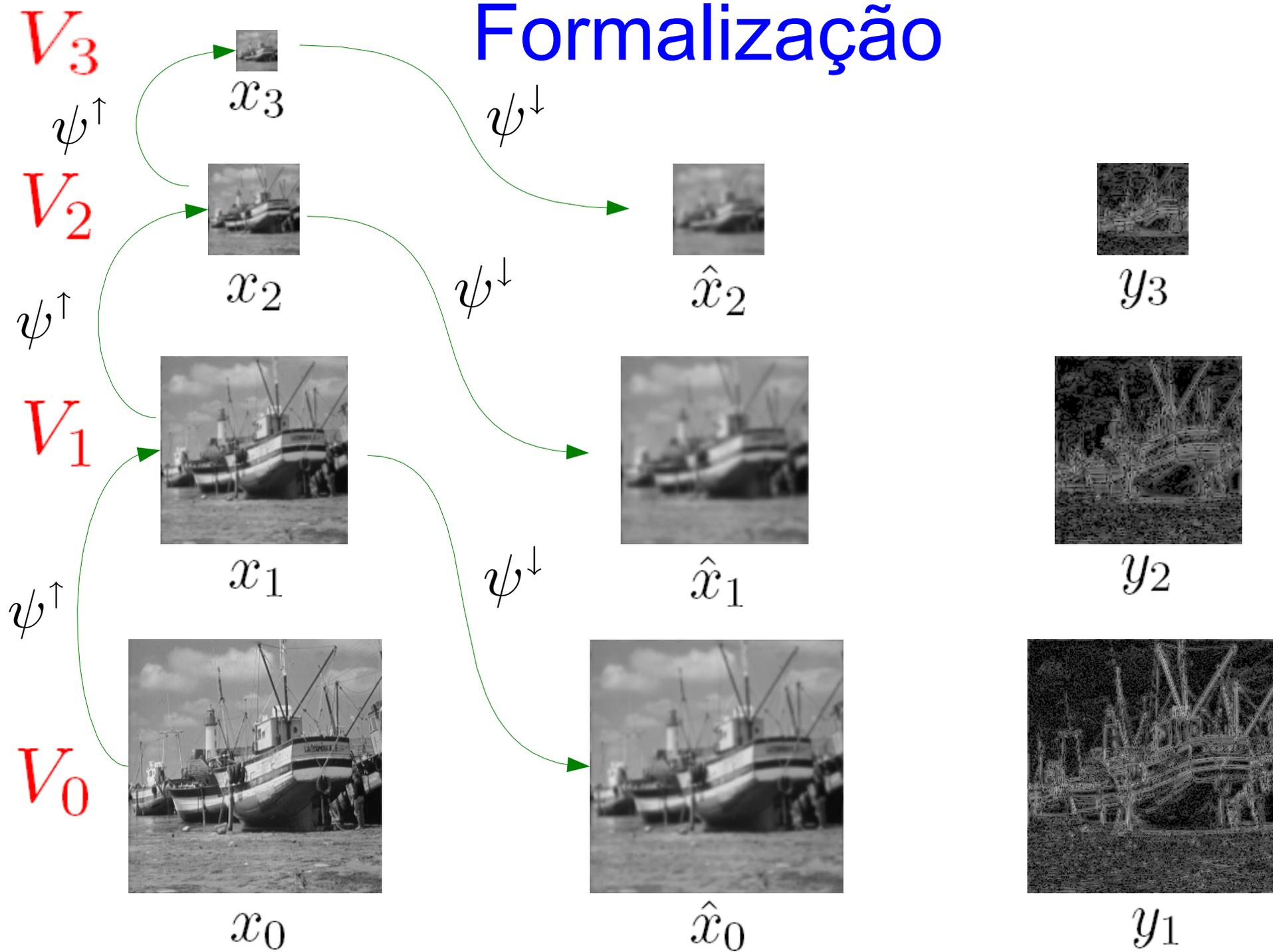
-



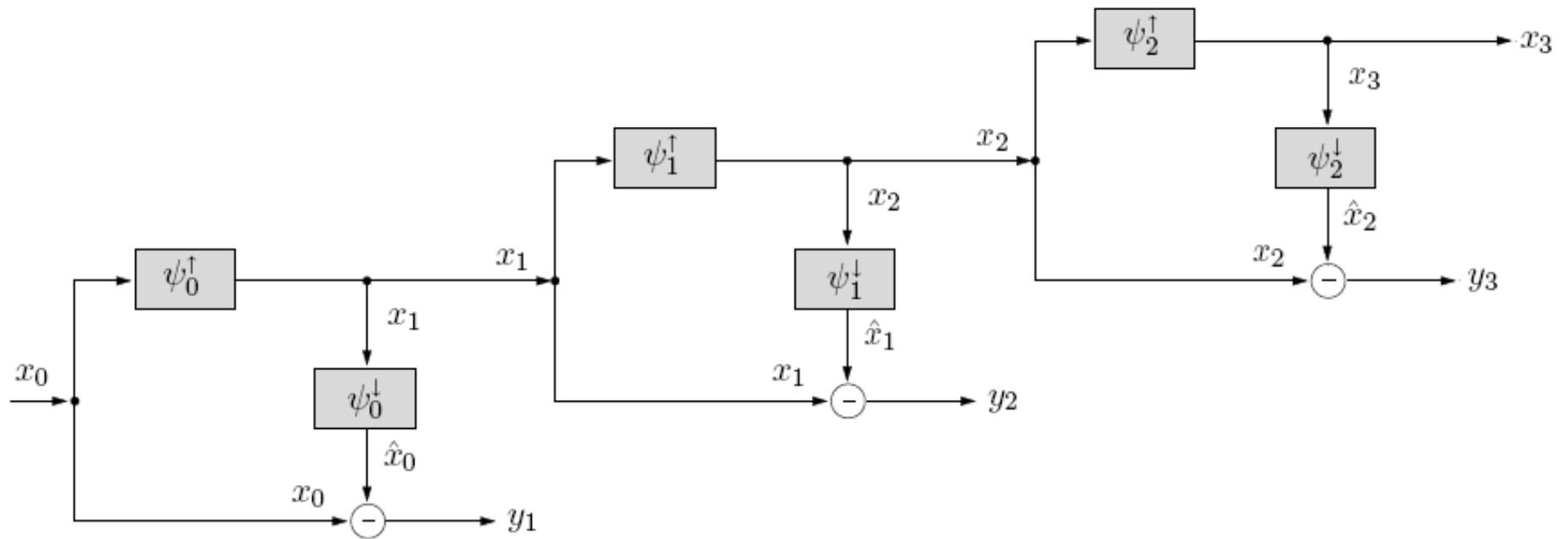
=



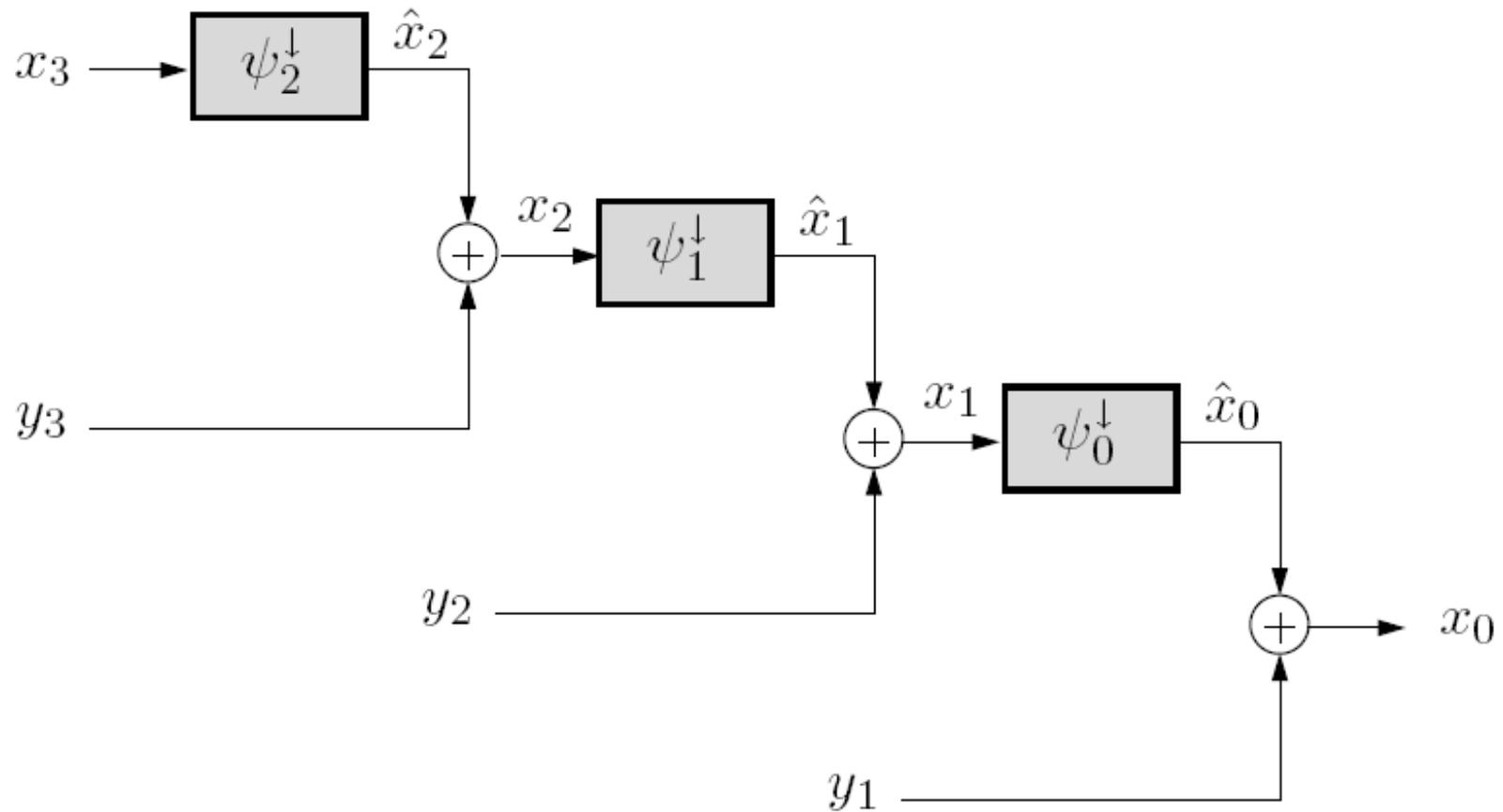
Formalização



Transformação Pirâmide



Transformação Pirâmide Inversa



Amostragem Diádica

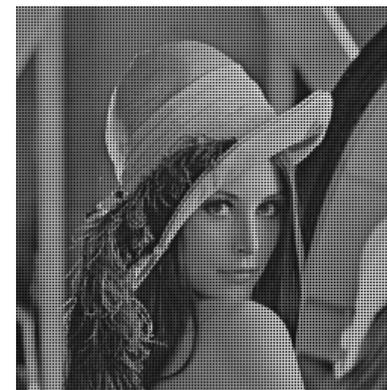
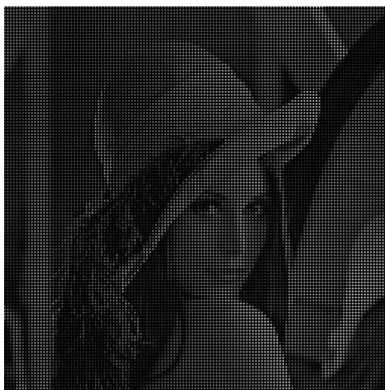
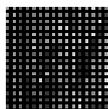
Operadores

