

INTRODUÇÃO

O QUE É VISÃO COMPUTACIONAL?

Sinônimo

Visão Computacional ===== Visão de Máquinas

Análise de Imagens, Análise de Cenas
Image Understanding

Processo Inverso

Visão Computacional ===== Computação Gráfica

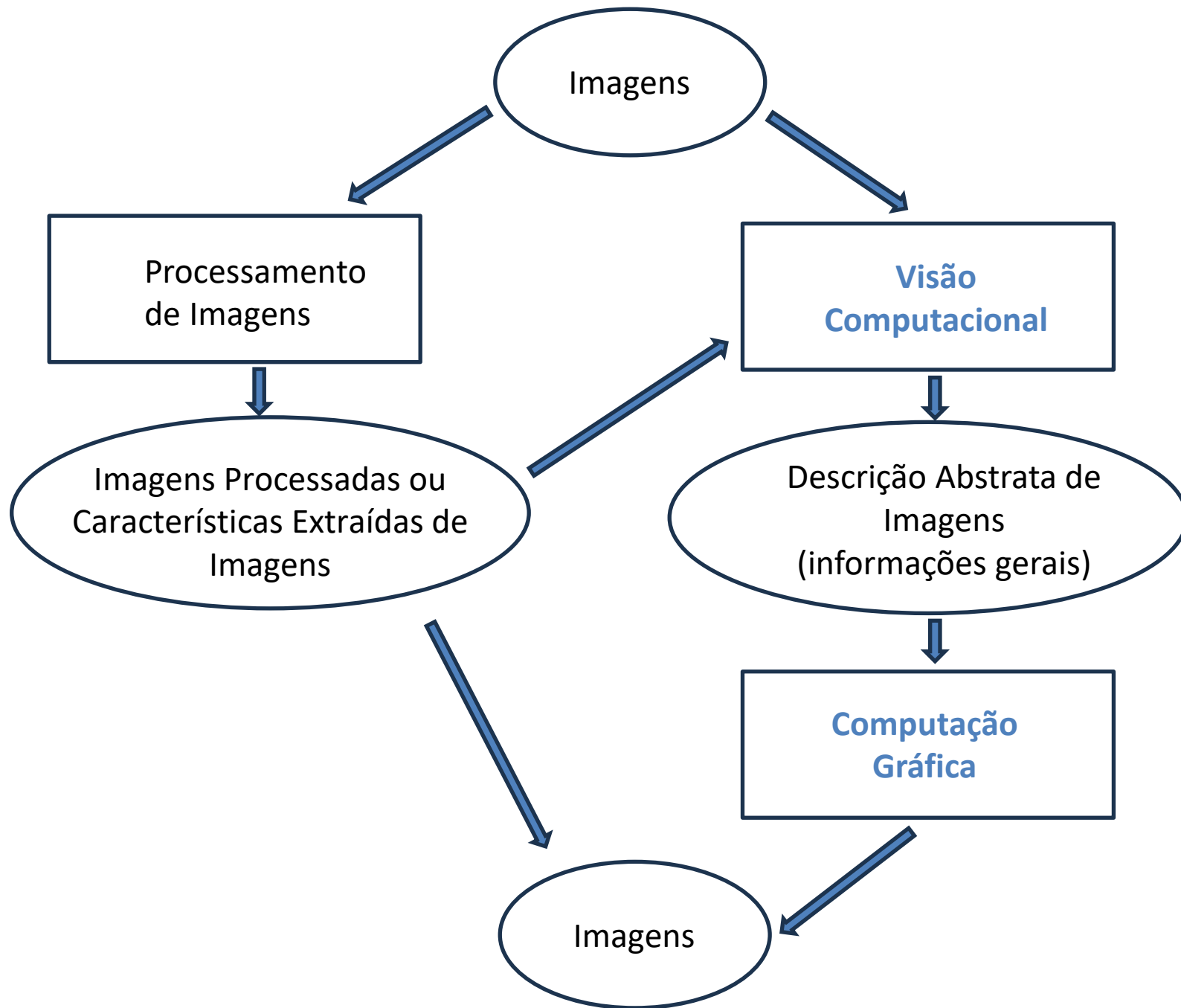
- Definição de Visão Computacional
 - Técnicas Computacionais para estimar ou explicitar propriedades geométricas e dinâmicas do mundo 3-D a partir de imagens 2-D, tais como forma, iluminação, distribuição de cores, movimento, posturas, etc., para aplicações tais como análise de imagens médicas, medições em engenharia, direção autônoma, robótica, etc.
- Definição de Computação Gráfica
 - Utiliza modelos matemáticos e algoritmos computacionais para gerar imagens

INTRODUÇÃO

O QUE É VISÃO COMPUTACIONAL?

- Definição Modernizada de Visão Computacional

Área multidisciplinar que busca capacitar computadores e sistemas a "enxergar" e interpretar o mundo visual da mesma forma que os humanos. Isso significa extrair, analisar e compreender informações significativas de imagens e vídeos, para então tomar decisões ou realizar ações com base nessa compreensão.



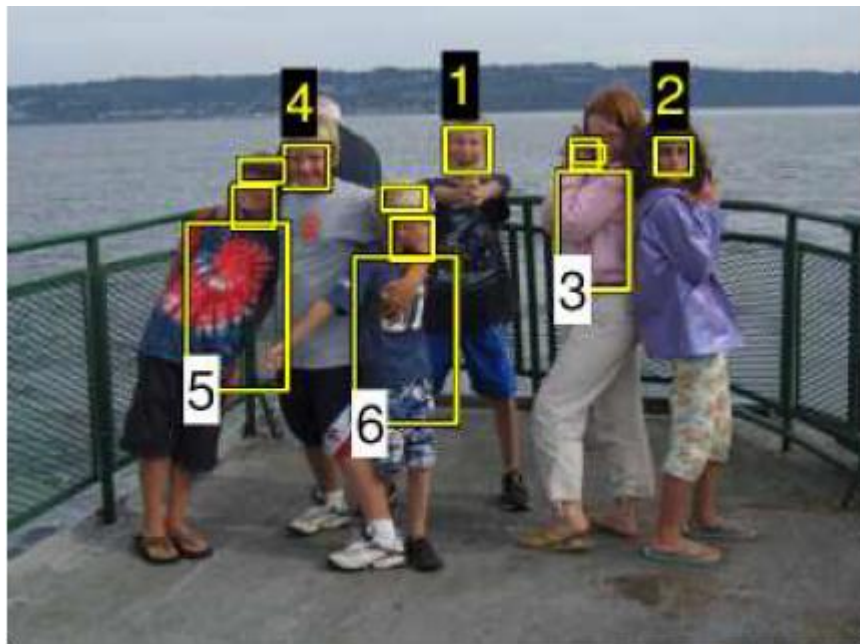
- Os Problemas e Escopos da Visão Computacional
 - Computar propriedades do mundo 3-D de uma ou mais imagens digitais
 - *Propriedades Geométricas*
 - Forma e posição de objetos sólidos
 - *Propriedades Dinâmicas*
 - Movimento de Objetos (velocidade etc.)
 - *Propriedades Fotométricas*
 - Iluminação, brilho, cores

- Percepção 3-D a partir de imagens



O sistema visual humano não tem problemas em interpretar as variações sutis de translucidez e sombreamento nesta fotografia, com segmentação correta do objeto a partir de seu fundo.

- Alguns exemplos de algoritmos e aplicações de visão computacional



(a)



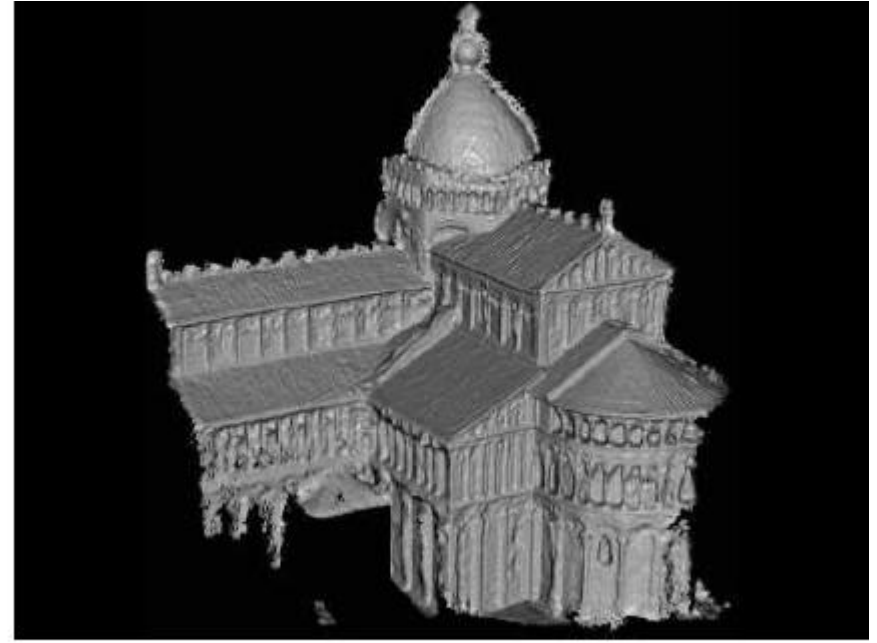
(b)

(a) Algoritmos de detecção de rosto, juntamente com roupas coloridas e algoritmos de detecção de cabelo, podem localizar e reconhecer os indivíduos nesta imagem (Sivic, Zitnick, e Szeliski 2006) © 2006 Springer. (b) A segmentação de instância de objeto pode delinear cada pessoa e objeto em uma cena complexa (He, Gkioxari et al. 2017) © 2017 IEEE.

