

TEMPLATE MATCHING

IA-989A - Processamento Digital de Imagens

Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA)

Profa. Dr. Leticia Rittner

Aluna: Alessandra Rodrigues Cardoso Padovam RA: 210220

2º semestre de 2018

Conteúdo

- Introdução
- Técnicas
- Variações
- Aplicações
- Conclusão
- Referência Bibliográfica

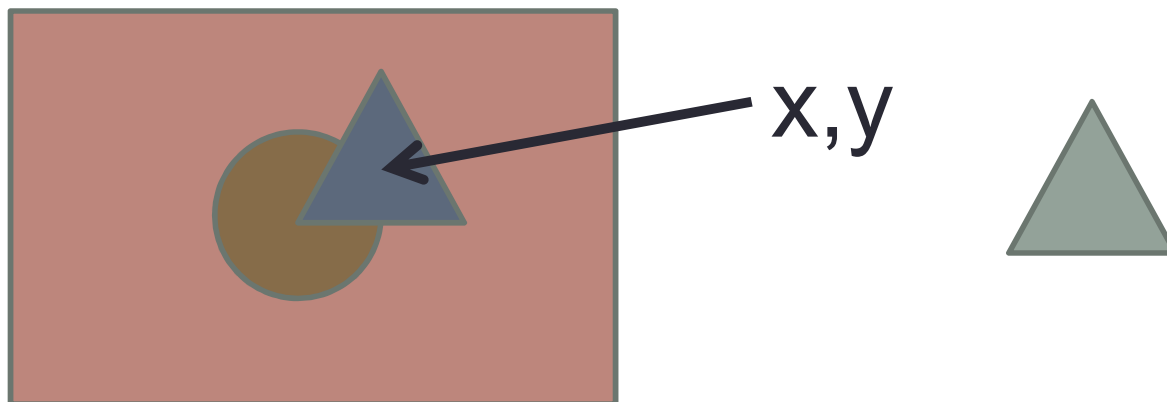
Template Matching - Definição

- **Template** → Imagem, moldada ou projetada para servir como um modelo.
- **Matching** → Comparação entre dois objetos a fim de detectar semelhança ou diferença entre eles.
- **Correspondência de modelos;**
- É uma das técnicas de reconhecimento de padrões;
- Busca resposta para a seguinte pergunta: A imagem contém uma visualização específica de algum recurso e, em caso afirmativo, onde? [1]



Template Matching - Definição

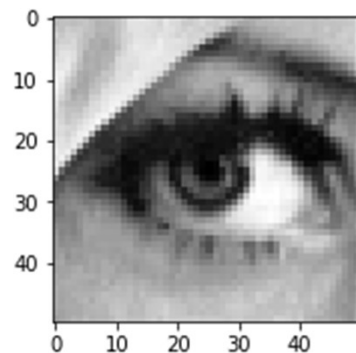
- Método de filtragem;
- Detectar a localização de um objeto;
- Filtro → subimagem (template);
- Mecanismo → mover o template sobre a imagem, o pixel que apresentar a melhor resposta é o ponto de correspondência da localização;



Template Matching

- Imagem a ser inspecionada;
- Template: é uma pequena amostra de imagem a ser inspecionada;
- Encontrar a localização da sub imagem dentro de uma imagem;