$$\sigma^\uparrow(x)(m, n) = x(2m, 2n)$$

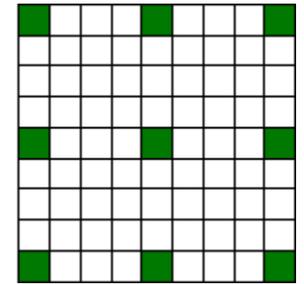
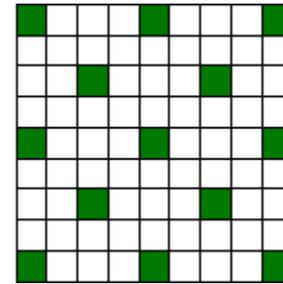
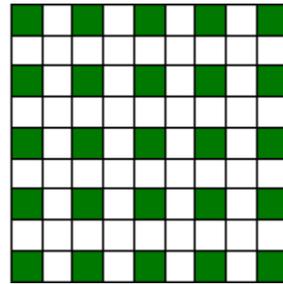
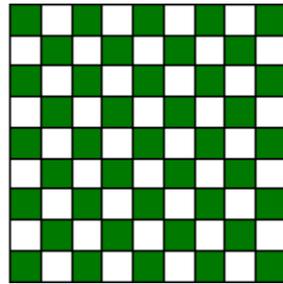
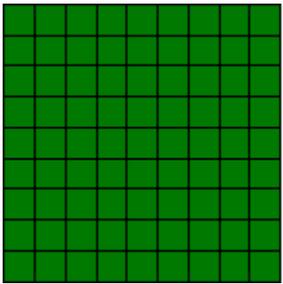
$$\sigma_t^\downarrow(x)(2m, 2n) = x(m, n) \text{ e } \sigma_t^\downarrow(x)(p, q) = t, \text{ se } p, q \notin 2\mathbb{Z}^2$$

$t \in L$, onde L é o conjunto de níveis de cinza da imagem

Amostragem Diádica



Amostragem Quincunx



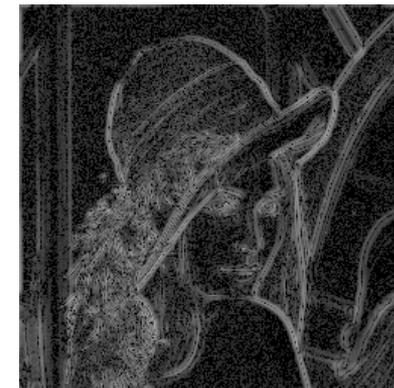
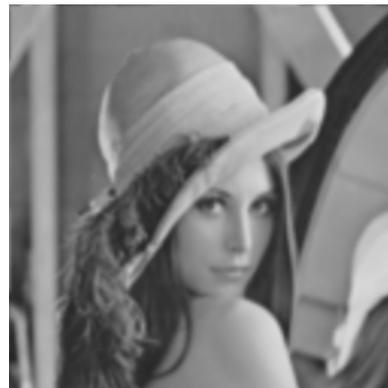
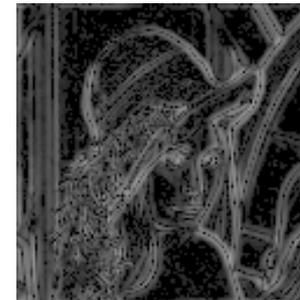
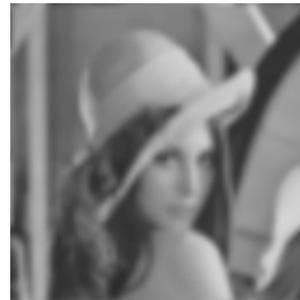
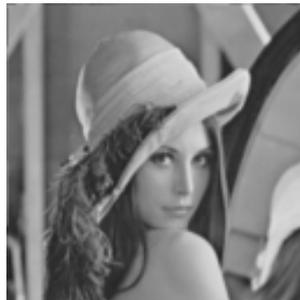
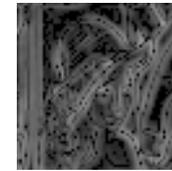
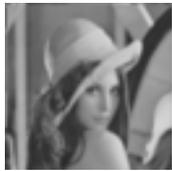
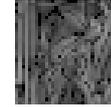
Pirâmide de Burt-Adelson

Operadores

$$\psi^\uparrow(x)(m, n) = \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 w(i, j) x(2m + i, 2n + j)$$

$$\psi^\downarrow(x)(m, n) = 4 \sum_{i=-2}^2 \sum_{j=-2}^2 w(i, j) x\left(\frac{m-i}{2}, \frac{n-j}{2}\right)$$

Pirâmide de Burt-Adelson



Pirâmide da Mediana

Operadores

$$\psi^\uparrow(x)(m, n) = \text{mediana}\{x(2m + k, 2n + l) \mid -1 \leq k, l \leq 1\}$$

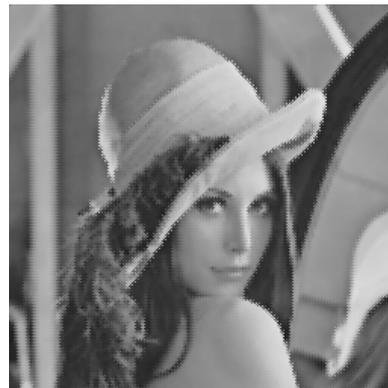
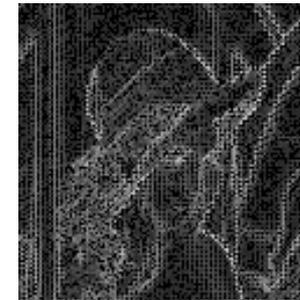
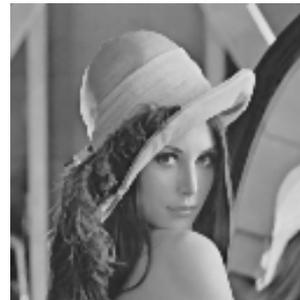
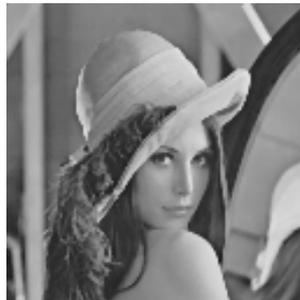
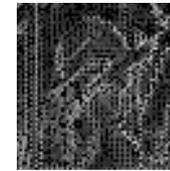
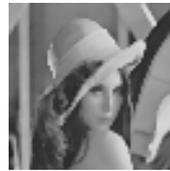
$$\psi^\downarrow(x)(2m, 2n) = x(m, n)$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m, 2n + 1) = \min(x(m, n), x(m, n + 1))$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n) = \min(x(m, n), x(m + 1, n))$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n + 1) = \\ \max(x(m, n), x(m, n + 1), x(m + 1, n + 1), x(m + 1, n))$$