- Alguns exemplos de algoritmos e aplicações de visão computacional



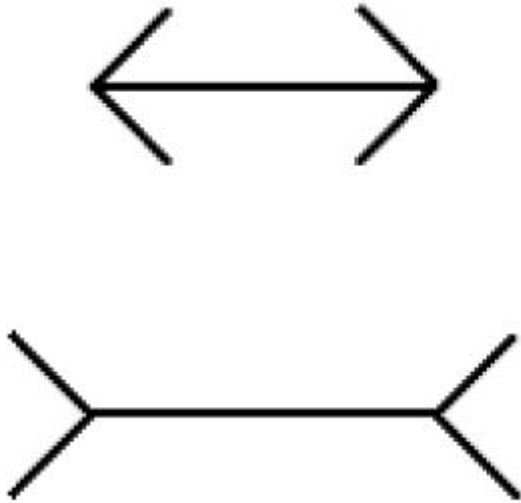
(c)



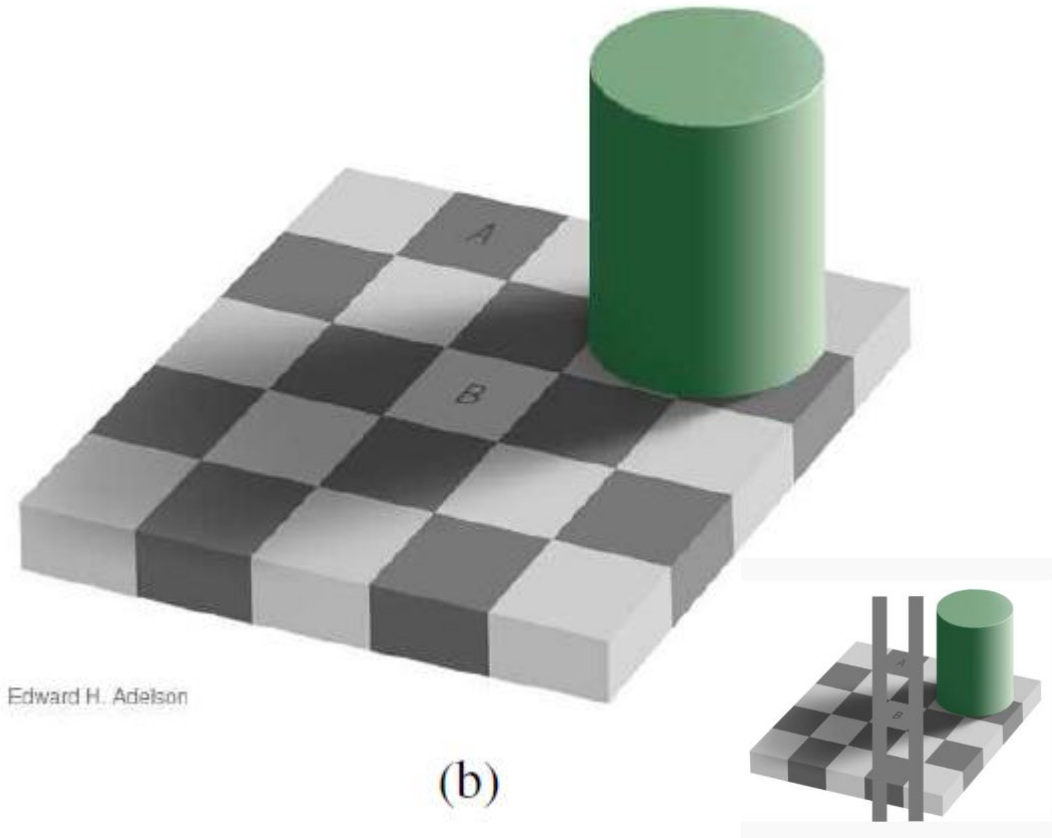
(d)

(c) A estrutura a partir de algoritmos de movimento pode reconstruir um modelo de pontos 3D esparsos de uma grande cena complexa a partir de centenas de fotografias parcialmente sobrepostas (Snavely, Seitz e Szeliski 2006) © 2006 ACM. (d) Algoritmos de correspondência estéreo podem construir um modelo 3D detalhado da fachada de um edifício a partir de centenas de fotografias diferentes tiradas da internet (Goesele, Snavely et al. 2007) © 2007 IEEE.

- Algumas ilusões de ótica comuns e o que elas podem nos dizer sobre o sistema visual



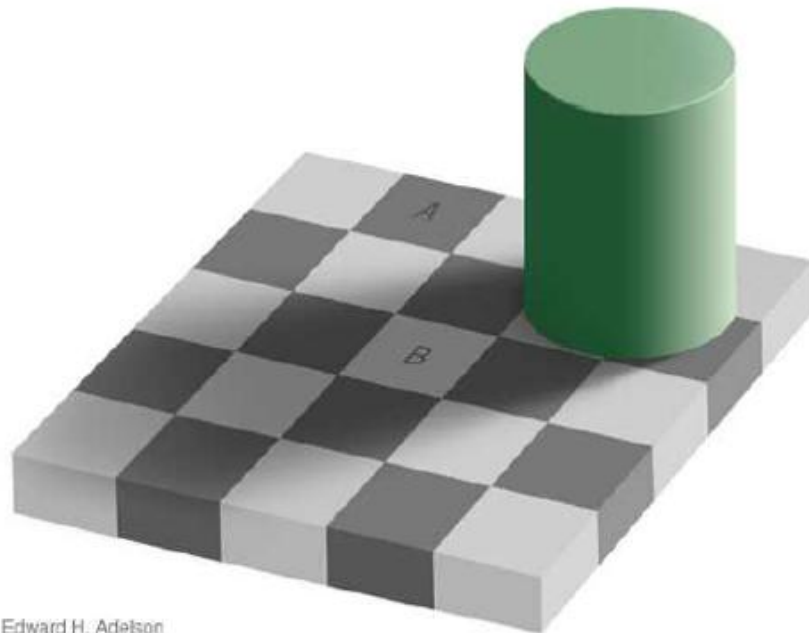
(a)



(b)

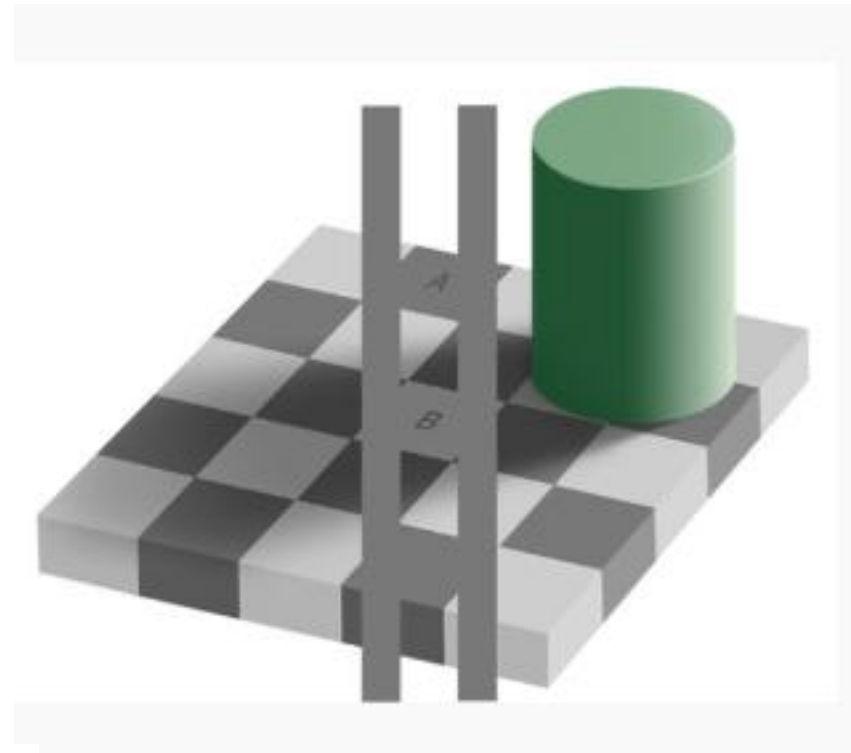
(a) A clássica ilusão de Müller-Lier, onde os comprimentos das duas linhas horizontais parecem diferentes, provavelmente devido aos efeitos de perspectiva imaginados. (b) O quadrado "branco" B na sombra e o quadrado "preto" A na luz têm, na verdade, o mesmo valor absoluto de intensidade. A percepção se deve à constância de brilho, a tentativa do sistema visual de descontar a iluminação ao interpretar cores. Imagem cortesia de Ted Adelson, <http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>.

