

Visão Computacional

Breve introdução com foco na tarefa de reconhecimento

Vitor Greati¹ Vinícius Campos¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Sumário

O gap semântico

Visão Computacional

Para além de pixels

Reconhecimento em Visão Computacional

Técnicas envolvidas

Abordagem tradicional

Abordagem com Deep Learning

Aplicações

Percepção humana

O que você percebe nestas imagens?



Percepção humana

O que você percebe nestas imagens?



A facilidade com que respondemos a essa pergunta se deve ao nosso sistema visual **nativo** extremamente poderoso!

A percepção do computador

As matrizes de *pixels*

À primeira vista...

A percepção do computador

As matrizes de pixels

À primeira vista...

```
[[ 42  23  19 ... ,  21  29  25]
 [ 40  40  36 ... ,  24  24  21]
 [ 28  30  36 ... ,  30  13  27]
 ...
 [[115  78  45 ... ,  28  36  17]
 [ 67  78 192 ... ,  35  31  36]
 [ 67  79 104 ... ,  34  32  31]]]
```

```
[[222  224  224 ... ,  204  201  200]
 [223  225  223 ... ,  201  203  204]
 [226  226  226 ... ,  204  202  205]
 ...
 [[210  203  208 ... ,  192  188  189]
 [206  206  207 ... ,  190  188  189]
 [210  208  210 ... ,  191  193  185]]]
```

```
[[138  137  137 ... , 107  107  107]
 [135  134  134 ... , 107  107  107]
 [130  129  129 ... , 107  107  107]
 ...
 [[145  145  146 ... , 142  142  142]
 [146  145  144 ... , 144  144  145]
 [147  146  144 ... , 145  145  146]]]
```

```
[[ 48  45  40 ... ,  28  29  31]
 [ 45  46  43 ... ,  28  29  30]
 [ 41  43  43 ... ,  27  27  29]
 ...
 [[101  101  103 ... ,  64  51  32]
 [ 98  97  99 ... ,  63  71  57]
 [ 97  97  97 ... ,  38  57  65]]]
```

A percepção do computador

As matrizes de *pixels*

À primeira vista...

```
[[ 42  23  19 ... ,  21  29  25]
 [ 40  40  36 ... ,  24  24  21]
 [ 28  30  36 ... ,  30  13  27]
 ...
 [[115  78  45 ... ,  28  36  17]
 [ 67  78 192 ... ,  35  31  36]
 [ 67  79 104 ... ,  34  32  31]]]
```

```
[[222  224  224 ... ,  204  201  200]
 [223  225  223 ... ,  201  203  204]
 [226  226  226 ... ,  204  202  205]
 ...
 [[210  203  208 ... ,  192  188  189]
 [206  206  207 ... ,  190  188  189]
 [210  208  210 ... ,  191  193  185]]]
```

```
[[138  137  137 ... , 107  107  107]
 [135  134  134 ... , 107  107  107]
 [130  129  129 ... , 107  107  107]
 ...
 [[145  145  146 ... , 142  142  142]
 [146  145  144 ... , 144  144  145]
 [147  146  144 ... , 145  145  146]]]
```

```
[[ 48  45  40 ... ,  28  29  31]
 [ 45  46  43 ... ,  28  29  30]
 [ 41  43  43 ... ,  27  27  29]
 ...
 [[101  101  103 ... ,  64  51  32]
 [ 98  97  99 ... ,  63  71  57]
 [ 97  97  97 ... ,  38  57  65]]]
```

Imagens digitais monocromáticas

Matrizes $I_j \in \mathbb{M}_{w_j \times h_j}([0, \dots, 255])$ ou funções

$f_j : \{1, \dots, w_j\} \times \{1, \dots, h_j\} \rightarrow [0, 255]$, onde w_j é a largura e h_j é a altura da imagem j .

O *gap* semântico

Percepção humana × percepção da máquina

Gap semântico

Diferença entre a maneira como o ser humano **percebe** o conteúdo de uma imagem e como a imagem é **representada** de forma manipulável no computador.

O *gap* semântico

Percepção humana × percepção da máquina

Gap semântico

Diferença entre a maneira como o ser humano **percebe** o conteúdo de uma imagem e como a imagem é **representada** de forma manipulável no computador.

Em outras palavras: enquanto vemos gatos e cachorros, o computador apenas percebe números.