Pirâmide da Mediana

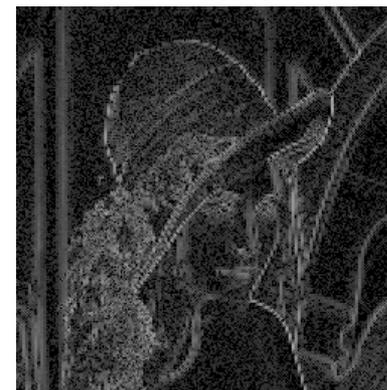
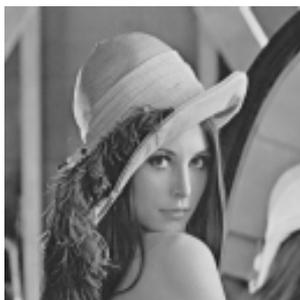
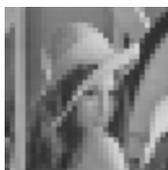
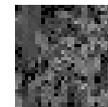
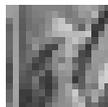


Pirâmide de Haar

Operadores

$$\begin{aligned}\psi^\uparrow(x)(m, n) &= \frac{1}{4} \cdot (x(2m, 2n) + x(2m, 2n + 1) \\ &\quad + x(2m + 1, 2n) + x(2m + 1, 2n + 1)) \\ \psi^\downarrow(x)(2m, 2n) &= \psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n) = \\ \psi^\downarrow(x)(2m, 2n + 1) &= \psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n + 1) = x(m, n)\end{aligned}$$

Pirâmide de Haar



Pirâmide de Haar Morfológica

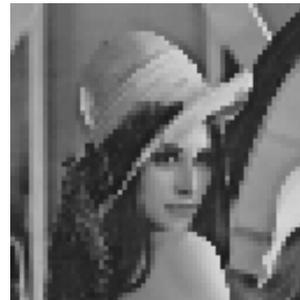
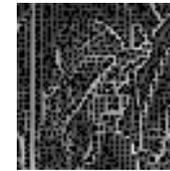
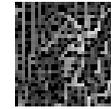
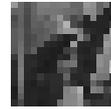
Operadores

$$\begin{aligned}\psi^\uparrow(x)(m, n) &= \min(x(2m, 2n), x(2m, 2n + 1), \\ &\quad x(2m + 1, 2n + 1), x(2m + 1, 2n)) \\ \psi^\downarrow(x)(2m, 2n) &= \psi^\downarrow(x)(2m, 2n + 1) = \\ \psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n + 1) &= \psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n) = x(m, n)\end{aligned}$$

Propriedade

$$\psi^\downarrow\psi^\uparrow \leq \text{id}$$

Pirâmide de Haar Morfológica



Pirâmide de Heijmans-Toet

Operadores

$$\psi^\uparrow(x)(m, n) = \min\{x(2m + k, 2n + l) \mid -1 \leq k, l \leq 1\}$$

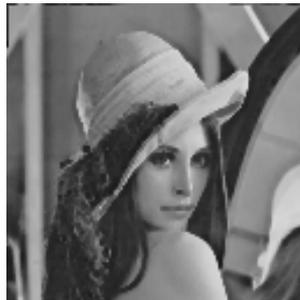
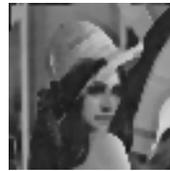
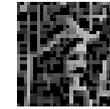
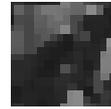
$$\psi^\downarrow(x)(2m, 2n) = x(m, n)$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m, 2n + 1) = \max(x(m, n), x(m, n + 1))$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n) = \max(x(m, n), x(m + 1, n))$$

$$\psi^\downarrow(x)(2m + 1, 2n + 1) = \max(x(m, n), x(m, n + 1), \\ x(m + 1, n + 1), x(m + 1, n))$$

Pirâmide de Heijmans-Toet



Pirâmide de Aberturas

Operadores

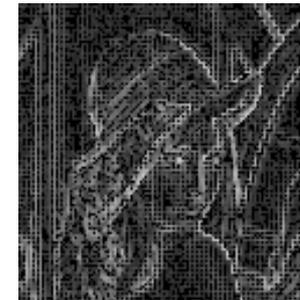
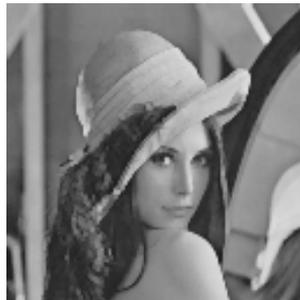
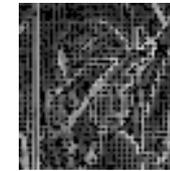
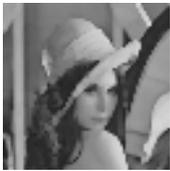
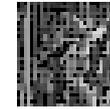
$$\psi^\uparrow = \sigma^\uparrow \gamma_B$$