- Algumas ilusões de ótica comuns e o que elas podem nos dizer sobre o sistema visual



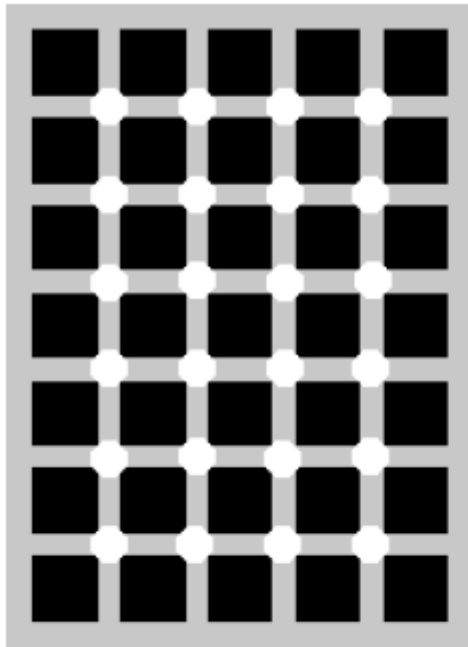
Edward H. Adelson

(b)



Ao unir os quadrados marcados A e B com duas listras verticais do mesmo tom de cinza, torna-se aparente que ambos os quadrados são iguais.

- Algumas ilusões de ótica comuns e o que elas podem nos dizer sobre o sistema visual



(c)

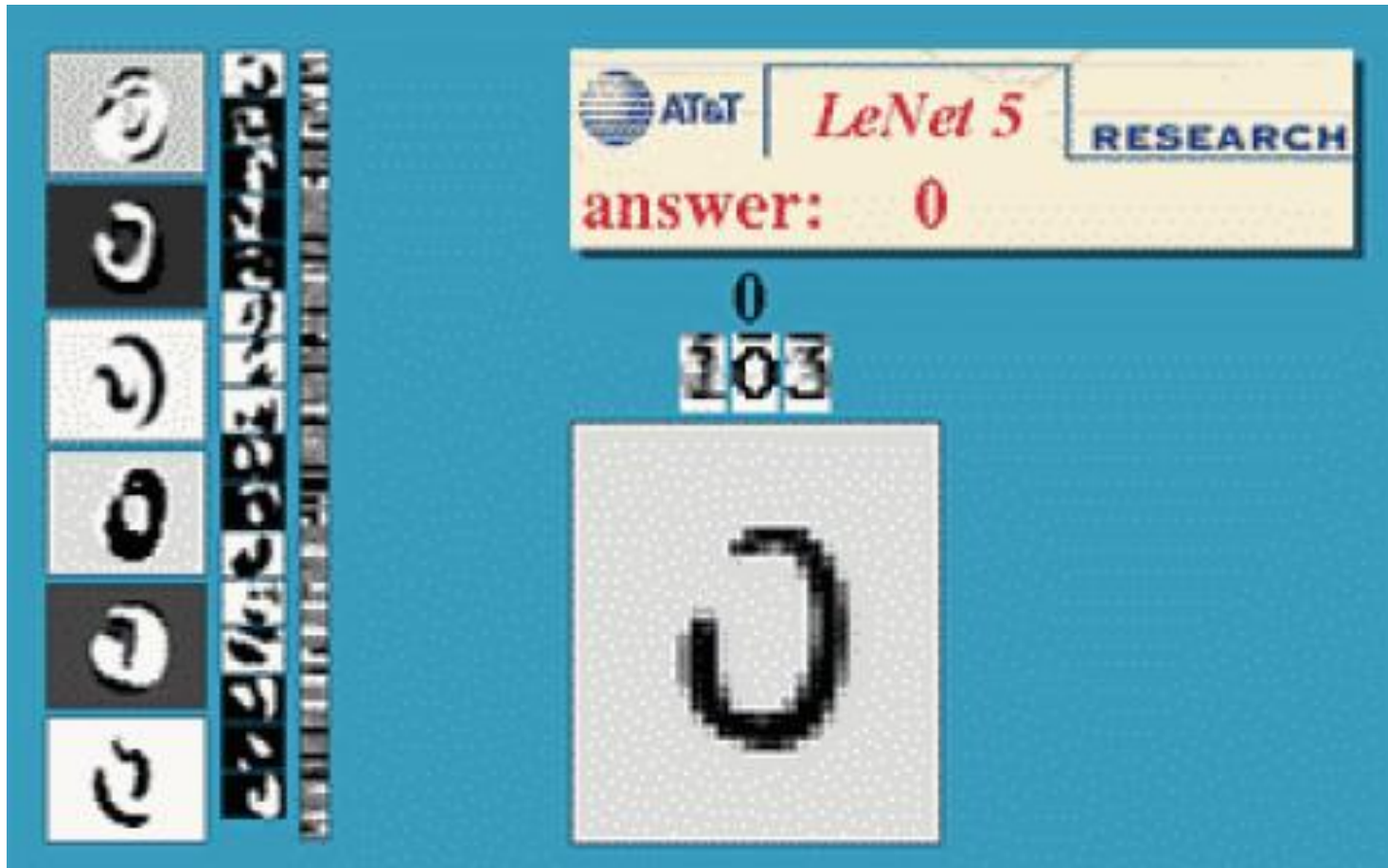


(d)

(c) Uma variação da ilusão de grade de Hermann, cortesia de Hany Farid. À medida que você move os olhos sobre a figura, manchas cinzas aparecem nos cruzamentos. (d) Conte os Xs vermelhos na metade esquerda da figura. Agora conte-os na metade direita. É significativamente mais difícil? A explicação tem a ver com um efeito pop-out (Treisman 1985), que nos fala sobre as operações de percepção paralela e vias de integração no cérebro.

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- Reconhecimento de Caracteres Ópticos (OCR)



Leitura de códigos postais manuscritos em cartas e reconhecimento automático de placas (ANPR- Automatic Number Plate Recognition)

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- Inspeção de Máquinas



Inspeção rápida de peças para garantia de qualidade usando visão estéreo com iluminação especializada para medir tolerâncias em asas de aeronaves ou partes da carroceria de automóveis ou procurar defeitos em peças fundidas de aço usando visão de raios-X;

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- Logística de Armazenagem



Entrega autônoma de pacotes e "drives" de transporte de paletes (Guizzo 2008; O'Brian 2019) e separação de peças por manipuladores robóticos (Ackerman, 2020)

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- Imagens Médicas



Registro de imagens pré e intraoperatórias ou para realizar estudos de longo prazo da morfologia cerebral das pessoas à medida que envelhecem.