O *gap* semântico

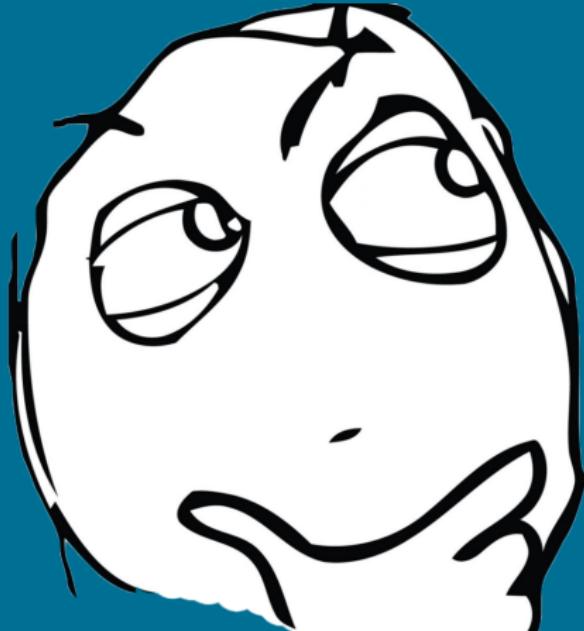
Percepção humana × percepção da máquina

Gap semântico

Diferença entre a maneira como o ser humano **percebe** o conteúdo de uma imagem e como a imagem é **representada** de forma manipulável no computador.

Em outras palavras: enquanto vemos gatos e cachorros, o computador apenas percebe números.





Será que podemos vencer o *gap semântico*?

Sumário

O gap semântico

Visão Computacional

Para além de pixels

Reconhecimento em Visão Computacional

Técnicas envolvidas

Abordagem tradicional

Abordagem com Deep Learning

Aplicações

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Entre as tarefas compreendidas nesse âmbito, estão principalmente:

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Entre as tarefas compreendidas nesse âmbito, estão principalmente:

- ▶ Análise de movimento;

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Entre as tarefas compreendidas nesse âmbito, estão principalmente:

- ▶ Análise de movimento;
- ▶ Reconstrução de cenas;

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Entre as tarefas compreendidas nesse âmbito, estão principalmente:

- ▶ Análise de movimento;
- ▶ Reconstrução de cenas;
- ▶ Restauração de imagens;

Visão Computacional

O que é?

Visão Computacional

Visão Computacional é uma área da Ciência da Computação cujo propósito é capacitar os computadores para extraírem informações de imagens, ou seja, permitir que tenham um entendimento visual do mundo.

Entre as tarefas compreendidas nesse âmbito, estão principalmente:

- ▶ Análise de movimento;
- ▶ Reconstrução de cenas;
- ▶ Restauração de imagens;
- ▶ **Reconhecimento.**

Reconhecimento em Visão Computacional

O que é?

Reconhecimento

Tarefa de determinar se um certo fato (ocorrência ou atividade) está presente em uma imagem ou vídeo.

Reconhecimento em Visão Computacional

O que é?

Reconhecimento

Tarefa de determinar se um certo fato (ocorrência ou atividade) está presente em uma imagem ou vídeo.

Apresenta-se geralmente para três principais propósitos:

Reconhecimento em Visão Computacional

O que é?

Reconhecimento

Tarefa de determinar se um certo fato (ocorrência ou atividade) está presente em uma imagem ou vídeo.

Apresenta-se geralmente para três principais propósitos:

- ▶ Classificação de objetos;

Reconhecimento em Visão Computacional

O que é?

Reconhecimento

Tarefa de determinar se um certo fato (ocorrência ou atividade) está presente em uma imagem ou vídeo.

Apresenta-se geralmente para três principais propósitos:

- ▶ Classificação de objetos;
- ▶ Identificação;

Reconhecimento em Visão Computacional

O que é?

Reconhecimento

Tarefa de determinar se um certo fato (ocorrência ou atividade) está presente em uma imagem ou vídeo.

Apresenta-se geralmente para três principais propósitos:

- ▶ Classificação de objetos;
- ▶ Identificação;
- ▶ Detecção.

Reconhecimento em Visão Computacional

Desafios

Imagine que se queira reconhecer os gatos em uma imagem.

Quais os desafios envolvidos nisso?

Reconhecimento em Visão Computacional

Desafios

Imagine que se queira reconhecer os gatos em uma imagem.