$$\psi^\downarrow = \phi_B \sigma_0^\downarrow$$

Pirâmide de Aberturas



Pirâmide de Aberturas



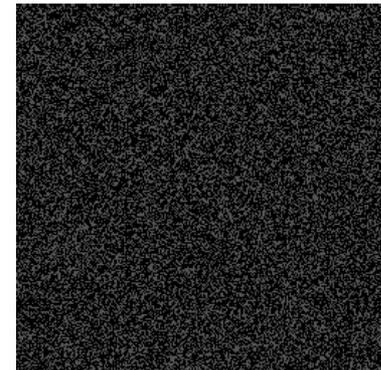
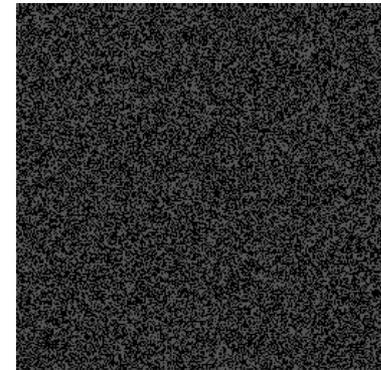
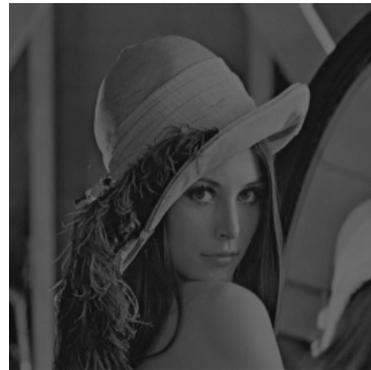
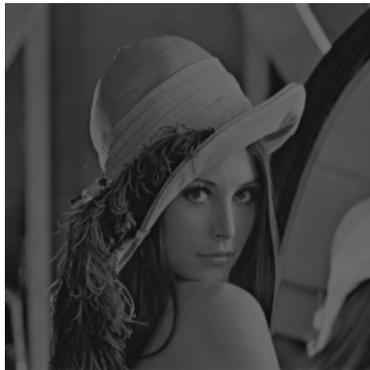
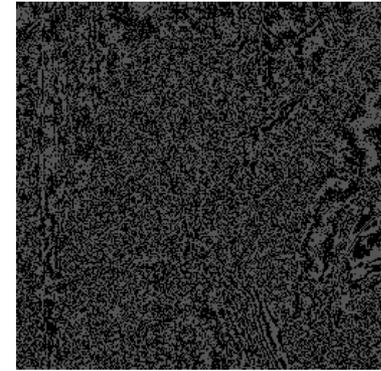
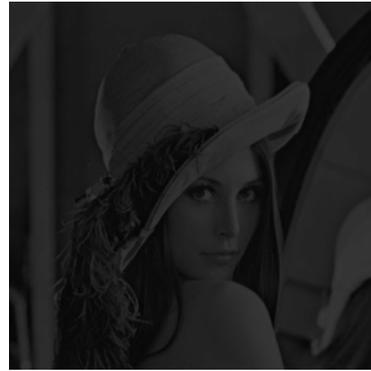
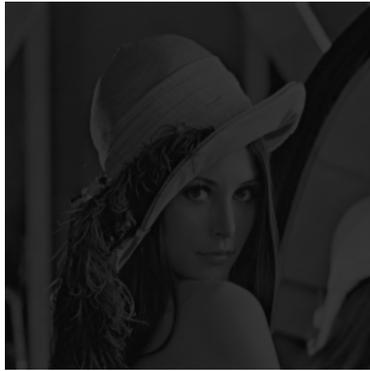
Pirâmides com Quantização

Operadores

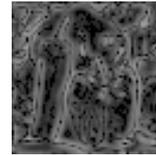
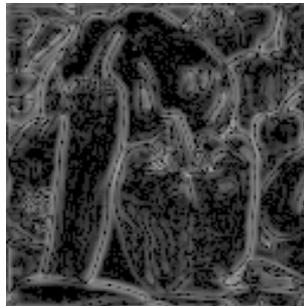
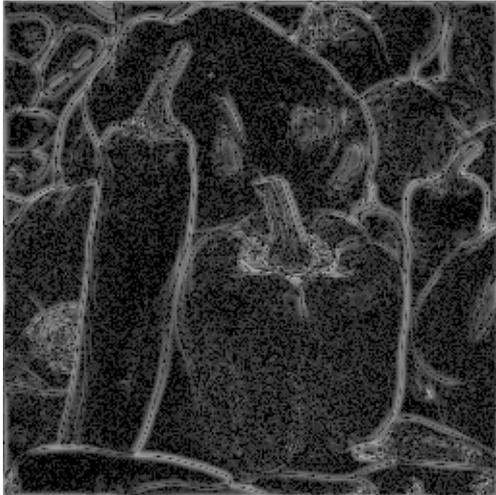
$$\psi^\uparrow(x)(n) = \left\lfloor \frac{x(n)}{2} \right\rfloor$$