Aplicações Industriais da Visão Computacional

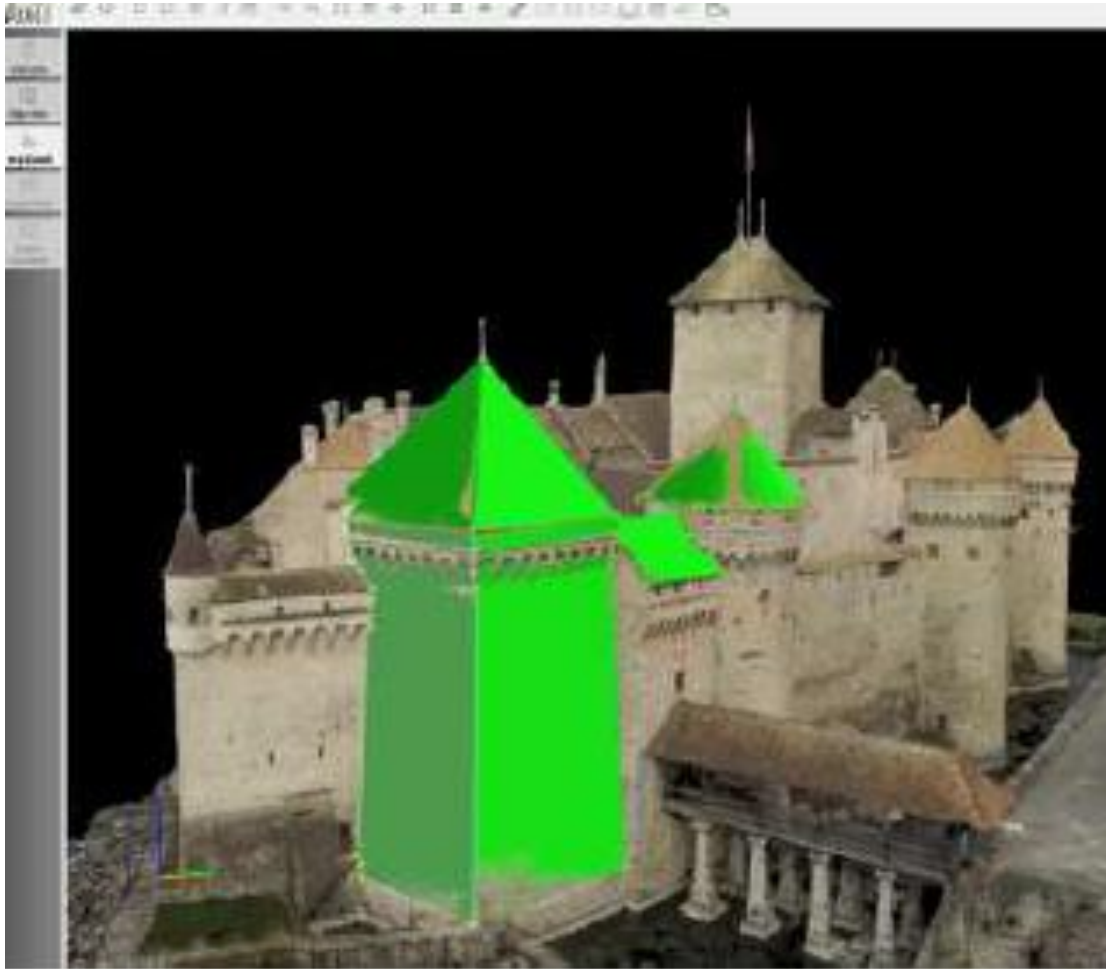
- Veículos Autônomos



Capaz de dirigir ponto a ponto entre cidades (Montemerlo, Becker et al., 2008; Urmson, Anhalt et al., 2008; Janai, G'uney et al. 2020), bem como o voo autônomo (Kaufmann, Gehrig et al. 2019);

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- Construção de Modelos 3D (Fotogrametria)



Construção totalmente automatizada de modelos 3D a partir de fotografias aéreas e de drones

Aplicações Industriais da Visão Computacional

- **Movimento de correspondência (Video Match Move)**

Mesclando imagens geradas por computador (CGI) com imagens de ação ao vivo por rastreamento de pontos característicos no vídeo de origem para estimar o movimento e a forma da câmera 3D do meio ambiente. Tais técnicas são amplamente utilizadas na indústria cinematográfica, o que também exige o uso preciso de *matting* (retirar objetos de um fundo e colocá-los em outro) para inserir novos elementos entre elementos de primeiro e segundo planos.

- **Captura de Movimento (Motion capture - mocap)**

Usando marcadores retrorreflexivos vistos de várias câmeras ou outras técnicas baseadas em visão para capturar atores para animação por computador;

- **Vigilância (Surveillance)**

Monitoramento de intrusos, análise de tráfego rodoviário e monitoramento de piscinas para vítimas de afogamento (por exemplo, <https://swimeye.com>);

- **Reconhecimento de impressões digitais e biometria (Fingerprint recognition and biometrics)**

Autenticação de acesso automático como aplicações forenses.

Aplicações Pessoais da Visão Computacional

- **Costura (Stitching):** transformar fotos sobrepostas em um único panorama perfeitamente costurado.



- **Bracketing de Exposição (Exposure bracketing):** mesclar múltiplas exposições obtidas sob condições de iluminação desafiadoras (luz solar forte e sombras) em uma única imagem perfeitamente exposta.



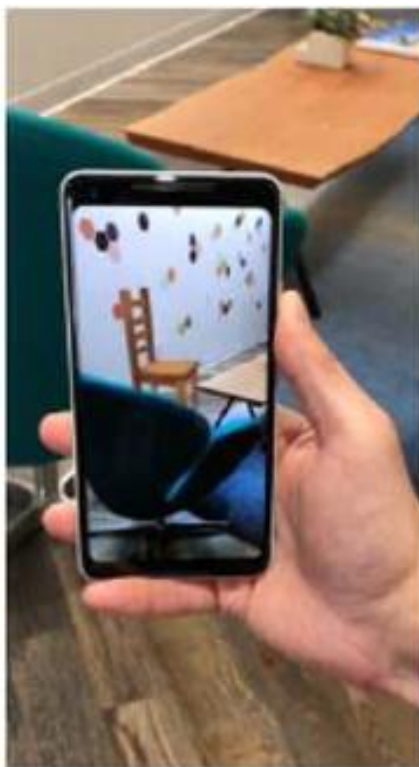
Aplicações Pessoais da Visão Computacional

- **Morfologização (Morphing):** transformar uma foto de um de seus amigos em outra, usando uma transição de estrutura perfeita;



Aplicações Pessoais da Visão Computacional

- **Modelagem 3D (3D modeling):** converter um ou mais instantâneos em um modelo 3D do objeto ou pessoa que você esteja fotografando;



Shopping



Navigation



Fun photos

Aplicações Pessoais da Visão Computacional

- **Movimento e estabilização de correspondência de vídeo**

inserir imagens 2D ou modelos 3D em vídeos rastreando automaticamente pontos de referência próximos ou usando estimativas de movimento para remover o tremor dos vídeos

- **Passo a passo baseado em fotos**

navegar por uma grande coleção de fotografias, como o interior da sua casa, voando entre diferentes fotos em 3D

- **Deteccção de face**

para melhorar o foco da câmera, bem como uma pesquisa de imagem mais relevante;

- **Autenticação visual**

Iniciar automaticamente sessão de membros da família no computador de casa enquanto eles se sentam em frente à webcam.

Ferramentas da Visão Computacional

- Hardware
 - Computador
 - *Adquirir e armazenar imagens*
 - Câmeras e/ou Canhões de Laser
 - Sistema de Iluminação
- Processamento das Imagens
 - Algoritmos
- Comunicação de Resultados

Temas Relacionados com Visão Computacional

- Disciplinas Relacionadas
 - Inteligência Artificial
 - Robótica
 - Processamento de Sinais
 - Reconhecimento de Padrões
 - Teoria de Controle
 - Psicologia
 - Neurociência
 - Outros