Quais os desafios envolvidos nisso?

Variação de ponto de vista

Não importa sob qual ângulo se fotografe um gato: ele continuará sendo um gato.

Variação de escala

Não importa a que distância o gato estará da câmera: ele continuará sendo um gato.

Deformação

Um gato pode estar esticando suas pernas ou/e contorcendo seu pescoço para se lambiar, e isso não o faz ser outro ser além de um gato na imagem.

Visão Computacional

Desafios

Oclusão

Um gato pode estar espiando o mundo ao redor de dentro de uma caixa, apenas com a cabeça de fora, e ele continuará sendo um gato à lente de uma câmera em frente à caixa.

Iluminação

Um gato num estacionamento mal iluminado ainda é um gato.

Ruído de fundo

Um gato em frente à uma tela de TV repleta de ruído ainda é um gato.

Variações intra-classe

Gatos de diversas raças, cores e tamanhos serão sempre gatos.

Técnicas envolvidas

Processamento de imagens digitais

De nível baixo

Operações primitivas para remoção de ruídos, melhoria de contraste e nitidez. Aqui, a entrada e a saída do sistema são sempre imagens.

De nível médio

Segmentação e descrição dos objetos em uma forma adequada para o processamento e classificação de objetos individuais. Nesta, a entrada é uma imagem, e a saída geralmente é um conjunto de atributos extraídos da imagem.

De nível alto

Reconhecimento de objetos individuais, geralmente por meio de técnicas de reconhecimento de padrões (*Machine Learning*).

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Entre as técnicas mais comuns nesse contexto, destacam-se:

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Entre as técnicas mais comuns nesse contexto, destacam-se:

- ▶ Support Vector Machines;

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Entre as técnicas mais comuns nesse contexto, destacam-se:

- ▶ Support Vector Machines;
- ▶ Random Forests;

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Entre as técnicas mais comuns nesse contexto, destacam-se:

- ▶ Support Vector Machines;
- ▶ Random Forests;
- ▶ Multilayer Perceptron;

Técnicas envolvidas

Machine Learning

Machine Learning

Área voltada à construção de modelos computacionais capazes de aprimorar seu desempenho na resolução de problemas a partir da experiência.

Entre as técnicas mais comuns nesse contexto, destacam-se:

- ▶ Support Vector Machines;
- ▶ Random Forests;
- ▶ Multilayer Perceptron;
- ▶ Convolutional Neural Networks (Deep Learning).

Abordagem tradicional

Baseada em extração de descritores

A abordagem tradicional para a tarefa de reconhecimento combinava as etapas:

1. aquisição do conjunto de imagens;
2. divisão entre conjuntos de treino e testes;
3. **extração de descritores;**
4. treinamento de um modelo de aprendizagem.
5. avaliação do modelo.

As imagens, nessa abordagem, perdem seu formato original de matrizes de pixels e se tornam **vetores de características** produzidos com o objetivo de **descrever os objetos** de interesse.

Abordagem com Deep Learning

Convolutional Neural Networks

Com as Deep Neural Networks, mais especificamente, as Redes Neurais Convolucionais, o processo demanda menos pré-processamento: a rede neural recebe **toda a matriz de pixels** e, em suas camadas, abstrai as características dos objetos, **produzindo elas mesmas os descritores**.

Com isso, o *framework* geral nessa abordagem se resume a:

1. aquisição das imagens;
2. divisão entre conjuntos de treino e testes;
3. treinamento de um modelo de aprendizagem.
4. avaliação do modelo.

Aplicações

Reconhecimento Automático de Placas

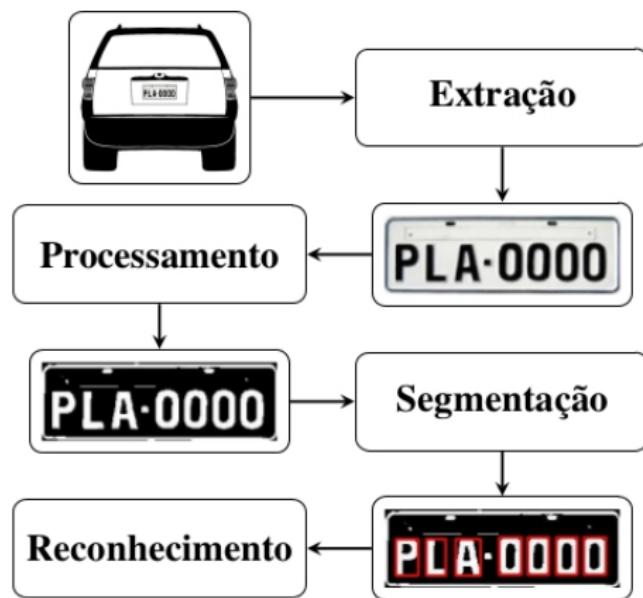


Figura: Etapas gerais de um processo de RAP. (Fonte: Autoral)