$$\psi^\downarrow(x)(n) = 2 \cdot x(n).$$

Pirâmides com Quantização



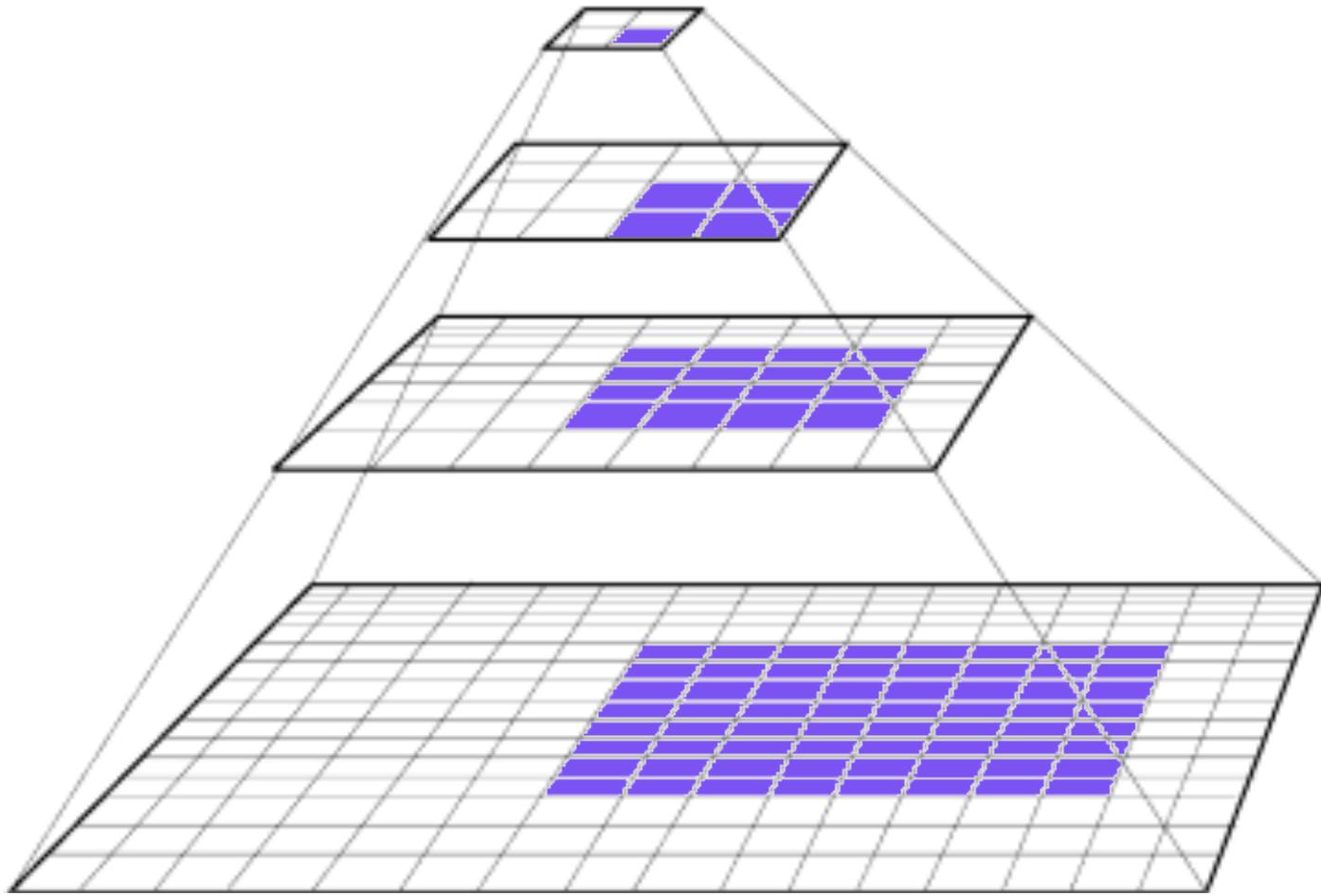
Compressão e Codificação de Imagens



Transmissão Progressiva



Localização de Objetos



Projeto de W-operadores Multiresolução

do computador moderno — com uma pergunta: “Que tal botar essa máquina para calcular quando ela mesma terá alguma utilidade?”, ironizou na época o primeiro-ministro Robert Peel. Precisamente 200 anos antes, o filósofo e matemático francês Blaise Pascal já havia inventado uma



inglês Alan Turing, responsável pela quebra do código secreto nazista durante a II Guerra, investigar o quanto um computador é capaz de replicar o pensamento humano. Nos anos 50, o cientista conhecido como teste de Turing: senta-se uma pessoa numa sala, em frente a um teletipo, conectada mas isolada fisicamente de dois interlocutores: um é humano, o outro é um computador. Fazendo uma série de perguntas a ambos e analisando a natureza

no Dartmouth College, Estados Unidos, quatro décadas atrás, sabe-se que o mais difícil para um computador é executar tarefas consideradas corriqueiras pelo ser humano. Como, por exemplo, reconhecer um rosto. Simplesmente não há como codificar as regras pelas quais se reconhece alguém. Em compensação, sustenta Douglas B. Lenat, que trabalha há dez anos na codificação de uma linguagem do senso comum, tarefas que os humanos consideram difícilísimas são muito mais fáceis de automatizar. Em 1975, criou-se um programa chamado Mycin que ultrapassa em precisão a capacidade médica de diagnosticar meningite em pacientes.

Gênios — Até hoje, a única tentativa séria de procurar saber como os computadores poderiam ter ajudado nove gênios da humanidade em seu trabalho foi feita pelo psicólogo americano Herbert Simon, do Massachusetts Institute of Technology. Na categoria “gênios” foram estudados os trabalhos de Galileu, Kepler, Einstein, Leonardo da Vinci, Freud, Stravinsky, T.S. Eliot, Picasso e Gandhi. Simon, que ganhou o Prêmio Nobel de Economia em 1978 por um trabalho sobre a Teoria dos Jogos (ou, tomada de decisões), desenvolveu programas de computador para descobrir se o processo criativo é regido por algumas regras lógicas comuns. Como subproduto, esses programas deveriam fornecer uma informação adicional: qual fase específica do pensamento e do trabalho do gênio estudado poderia ter sido afetada pelo uso de um computador. A conclusão de Simon: o único gênio que poderia ter alimentado o computador com alguns dados-chave, ir dormir, e voltar mais tarde para recolher a sua descoberta foi o matemático alemão

máquina de somar e subtrair, para ajudar o pai a calcular seus impostos. Pascal tinha apenas 19 anos. Patentou seu invento que foi um fracasso comercial por ser caro demais. Do ábaco ao computador de hoje, a linhagem é a mesma. Só que a máquina foi ficando mais inteligente. Além de desempenhar uma série de operações aritméticas, é capaz de armazenar um programa de forma a repetir a operação, tomar decisões lógicas, arquivar e resgatar dados sem intervenção humana. Hoje, a Associação Americana de Inteligência Artificial, fundada em 1979, deixou de ser conhecida como clube de utopistas desviados e resultados medíocres. Ninguém mais ri do pouco que se avançou. Coube ao matemático

das respostas, a pessoa procura determinar qual dos dois interlocutores é a máquina, qual é o humano. Sempre que ela não conseguir chegar a uma conclusão segura, o computador terá passado o teste de inteligência.

De fato, até agora programadores têm se concentrado em criar interfaces em que a máquina nada faz se não tiver sido dado um comando humano. O computador continua sendo uma entidade passiva, no aguardo da execução de instruções precisas e detalhadas. Para o amanhã, trabalha-se numa espécie de “evolução artificial”, pela qual o usuário delegará tarefas e a máquina passará a agir de forma mais autônoma. Acontece que, desde a fundação do primeiro núcleo de inteligência artificial

O computador torna o mundo mais complicado?