- Disciplinas Interrelacionadas

- **Processamento de Imagens**

- Propriedades de Imagens

- Transformações Imagem-Imagem

- *Realce de Imagens*

- *Melhora qualidade da imagem (deve-se conhecer o processo de degradação)*

- *Compressão de Imagens*

- *Compacta para transmissão*

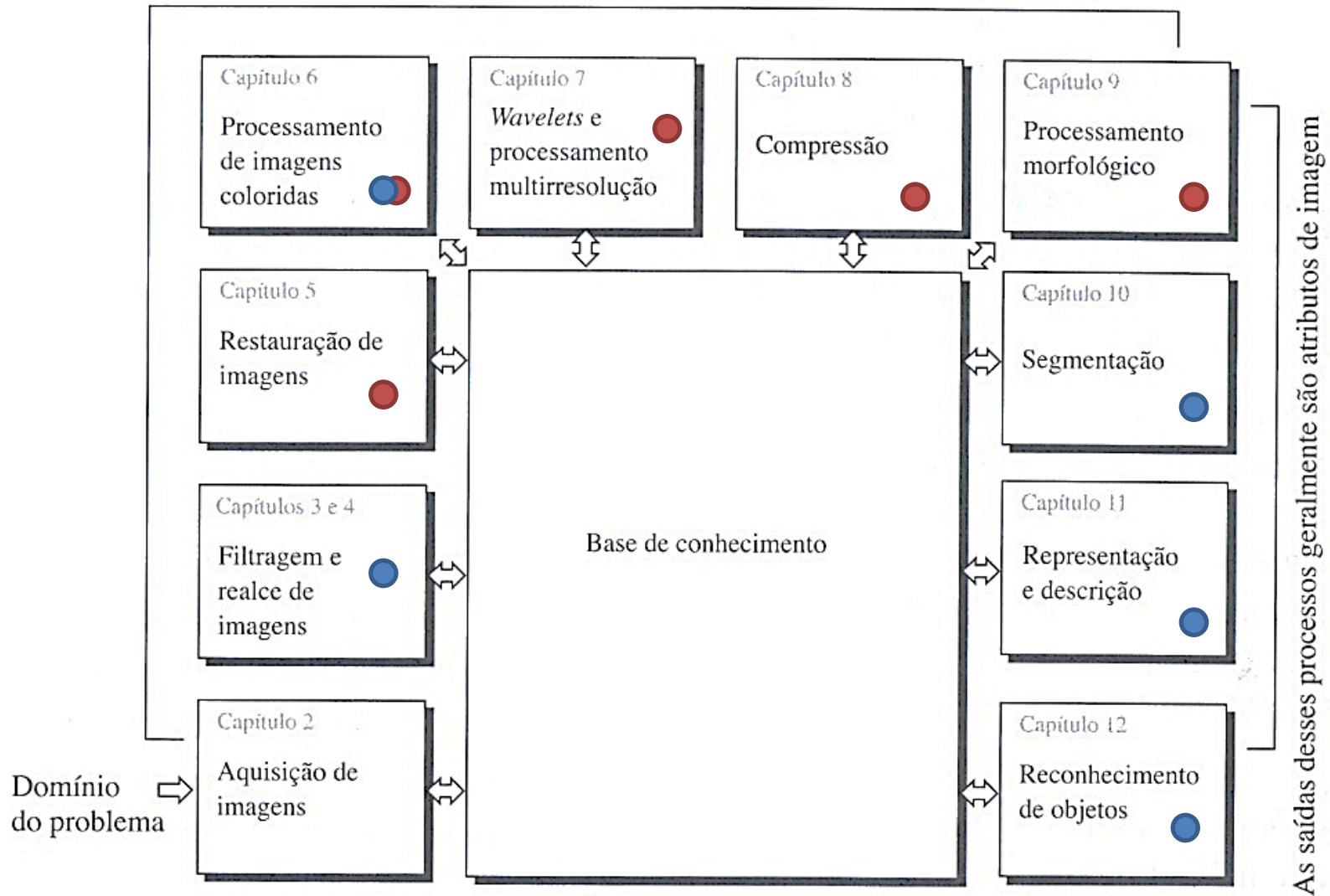
- *Restauração*

- *Elimina efeitos de degradação (aplicação de filtros)*

- *Extração de Características*

- *Localiza contornos ou áreas texturadas*

As saídas desses processos geralmente são imagens



Passos Fundamentais em Processamento de Imagens

R. C. Gonzales, R. E. Woods, "Processamento de Imagens Digitais", Editora Pearson do Brasil, 3ª Edição, São Paulo, 2009.

○ **Reconhecimento de Padrões (Pattern Recognition)**

- Reconhece e Classifica Objetos

Áreas de Interesse (www.iapr.org)

- visão computacional
- reconhecimento estatístico de padrões
- redes neurais
- codificação e processamento de imagens
- análise de texturas e formas
- análise de padrões biomédicos e sistemas de informações
- sensoriamento remoto
- reconhecimento de voz

- aplicações industriais de reconhecimento de padrões e de processamento de imagens
- processamento de documentos
- sistemas de multimídia
- análise de linguagem natural
- robótica
- arquitetura de hardware especiais
- pacotes de software

- **Fotogrametria**

(International Society of Photogrammetry and Remote Sensing)

<http://www.isprs.org>

- Obtenção de medições precisas e confiáveis a partir de imagens, por método não invasivo.

Pode ser dividida em:

- Tipo de lentes
 - Fotogrametria de longa distância (far range)
 - Ajuste de distância no infinito
 - Fotogrametria de curta distância (close range)
 - Ajuste de distância com valores finitos

- Outra Classificação:
 - Fotogrametria aérea (predomina longa distância)
 - Fotogrametria terrestre (predomina curta distância)

Vantagens da Utilização de Sistemas Fotogramétricos

- Medições simultâneas de vários pontos de um único ponto
- Armazenamento de resultados para processamento posterior
- Pode capturar eventos rápidos
- Potencial de alta precisão
- Monitoramento da Confiabilidade Estatística do procedimento
- Medição pode ser ajustada para a escala do problema
- Incorporação de informações adicionais como por ex. distâncias medidas
- Técnicas bem desenvolvidas

Limitações dos sistemas Fotogramétricos

- **Geometria:** exige-se linha de visão desimpedida, o que pode ser difícil com múltiplas câmeras.
- **Ajuste (set up):** sistema precisa ser inicializado e calibrado previamente.
- **Complexidade:** os sistemas geralmente possuem vários graus de liberdade, o que dificulta o trabalho de medição.
- **Custo:** geralmente alto. Poucos sistemas baratos (off-the-shelf)
- **Captura da Imagem:** brilhos refletidos e efeitos especulares podem exigir iluminação controlada.

- Áreas de Aplicação e Pesquisa da Visão Computacional
 - Pesquisa
 - Detecção de Características de Imagens
 - Representação de Contornos
 - Segmentação baseada em Características
 - Análise de Imagens de Profundidade
 - Representação e Modelagem de Formas
 - Reconstrução de Formas a partir de (X) – (produção de imagens de profundidade a partir de imagens de intensidade)
 - Visão Estéreo



- Análise de movimento
- Visão em Cores
- Visão Ativa
- Invariantes
- Sistemas Descalibrados e Auto-calibráveis
- Detecção de Objetos
- Reconhecimento 3-D de Objetos
- Localização 3-D de Objetos e Odometria (SLAM & VIO)
(Simultaneous Localization and Mapping & Visual Inertial Odometry)
- Arquiteturas de Tempo Real e de Alta Performance



○ Aplicações

- Inspeção Industrial e Controle de Qualidade
- Engenharia Reversa
- Fiscalização e Segurança
- Reconhecimento de Faces
- Reconhecimento de Gestos
- Monitoramento de Estradas



- Veículos Autônomos
 - Terrestres
 - Sub-aquáticos
 - Espaciais
- Sistemas Robóticos Mão/Olho (Hand-eye, Eye-in-hand)
- Aplicações Espaciais
- Aplicações Militares



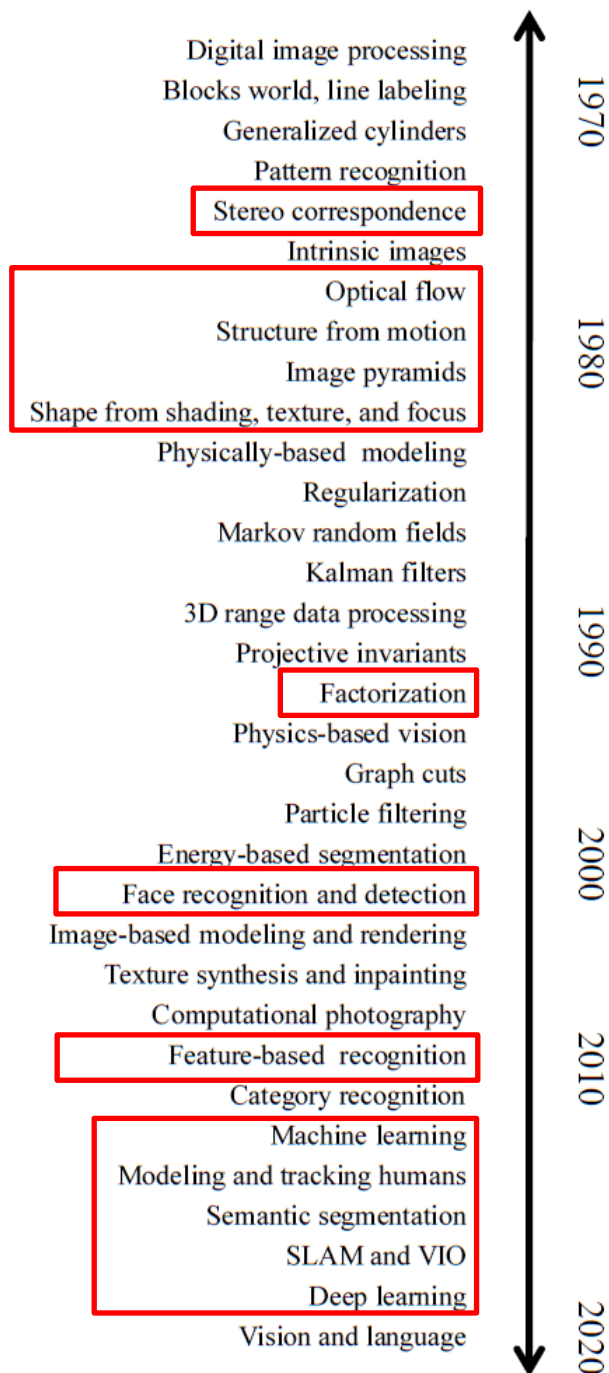
- Análise de Imagens Médicas
 - Imagens Mamográficas
 - Tomografia Computadorizada
 - Raios-X
 - Ultra-sonografia
- Banco de Dados de Imagens
- Realidade Virtual, Telepresença e Telerobótica



Origens e Evolução da Visão Computacional

- **Década de 1950:** Experimentos com o reconhecimento de padrões básicos em imagens, como detecção de bordas.
- **Década de 1960:** Primeiras tentativas de construir sistemas que simulassem a visão humana, como o projeto "Summer Vision Project" no MIT, que visava o reconhecimento de objetos em cenas simples.
- **Década de 1970:** Desenvolvimento de algoritmos para análise de imagens, como a transformada de Hough para detecção de linhas e círculos.
- **Década de 1980:** Surgimento de técnicas de processamento de imagens mais sofisticadas, como filtros de Gabor (envelopa senoidal em gaussiana) e Wavelets (alternativa a Transformada de Fourier).