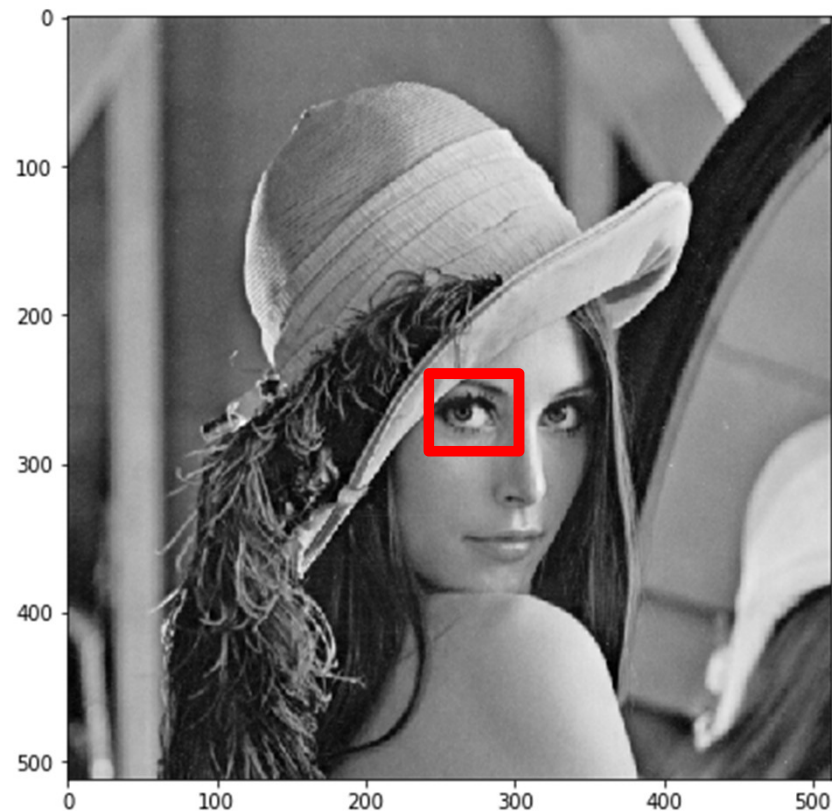
Template
(sub imagem)



Onde está
localizada?



Imagem a ser inspecionada



Lenna ou Lena é o nome dado a uma imagem de teste padrão amplamente usada no campo do processamento de imagens desde 1973. É uma foto da modelo sueca Lena Söderberg, tirada pelo fotógrafo Dwight Hooker

Técnicas

Cross Correlation - CC

Normalize Cross Correlation
- NCC

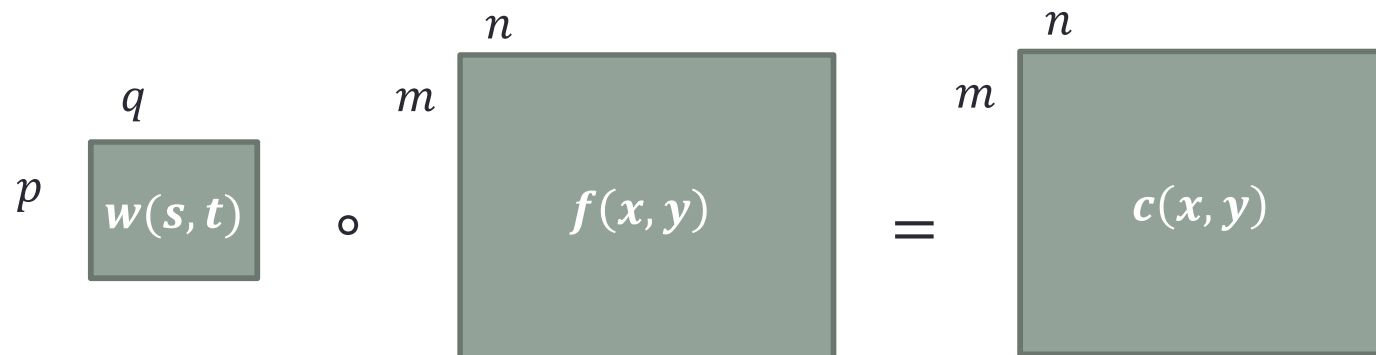
- Método que compara uma dada imagem com uma sub imagem, traduzindo **numericamente** a semelhança existente entre as duas;
- Compara posição por posição, todos os pixels;
- Resultado → o **coeficiente de correlação**, representado por alta intensidade (cor branca);