NÃO
SIM
NÃO SABE

74%
3% 23%

Em tempos mais recentes, o homem tem buscado um meio de eliminar a escassez de informação. Para isso, repenhou as fronteiras tradicionais de tempo, espaço e forma

maquina de somar e subtrair, para ajudar o pai a calcular seus impostos. Pascal tinha apenas 19 anos. Patentou seu invento que foi um fracasso comercial por ser caro demais. Do ábaco ao computador de hoje, a linhagem é a mesma. Só que a máquina foi ficando mais inteligente. Além de desempenhar uma série de operações aritméticas, é capaz de armazenar um programa de forma a repetir a operação, tomar decisões lógicas, arquivar e resgatar dados sem intervenção humana. Hoje, a Associação Americana de Inteligência Artificial, fundada em 1979, deixou de ser conhecida como clube de utopistas desviados e resultados medíocres. Ninguém mais ri do pouco que se avançou. Coube ao matemático



do computador moderno — com uma pergunta: “Que tal botar essa máquina para calcular quando ela mesma terá alguma utilidade?”, ironizou na época o primeiro-ministro Robert Peel. Precisamente 200 anos antes, o filósofo e matemático francês Blaise Pascal já havia inventado uma

inglês Alan Turing, responsável pela quebra do código secreto nazista durante a II Guerra, investigar o quanto um computador é capaz de replicar o pensamento humano. Nos anos 50, o cientista conhecido como teste de Turing: senta-se uma pessoa numa sala, em frente a um teletipo, conectada mas isolada fisicamente de dois interlocutores: um é humano, o outro é um computador. Fazendo uma série de perguntas a ambos e analisando a natureza

no Dartmouth College, Estados Unidos, quatro décadas atrás, sabe-se que o mais difícil para um computador é executar tarefas consideradas corriqueiras pelo ser humano. Como, por exemplo, reconhecer um rosto. Simplesmente não há como codificar as regras pelas quais se reconhece alguém. Em compensação, sustenta Douglas B. Lenat, que trabalha há dez anos na codificação de uma linguagem do senso comum, tarefas que os humanos consideram difícilísimas são muito mais fáceis de automatizar. Em 1975, criou-se um programa chamado Mycin que ultrapassa em precisão a capacidade médica de diagnosticar meningite em pacientes.

Gênios — Até hoje, a única tentativa séria de procurar saber como os computadores poderiam ter ajudado nove gênios da humanidade em seu trabalho foi feita pelo psicólogo americano Herbert Simon, do Massachusetts Institute of Technology. Na categoria “gênios” foram estudados os trabalhos de Galileu, Kepler, Einstein, Leonardo da Vinci, Freud, Stravinsky, T.S. Eliot, Picasso e Gandhi. Simon, que ganhou o Prêmio Nobel de Economia em 1978 por um trabalho sobre a Teoria dos Jogos (ou, tomada de decisões), desenvolveu programas de computador para descobrir se o processo criativo é regido por algumas regras lógicas comuns. Como subproduto, esses programas deveriam fornecer uma informação adicional: qual fase específica do pensamento e do trabalho do gênio estudado poderia ter sido afetada pelo uso de um computador. A conclusão de Simon: o único gênio que poderia ter alimentado o computador com alguns dados-chave, ir dormir, e voltar mais tarde para recolher a sua descoberta foi o matemático alemão

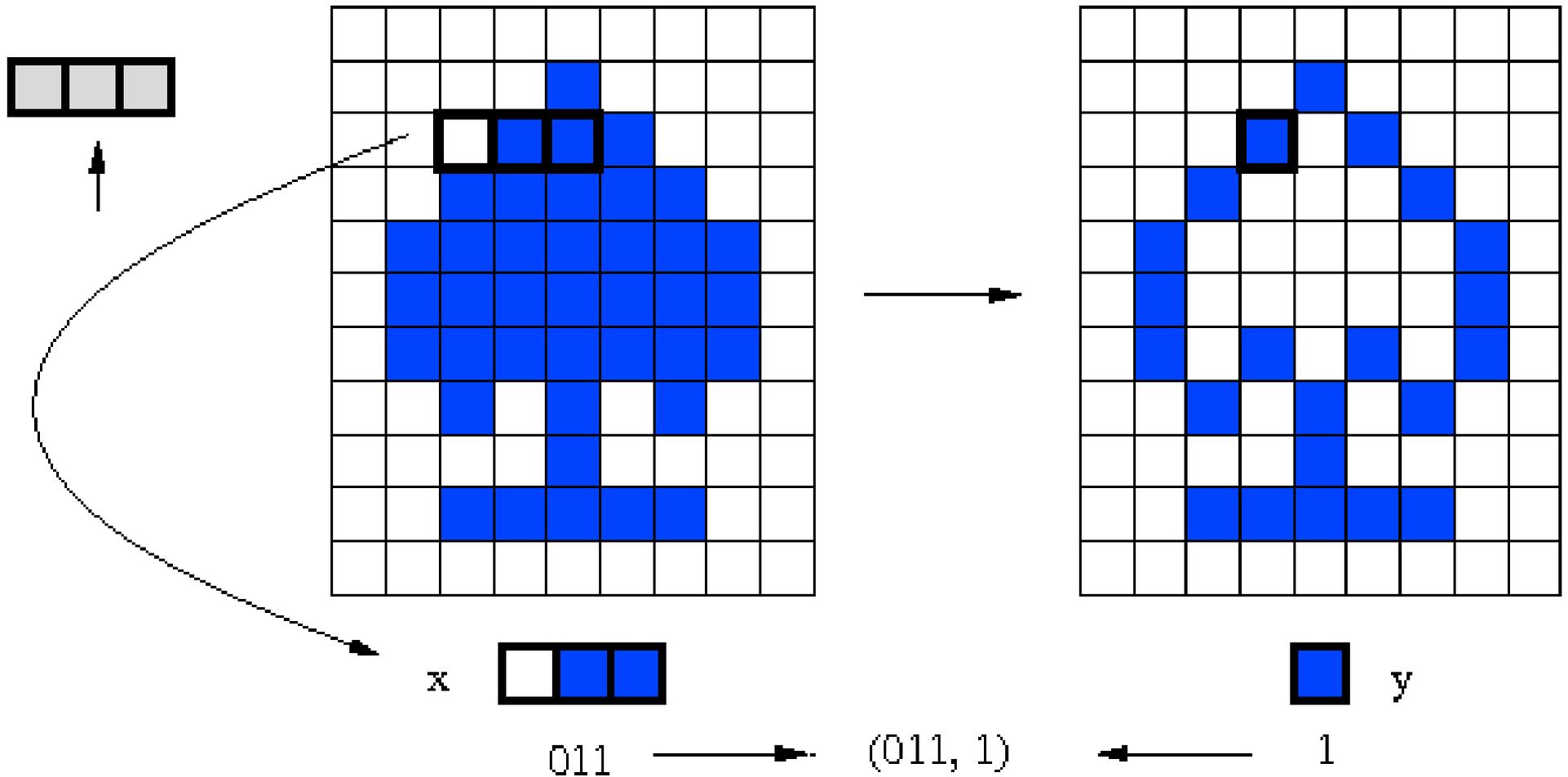
máquina de somar e subtrair, para ajudar o pai a calcular seus impostos. Pascal tinha apenas 19 anos. Patentou seu invento que foi um fracasso comercial por ser caro demais. Do ábaco ao computador de hoje, a linhagem é a mesma. Só que a máquina foi ficando mais inteligente. Além de desempenhar uma série de operações aritméticas, é capaz de armazenar um programa de forma a repetir a operação, tomar decisões lógicas, arquivar e resgatar dados sem intervenção humana. Hoje, a Associação Americana de Inteligência Artificial, fundada em 1979, deixou de ser conhecida como clube de utopistas desviados e resultados medíocres. Ninguém mais ri do pouco que se avançou. Coube ao matemático