A Era da IA e do Machine Learning: A partir da década de 1990, com o avanço da Inteligência Artificial, especialmente com o desenvolvimento de algoritmos de Machine Learning e Deep Learning, a Visão Computacional experimentou um crescimento exponencial. As redes neurais convolucionais (CNNs) revolucionaram a área, permitindo que os computadores aprendessem a extrair características complexas de imagens de forma automática.



Uma linha do tempo aproximada de alguns dos tópicos mais ativos de pesquisa em visão computacional.

Visão de Máquinas (Machine Learning) na Visão Computacional

Machine Learning tem promovido grandes avanços em diversas áreas da Visão Computacional, tanto em pesquisa quanto em aplicações práticas. Alguns temas são:

1. Detecção e Reconhecimento de Objetos:

- **Pesquisa:** Desenvolver algoritmos *mais rápidos e precisos*, capazes de detectar objetos em tempo real, mesmo em condições desafiadoras (*baixa luminosidade, oclusão, etc.*). Explorar novas arquiteturas de redes neurais, como Transformers, para melhorar a detecção de objetos.
- **Aplicações:** Carros autônomos, robótica, segurança e vigilância, varejo (análise de estoque, comportamento do consumidor), diagnóstico médico por imagem.

Visão de Máquinas (Machine Learning) na Visão Computacional

2. Segmentação de Imagens:

- **Pesquisa:** Refinar a segmentação a nível de pixel, especialmente em imagens médicas e de satélite. Desenvolver métodos ***mais robustos para lidar com variações de iluminação, textura e forma.***
- **Aplicações:** Diagnóstico médico (detecção de tumores, análise de tecidos), agricultura de precisão (identificação de plantas e doenças), edição de imagens.

3. Reconhecimento Facial:

- **Pesquisa:** ***Melhorar a precisão e a robustez do reconhecimento facial em diferentes condições (idade, etnia, expressões faciais, uso de máscaras).*** Abordar questões éticas e de privacidade relacionadas ao uso da tecnologia.
- **Aplicações:** Segurança e controle de acesso, autenticação biométrica, interação humano-computador.

Visão de Máquinas (Machine Learning) na Visão Computacional

4. Análise de Vídeo:

- **Pesquisa:** Desenvolver modelos que *compreendam ações e eventos em vídeos, prevejam eventos futuros e identifiquem anomalias*.
- **Aplicações:** Vigilância, análise de esportes, sistemas de segurança, entretenimento.

5. Geração de Imagens:

- **Pesquisa:** *Criar imagens realistas e manipular imagens existentes de forma convincente usando Redes Adversárias Geradoras (GANs)* e outros modelos generativos.
- **Aplicações:** Criação de conteúdo visual (arte, design), edição de imagens, realidade virtual e aumentada.

Visão de Máquinas (Machine Learning) na Visão Computacional

6. Visão Computacional 3D:

- **Pesquisa:** *Reconstruir cenas 3D a partir de imagens 2D*, entender a geometria e a estrutura de objetos 3D.
- **Aplicações:** Robótica, navegação, realidade aumentada, design de produtos.

7. Aprendizado Multimodal:

- **Pesquisa:** *Integrar informações visuais com outras modalidades, como texto e áudio*, para uma compreensão mais completa do mundo.
- **Aplicações:** Legendas automáticas para imagens e vídeos, busca multimodal, assistentes virtuais.

Visão de Máquinas (Machine Learning) na Visão Computacional

8. IA Explicável em Visão Computacional:

- **Pesquisa:** *Desenvolver métodos para entender e explicar as decisões tomadas por modelos de Machine Learning em visão computacional.*
- **Aplicações:** Aumentar a confiança nos sistemas de IA, depurar modelos, garantir a justiça e a transparência.

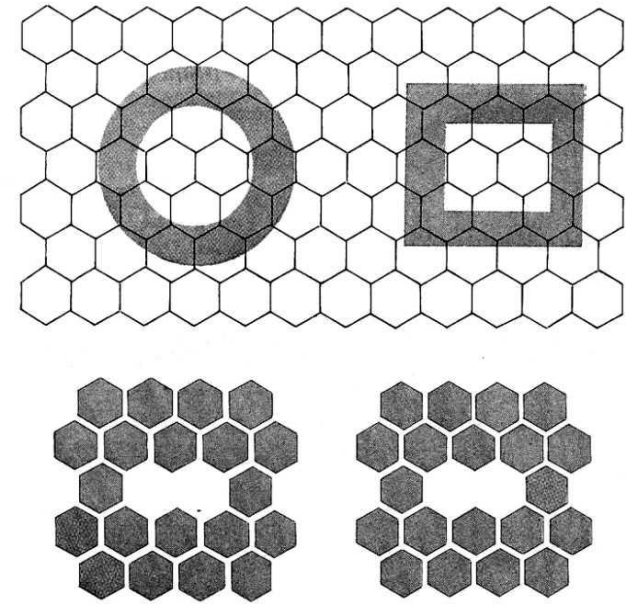
ALGUMAS IMAGENS EM VISÃO COMPUTACIONAL



Estruturas biológicas para visão em insetos: múltiplas imagens, olhos secundários e bicromáticos.



Mosca do mel: olhos compostos, múltiplas imagens e visão tricromática como os humanos (diferentes faixas cromáticas).



Duas formas produzem a mesma imagem.



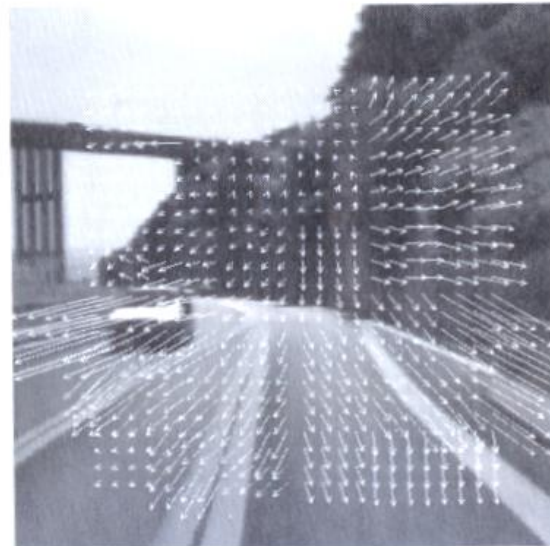
Olho humano: baseado em lentes e tricromáticos.



Olho de uma vieira (scallop eyes) : visão com espelho côncavo.



Estrutura a partir de Movimento Incremental, mostrando posições de fotografias e a estrutura completa.