Correlação Cruzada - Cross Correlation

- A correlação entre a sub imagem $w(s, t)$ de dimensão $p \times q$ com a imagem $f(x, y)$ $m \times n$ pode ser expressa pela equação, tal que $p < m$ e $q < n$:

$$c(x, y) = \sum_s \sum_t w(s, t) f(x + s, y + t)$$

- onde é realizada a soma de multiplicações sobre a região compartilhada por w e f .
- Esta equação é avaliada para todos os valores das variáveis de deslocamento x e y para que todos os elementos de **w visitem cada pixel de f**. [3]



Mecanismo

- **CC**
- Entradas: imagem, template
 - A cada pixel que o template percorre é calculado um coeficiente que representará como bom ou ruim. Esses coeficientes irão compor uma nova matriz de resultados.
- Saída: Localização da correspondência do template na imagem original

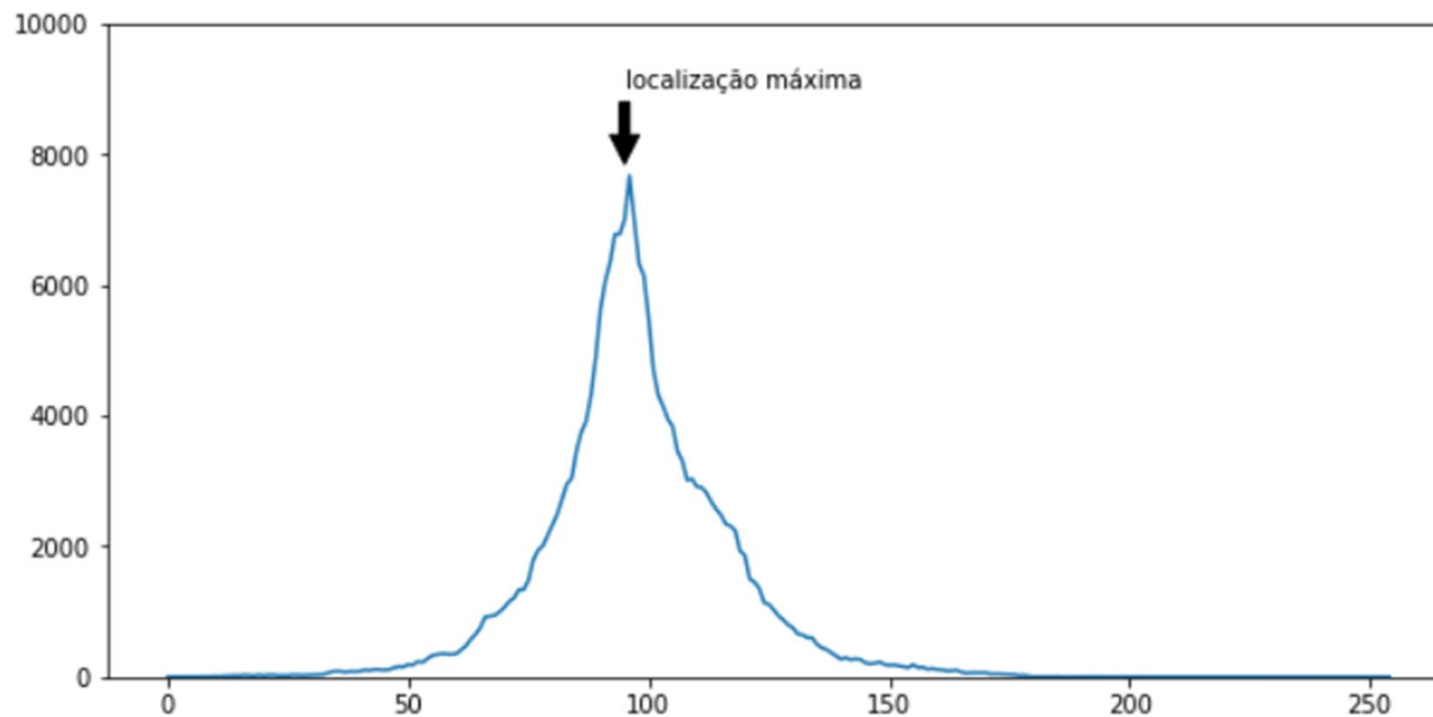
| | | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|---|
| Template | 0 | 0 | 0 | | |
| | 0 | 1 | 1 | | |
| | 0 | 1 | 0 | | |
| Imagem | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Imagem de correlação | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 |
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |



Valor máximo CC 4909979.0
 Valor mínimo CC -3094247.5

Correlação Cruzada

- É esperado então que o valor máximo do coeficiente de correlação se destaque em amplitude em relação aos outros



Correlação Cruzada Normalizada

- **Normalized Cross Correlation**
- Onde:

Média do template

Média de f na região coincidente com w

$$\gamma(x, y) = \frac{\sum_s \sum_t [w(s, t) - \bar{w}] \sum_s \sum_t [f(x + s, y + t) - \bar{f}(x + s, y + t)]}{\left\{ \sum_s \sum_t [w(s, t) - \bar{w}]^2 \sum_s \sum_t [f(x + s, y + t) - \bar{f}(x + s, y + t)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

Subtração da imagem de sua média
do template de sua média

Coeficiente de correlação

Correlação Cruzada Normalizada

- Range da correlação $[-1, 1]$:
 - 1,0: total correspondência;
 - 0: não houve correspondência;
 - -1: correlação inversa;
- Versão aprimorada do método clássico de correlação cruzada.
- Menos sensível a ruídos;

Correlação Cruzada Normalizada

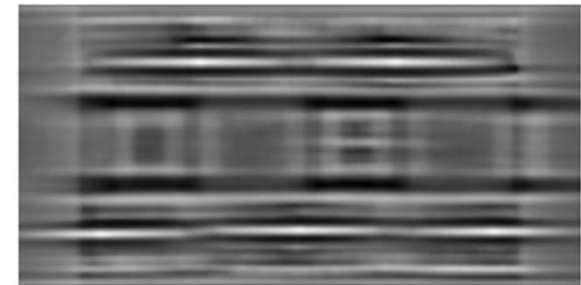
- O brilho de cada pixel representa o **valor do NCC** do template posicionado sobre esse pixel
- cor branca → correlação máxima de 1.0
- cor preta → nenhuma correlação de -1.0



Template image



Input image




Template correlation image

Comparativo

Coeficiente de correlação

Cross-Correlation

| Image1 | Image2 | Cross-Correlation |
|---|---|-------------------|
|  |  | 19404780 |
|  |  | 23316890 |
|  |  | 24715810 |

Obtém o coeficiente de correlação, com alto valor, representado por alta intensidade (branco)

Normalized Cross-Correlation

| Image1 | Image2 | NCC |
|---|---|--------|
|  |  | -0.417 |
|  |  | 0.553 |
|  |  | 0.844 |

Múltiplos objetos

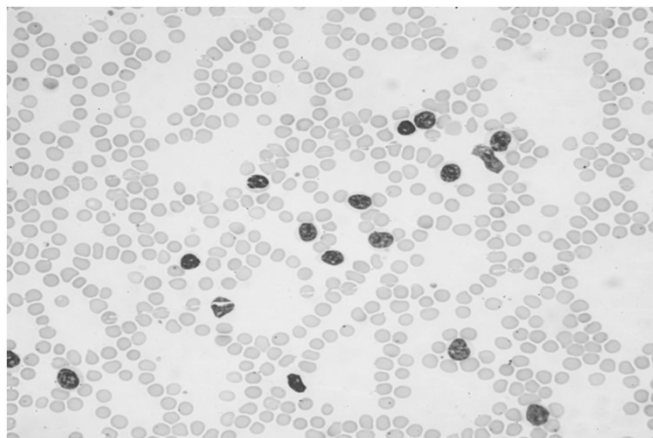
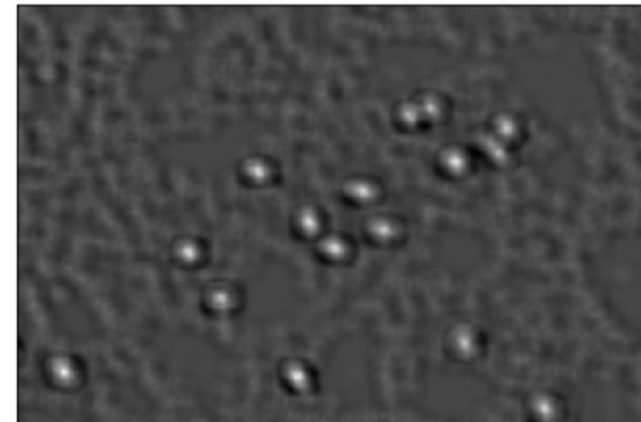