das respostas, a pessoa procura determinar qual dos dois interlocutores é a máquina, qual é o humano. Sempre que ela não conseguir chegar a uma conclusão segura, o computador terá passado o teste de inteligência.

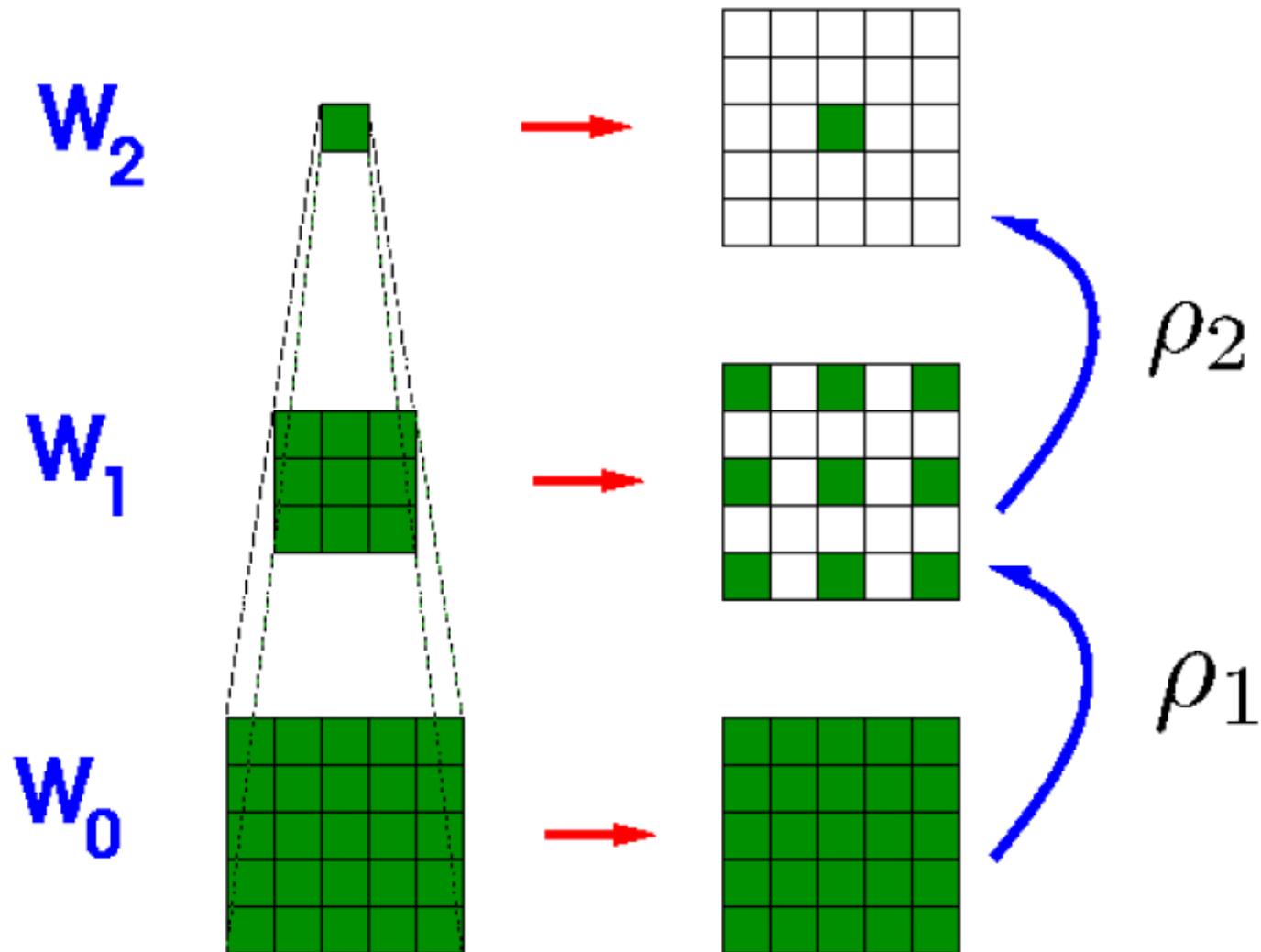
De fato, até agora programadores têm se concentrado em criar interfaces em que a máquina nada faz se não tiver sido dado um comando humano. O computador continua sendo uma entidade passiva, no aguardo da execução de instruções precisas e detalhadas. Para o amanhã, trabalha-se numa espécie de “evolução artificial”, pela qual o usuário delegará tarefas e a máquina passará a agir de forma mais autônoma. Acontece que, desde a fundação do primeiro núcleo de inteligência artificial

Em tempos mais recentes, o homem tem buscado um meio de eliminar a escassez de informação. Para isso, repenhou as fronteiras tradicionais de tempo, espaço e forma

Projeto de W-operadores Multiresolução



Projeto de W-operadores Multiresolução



Finalizando...

- A escolha do mapeamento depende da aplicação
- Filtros morfológicos: bordas, valores inteiros
- Redundância

Bibliografia



J. Goutsias and H. J. A. M. Heijmans.

Nonlinear Multiresolution Signal Decomposition Schemes –
Part I: Morphological Pyramids.

IEEE Transactions on Image Processing, November 2000.



P. J. Burt and E. H. Adelson.

The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code.

IEEE Transactions on Communications, April 1983.