Aplicações

Reconhecimento de Faces (Expressões)

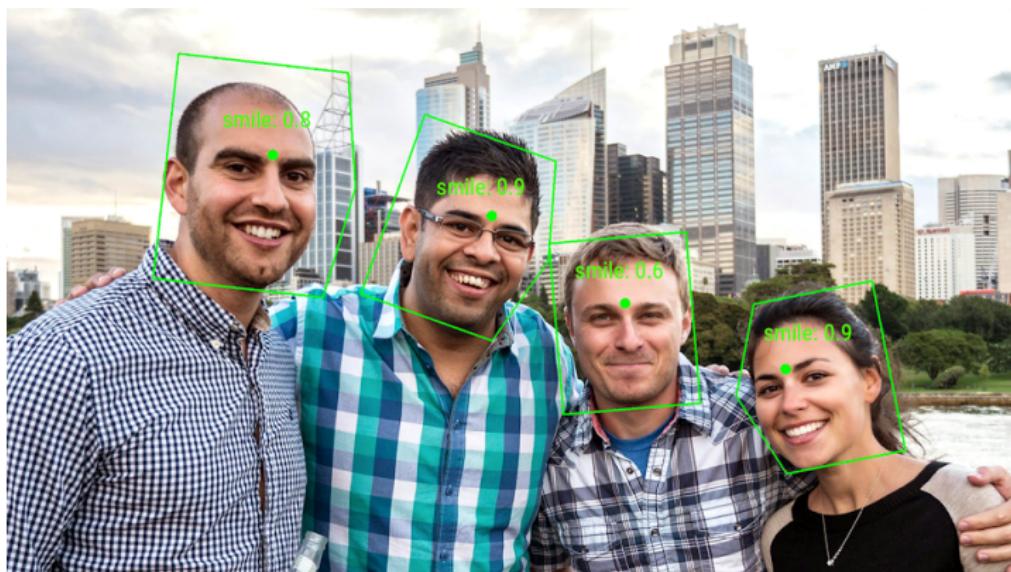


Figura: Reconhecimento de faces e de expressões. (Fonte: Mobile Vision
- <https://developers.google.com/vision/>)

Aplicações

Reconhecimento de gestos



Figura: (Fonte: Wikipedia - https://en.wikipedia.org/wiki/Gesture_recognition)