Imagem a ser inspecionada

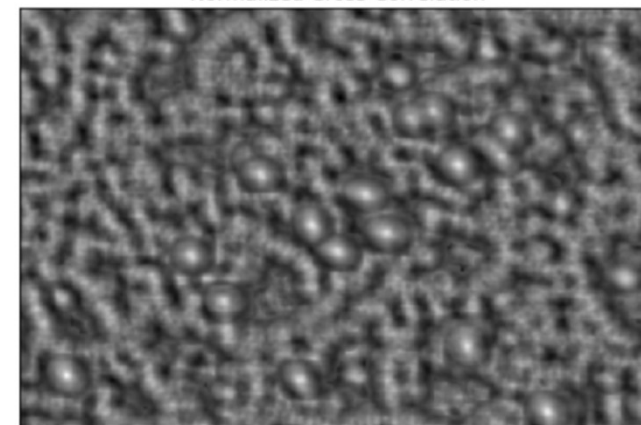


Template

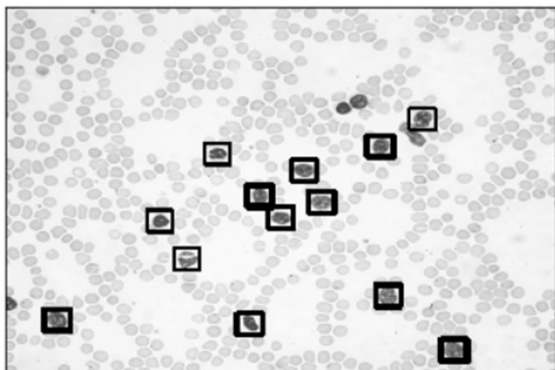
Cross-Correlation



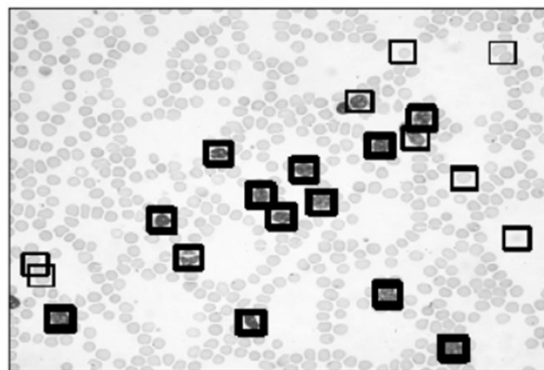
Normalized Cross-Correlation



Limiar de 0.7



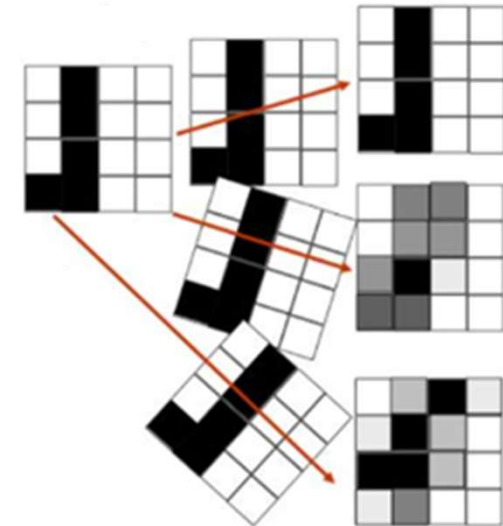
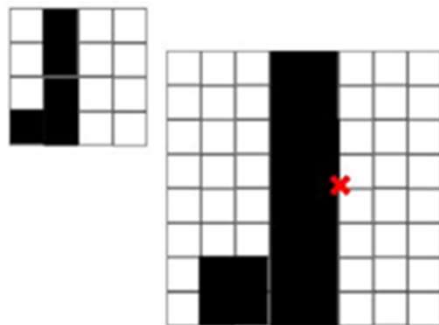
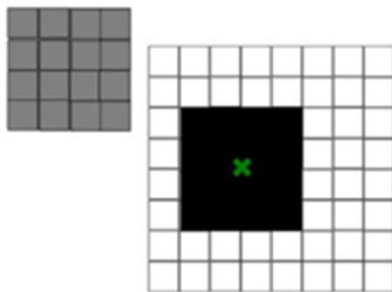
Limiar de 0.6