Fluxo Óptico



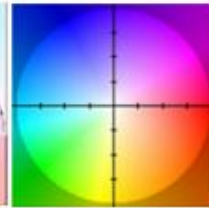
Army frame 0



Army frame 1



Army GT flow



flow color coding



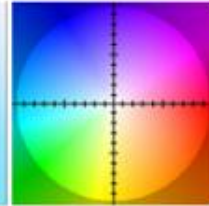
Mequon frame 0



Mequon frame 1



Mequon GT flow



flow color coding



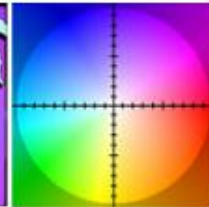
Schefflera frame 0



Schefflera frame 1



Schefflera GT flow



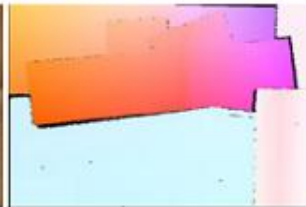
flow color coding



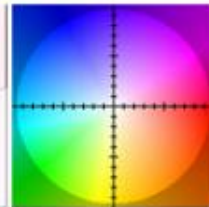
Wooden frame 0



Wooden frame 1

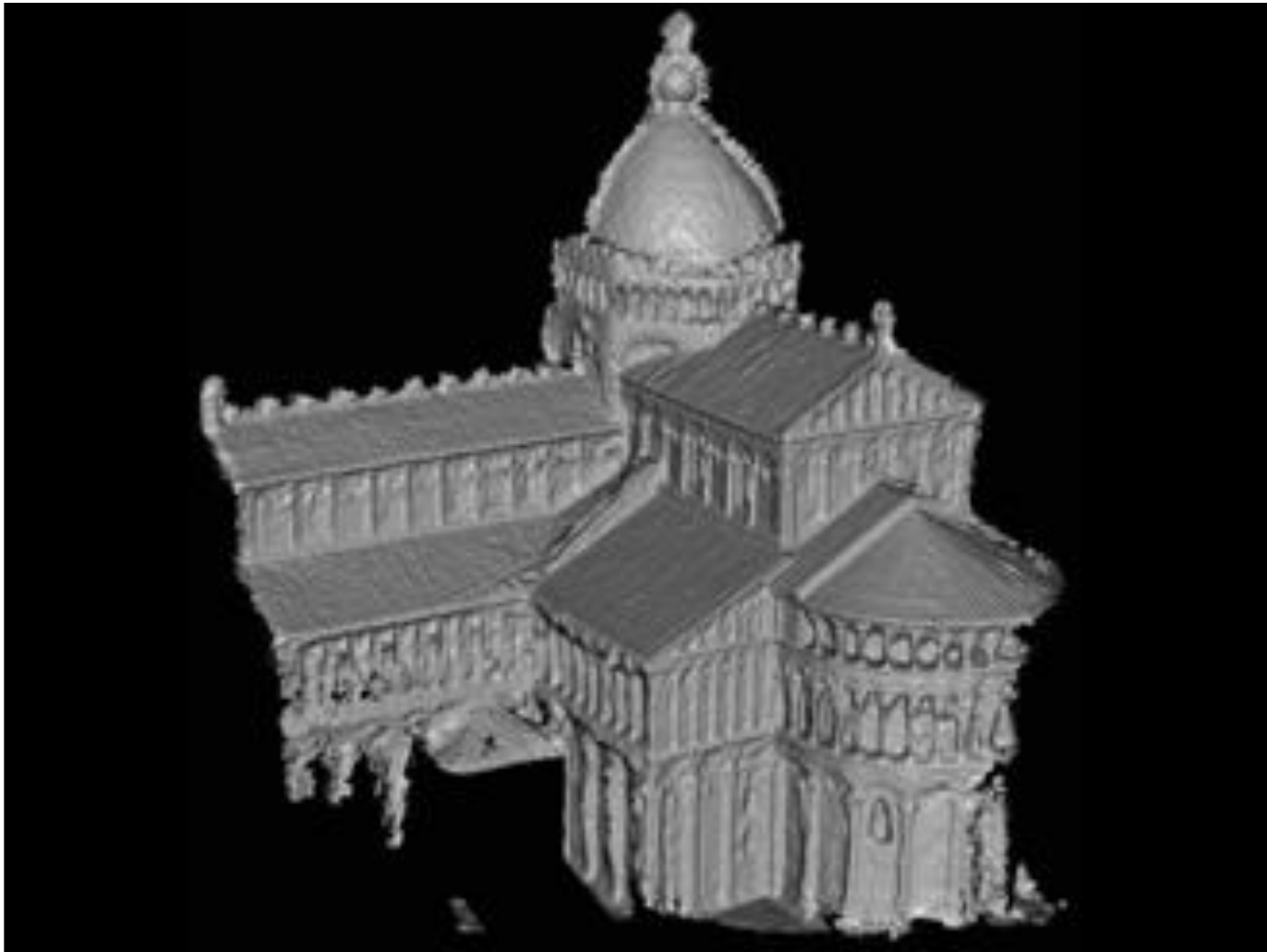


Wooden GT flow

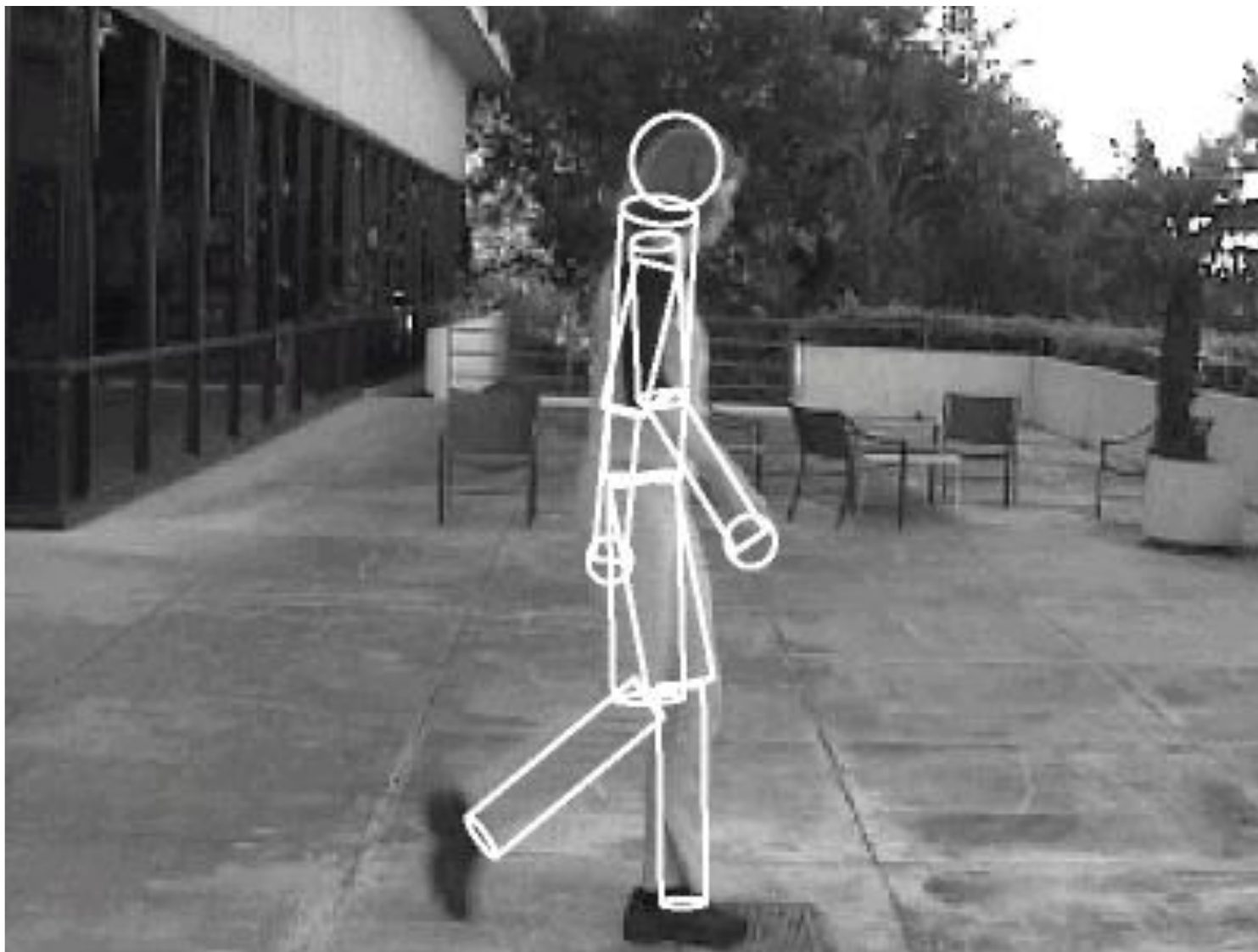


flow color coding

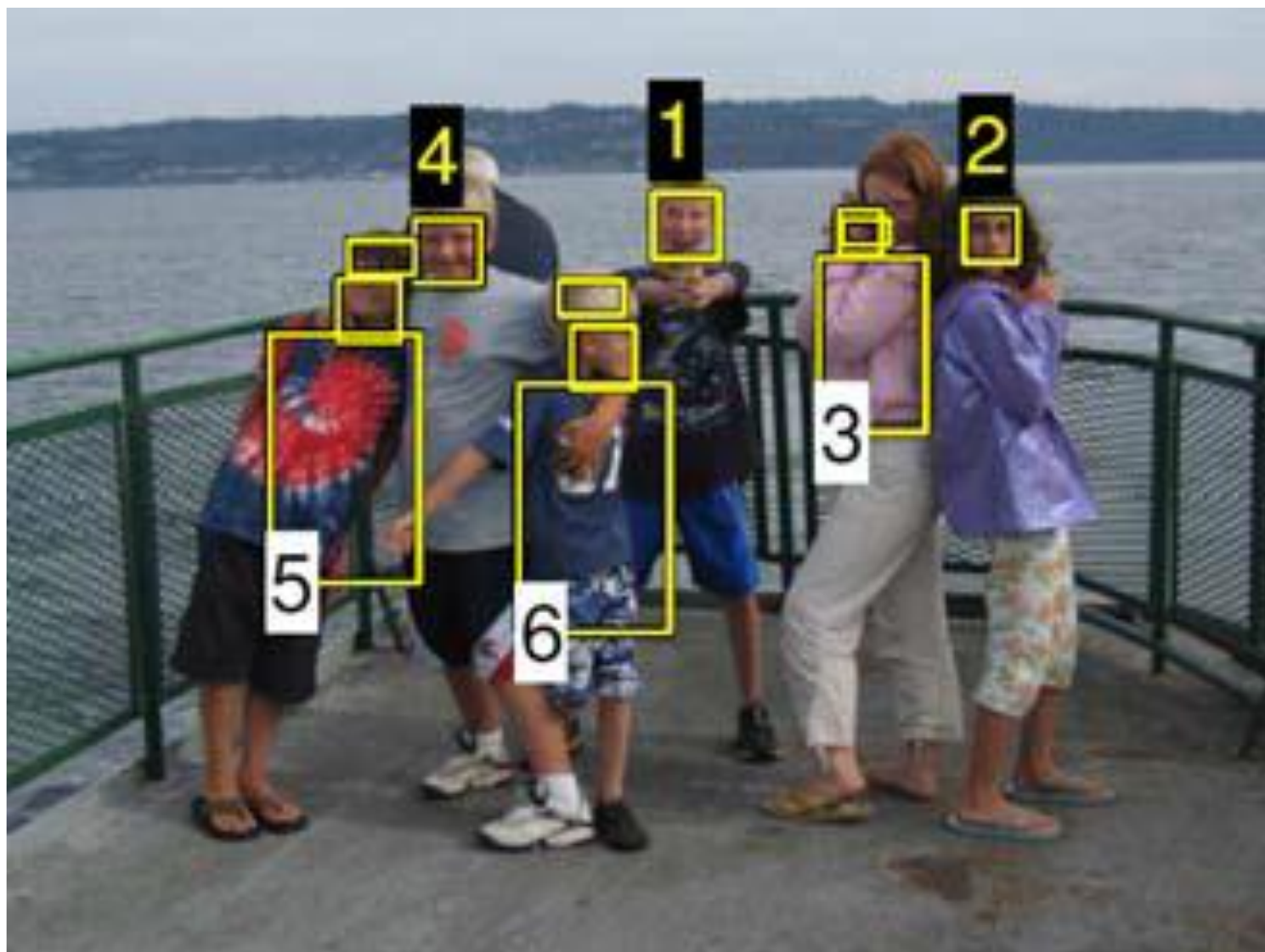
Fluxo Óptico



Casamento Estéreo (Stereo Matching)



Rastreamento de Pessoas



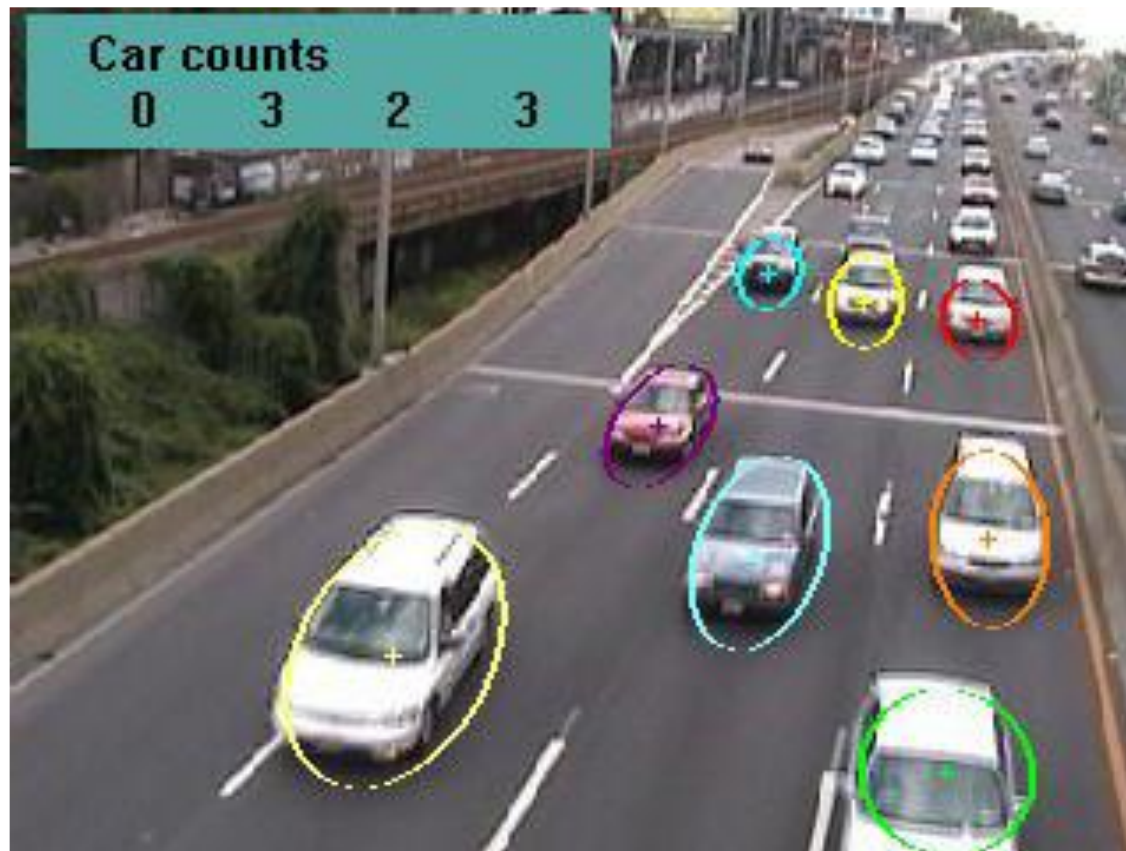
Detecção de Faces



No varejo: Reconhecimento de objetos em linhas automatizadas para checkout.



Segurança automotiva: detecção de obstáculos inesperados, como pedestres na rua, em condições em que as técnicas de visão ativas, tais como RADAR ou LIDAR, não funcionam bem



Vigilância: monitoramento de intrusos, análise de tráfego de uma estrada.

Industrial automation and inspection: Automotive industry

CogniTens (Ramat-Hasharon, Israel). Desenvolveu um sistema para digitalização precisa de objetos 3D para a indústria automotiva e outras. O sistema usa uma cabeça de 4 câmeras com projeção de iluminação texturizada para permitir uma correspondência estéreo precisa.



Perceptron (Plymouth, Michigan). Sistemas de digitalização a laser 3D para aplicações automotivas e outras.



Industrial automation and inspection: Electronics industry

KLA-Tencor (San Jose, California). Sistemas para inspeção e controle de processos na fabricação de semicondutores.



Sistemas de Metrologia de Geometria de Wafer e Nanotopografia



Applications	Search tool	Basic view	Basic view	Map view
Tree Search Application (Data Center: Family File 1.0)				
Advanced Application (Data Center: Family File 2.0)				
Advanced Search (Data Center: Family File 2.0)				
Tree Web Layer View (Data Center: Family File 2.0)				