Aplicações

Veículos Autônomos

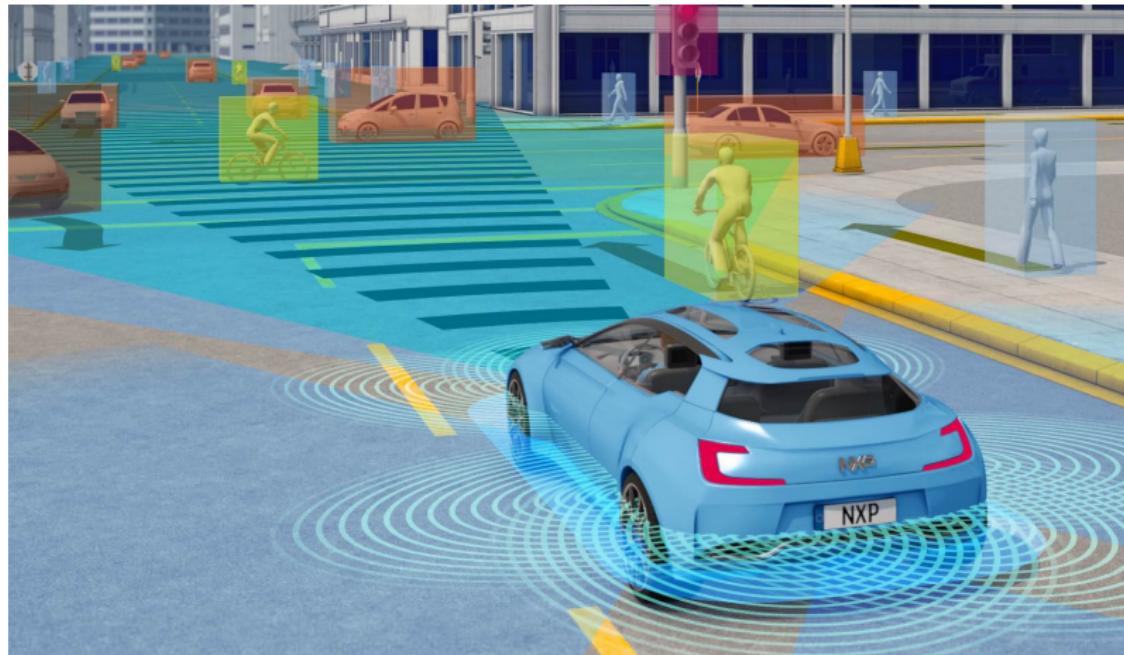
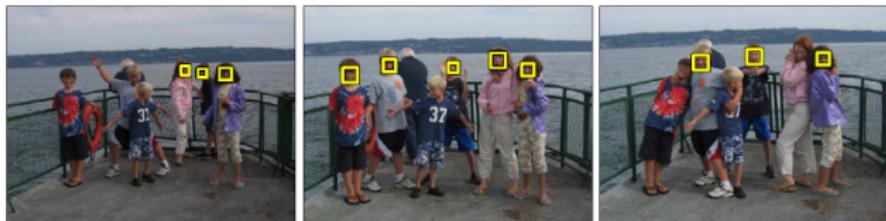


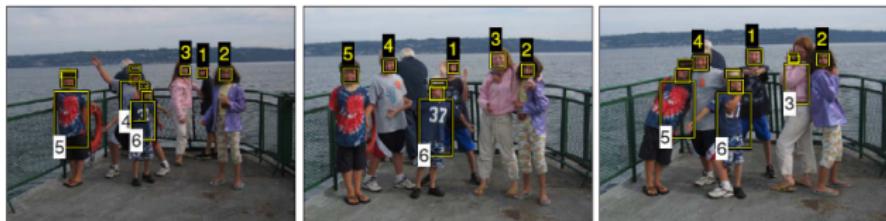
Figura: (Fonte: Electronics Weekly -
<https://www.electronicsweekly.com/market-sectors/automotive-electronics/ces-autonomous-cars-sensors-make-safe-2017-01/>)

Aplicações

Coleções de Fotos Pessoais



(a)



(b)

Figura: (Fonte: Computer Vision - Algorithms and Applications - Richard Szeliski)

Aplicações

Reconhecimento de Locais

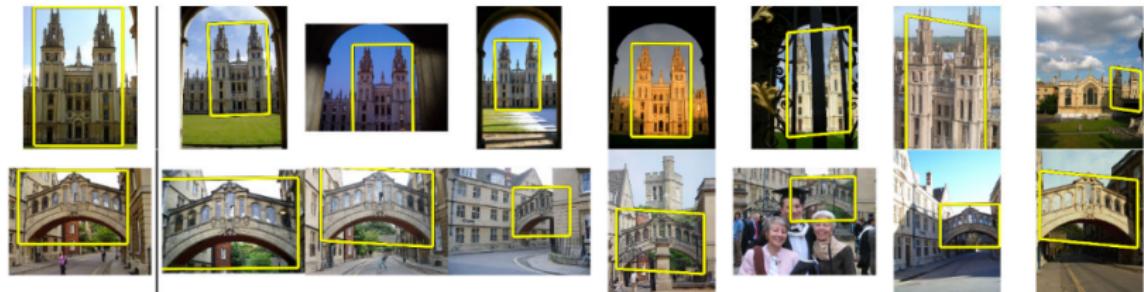


Figura: (Fonte: Computer Vision - Algorithms and Applications - Richard Szeliski)