Determinação de um limiar

Variações

- Variações de escala entre modelo e a imagem
- Luminosidade
- Ruídos
- Rotação dos modelos na imagem a ser pesquisada
- Desafio → escolher medida de correspondência, que atenda as variações



- Como melhorar a eficiência da correlação?
 - Normalização da intensidade;
 - Filtragem de domínio de frequência;
 - Usando imagens piramidais (Conjunto de imagens com vários níveis de resolução que vão diminuindo) na imagem e no template;

Fatores importantes

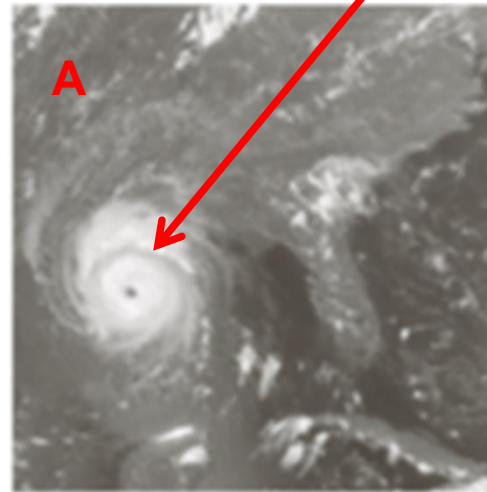
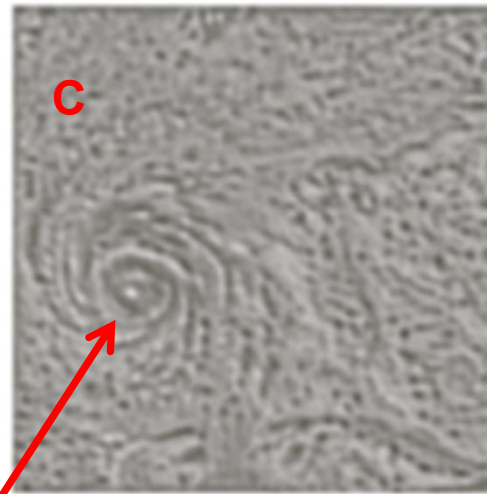
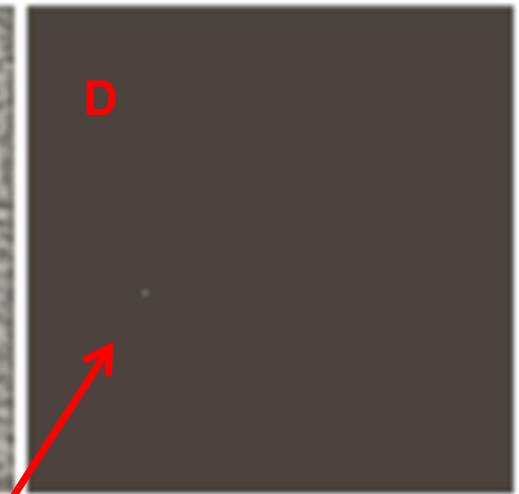
- **Velocidade de processamento** → alto custo computacional
 - Necessidade de usar vários modelos que atenda a variabilidade de aparência de objetos complexos;
 - Representação dos modelos: quanto maior a resolução, maior o número de pixels, maiores serão os requisitos computacionais;
 - Como acelerar o processo?: depende de muitos fatores como o técnica utilizada para detecção, e o requisito do pedido (uma ou várias instâncias a serem encontradas)
- **Precisão na localização** → o quão próximo a medição está do valor real. [4];