Comparison (Data Center: Family File 2.0)				
Advanced Search (Data Center: Family File 2.0)				
Search Map (Data Center: Family File 2.0)				

External Service
 Clarity
 Researcher's request

Ferramentas de metrologia de filmes

Mais exemplos de aplicações industriais de Visão Computacional
em: <http://www.cs.ubc.ca/spider/lowe/vision.html>

MUNDO DA VISÃO COMPUTACIONAL

- Conferências, Revistas e Livros
 - Conferências
 - International Conference on Computer Vision (ICCV)
 - International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)
 - European Conference on Computer Vision
 - International Conference on Image Processing (ICIP)
 - International Conference on Pattern recognition (ICPR)

- Revistas

- International Journal of Computer Vision
- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence
- Computer Vision and Image Understanding
- Machine Vision and its Applications
- Image and Vision Computing Journal
- Journal of the Optical Society of America A
- Pattern Recognition
- Pattern Recognition Letters
- IEEE Transactions on Image Processing
- IEEE Poceedings: Vision, Image and Signal Processing
- Biological Cybernetics
- Neural Computation
- Atificial Intelligence
- IET Vision Computer
- IET Image Processing

- Livros

Peter Corke, Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MatLab, Springer, 2011., <http://www.petercorke.com/RVC> , 2nd Edition, 2016

Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd Edition, September 30, 2021 draft, <http://szeliski.org/Book/>.

- Internet

- Annotated Computer Vision Bibliography
 - <http://iris.usc.edu/vision-notes/bibliography/contents.html>

- Software Matemático

- Numerical Recipes
 - C, FORTRAN e Pascal
- MatLab
- MathCad
- Mathematica
- Scilab

- OPEN-CV (Open Source Computer Vision Library)

- Biblioteca multi-plataforma
- Filtros de imagem, calibração de câmera, reconhecimento de objetos, análise estrutural e outros
- Processamento em tempo real
- Desenvolvida em C++, mas dá suporte a Java, Python (com Numpy) e Visual Basic

O CURSO