Aplicações

Edições Inteligentes

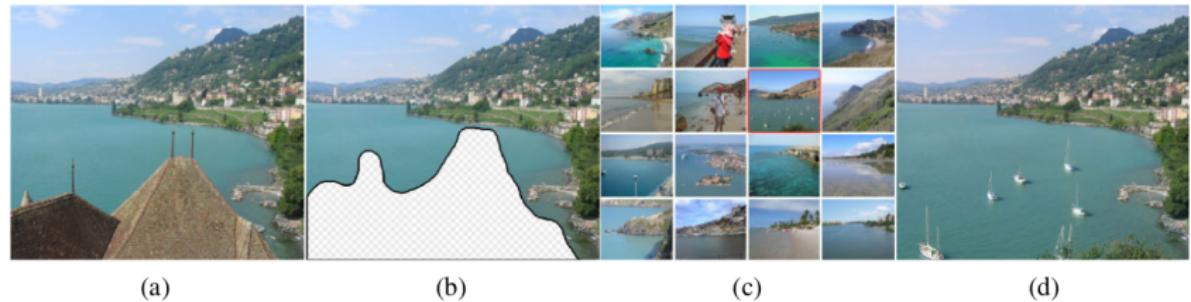
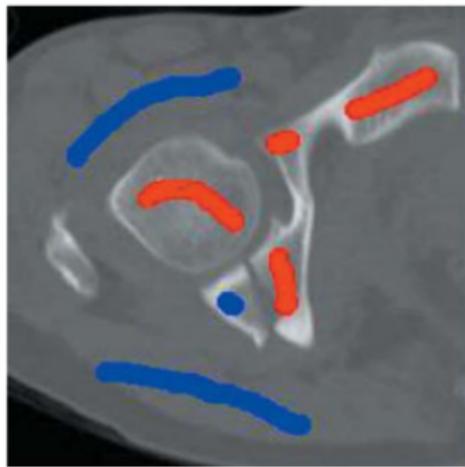


Figura: (Fonte: Computer Vision - Algorithms and Applications - Richard Szeliski)

Aplicações

Segmentação de Imagens Médicas



(a)



(b)

Figura: (Fonte: Computer Vision - Algorithms and Applications - Richard Szeliski)

Aplicações

Rastreamento de Contorno e Rotoscopia



(a)

(b)

(c)

(d)



Figura: (Fonte: Computer Vision - Algorithms and Applications - Richard Szeliski)

Aplicações

Reconhecimento Ótico de Braille

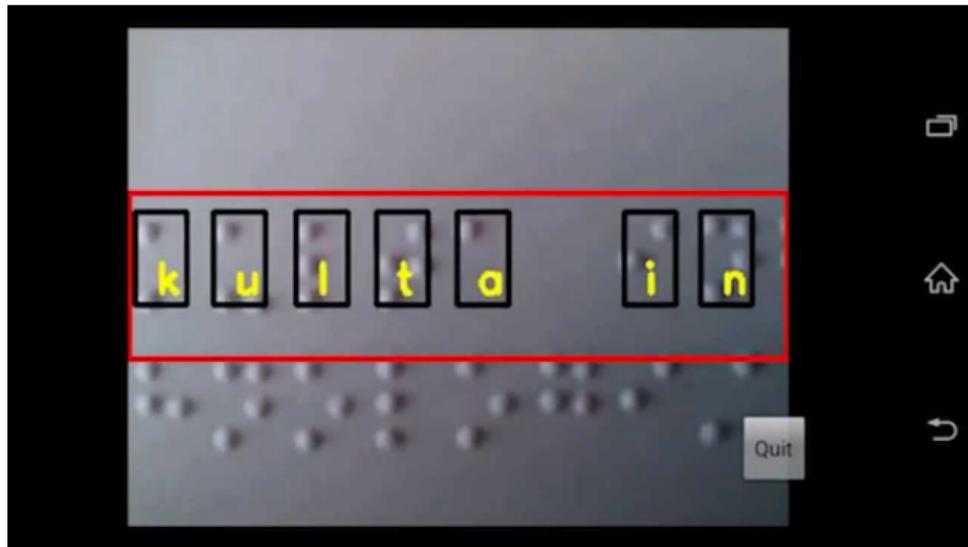


Figura: (Fonte: Youtube -
<https://www.youtube.com/watch?v=X5kFdUsCkEA>)

Aplicações

Reconhecimento de Impressões Digitais



Figura: (Fonte: Dreamstime -
<https://thumbs.dreamstime.com/b/fingerprint-recognition-smartphones-smartphone-user-touching-screen-to-unlock-68633965.jpg>)

Aplicações

Reconhecimento de Iris



Figura: (Fonte: Iritech -
<http://www.iritech.com/blog/iris-biometric-safe/>)