Aplicações

- Reconhecimento de face
- Processamento de imagens médicas:
 - Detecção automatizada de nódulos calcificados em radiografias, ressonâncias, mamografias, etc;
- Análise de imagens de satélite [8]

Exemplo imagem de satélite

- Figura **A** imagem (913x913) de satélite do furacão Andrew, obtida em 1992, onde o centro da tempestade é claramente visível.
- Template **B** (que é uma sub imagem 31 x 31 do centro da tempestade;
- A figura **C** mostra o resultado do coeficiente de correlação entre a imagem e o template. A intensidade desta imagem é proporcional ao valor de correlação e todas as correlações negativas em 0 (preto) para simplificar a análise visual da imagem. O ponto mais claro da imagem de correlação é claramente visível;
- A figura **D** ponto branco a localização da correlação máxima / correspondência única; [3]

**B****C****D**

Aplicações

- Contagem de colônias bacterianas

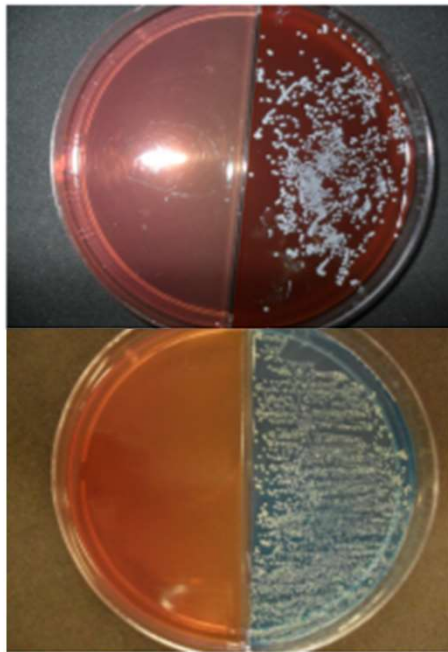
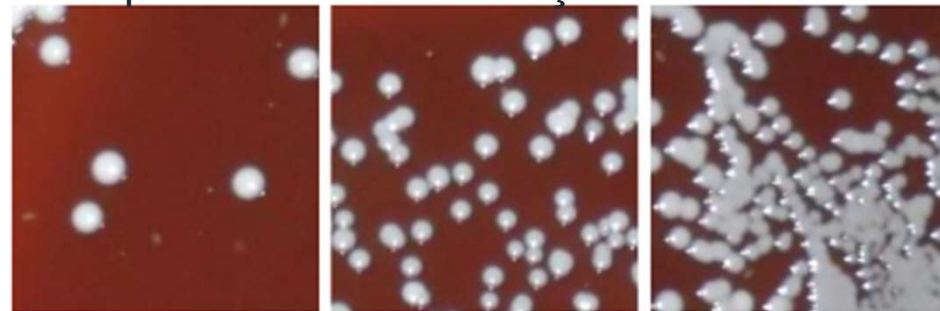


Imagem de colônias cultivadas em uma placa de Petri.

Classificação das imagens de colônias por complexidade de avaliação

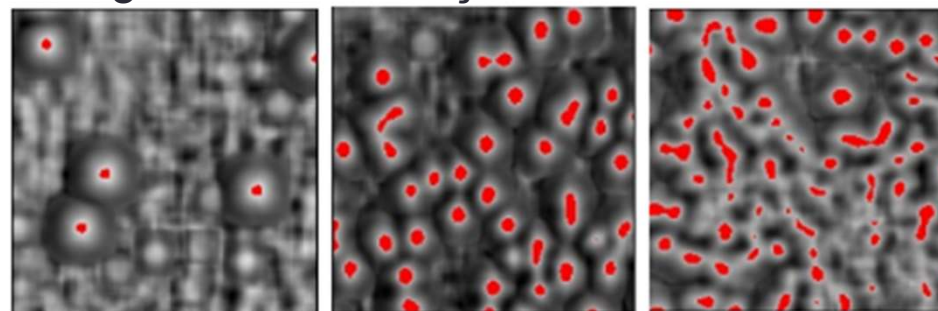


(a)

(b)

(c)

Imagens de Correlação



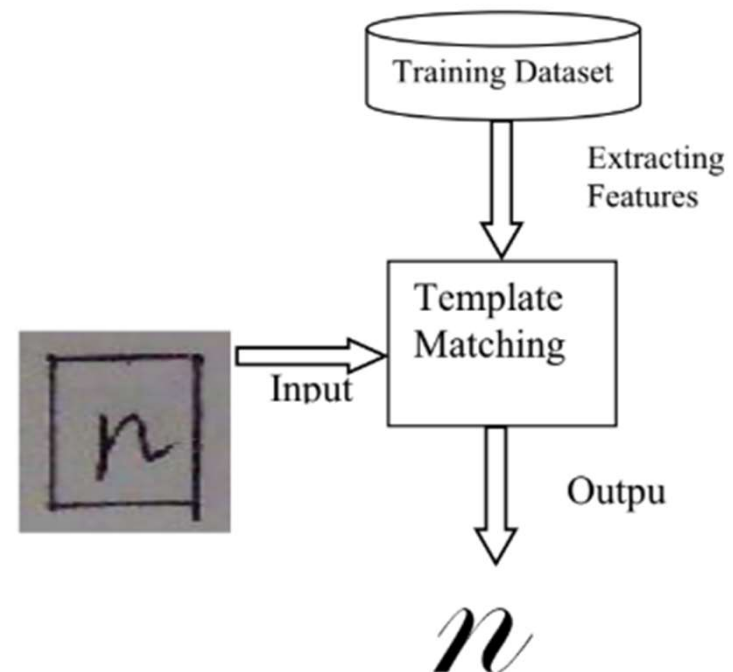
(a)

(b)

(c)

Aplicações

- **Extração de caracteres de texto de manuscritos**
- O algoritmo de Template Matching pode ser usado para correspondência de caractere com o conjunto de dados (Training DataSet).



Conclusão

- Método de correlação cruzada:
 - É influenciado por mudanças no brilho da imagem - o brilho de uma imagem pode disparar erros em sua correlação cruzada com outra imagem;
- NCC possui vantagens significativas em relação a CC, pois apresenta melhores resultados em diferentes condições de iluminação em uma imagem e menos sensíveis à ruídos;
- Ambos podem ser relativamente lentos principalmente em imagem grandes;

Referência Bibliográfica

- [1] Richard O. Duda and Peter E. Hart, *Pattern Classification and Scene Analysis* 1st Edition, New York, Wiley, 1973;
- [2] Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. *Processamento de imagens digitais*, Tradução: César Jr., Roberto M. 2000;
- [3] Gonzalez, Rafael C.; Woods, Richard E. *Digital image processing*, 3rd ed., 2008;
- [4] Brunelli, Roberto, *Template Matching Techniques In Computer Vision - Theory And Practice*, 2009 edition, John Wiley & Sons Ltd;
- [5] *Text Character Extraction Implementation from Captured Handwritten Image to Text Conversion using Template Matching Technique*. MATEC Web of Conferences DOI: 10.1051/ 57, 01010 (2016)
- [6] *Contagem automática de colônias bacterianas com o uso das técnicas template matching e hough circles*, Universidade Federal da Grande Dourados Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologias Dourados, Brasil
- [7] American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS), *Template Matching Advances and Applications in Image Analysis*, Global Society of Scientific Research and Researchers
- [8] W R DRIOUA¹, N BENAMRANE, N KHELOUF, *Satellite Image Matching using Kalman Filter and a cross correlation technique*, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 6, Issue -2015