







- Uma imagem qualquer (binária ou em níveis de cinza de qualquer dimensão) pode ser representada por 7 valores reais, denominados momentos de Hu (conforme implementação de `hu.pl` em materiais; para maiores detalhes, acesse [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_moment](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_moment)). Tais valores praticamente não se alteram quando a mesma imagem é rotacionada ou reduzida/ampliada.

Com base nesta simplificação, propõe-se uma *aprendizagem de máquina* sobre uma base de imagens binárias (disponibilizada em formato PGM, em texto plano, em `pgm.zip`, a partir de arquivos da base “MPEG-7 Core Experiment CE-Shape-1”), classificando cada amostra com o auxílio do usuário (por exemplo: imagens de peixe, de pássaro, ...).

A primeira imagem que surgir, o usuário deverá escrever a qual classe ela pertence (por exemplo, criando o rótulo peixe) e adicionar, ao banco de dados, seus 7 momentos + 1 rótulo. Para as demais imagens, o programa deve calcular os 7 momentos, verificar a imagem mais próxima no banco de dados (no qual cada imagem está representada apenas pelos 7 momentos e pelo rótulo/classe já atribuído pelo usuário), e sugerir uma classe automaticamente. Se acertar, o usuário dará um *ok*; se errar, o usuário escreverá o nome de sua classe. E esta nova imagem é inserida corretamente rotulada no banco de dados.

Com o tempo, espera-se que o programa se torne cada vez mais “inteligente” para o reconhecimento destas formas.


- Considerando as seis imagens a seguir, sendo as três primeiras da classe borboleta e as três últimas da classe cervo, e seus respectivos momentos de Hu, já registrados no banco de dados:

	Imagem	$\mathcal{H}^{(1)}$	$\mathcal{H}^{(2)}$	$\mathcal{H}^{(3)}$	$\mathcal{H}^{(4)}$	$\mathcal{H}^{(5)}$	$\mathcal{H}^{(6)}$	$\mathcal{H}^{(7)}$
$i = 1$		2.6772e-01	2.4537e-02	5.4498e-03	3.8543e-04	-4.6290e-07	-5.4904e-05	-3.1267e-07
$i = 2$		2.6774e-01	2.4526e-02	5.4573e-03	3.8590e-04	-4.6358e-07	-5.4923e-05	-3.1418e-07
$i = 3$		2.8629e-01	3.4461e-02	5.7002e-03	4.7601e-04	-7.7518e-07	-8.7969e-05	1.1795e-07
$i = 4$		3.1365e-01	2.4364e-02	3.5620e-03	7.0848e-04	1.1103e-06	1.1017e-04	1.8420e-07
$i = 5$		3.3347e-01	2.8744e-02	4.8593e-03	4.4875e-04	5.8166e-07	2.9824e-05	3.1750e-07
$i = 6$		3.3448e-01	2.9299e-02	4.7220e-03	4.2528e-04	5.2515e-07	2.7507e-05	2.9564e-07

A cada nova imagem *new* de entrada e seus 7 momentos de Hu,  $\mathcal{H}_{new}^{(n)}$  ( $n = 1, 2, \dots, 7$ ), pode-se determinar a distância Euclidiana para cada uma das  $N$  entradas no banco de dados,  $\mathcal{H}_i^{(n)}$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ):

$$dist(new, i) = \sqrt{\sum_{n=1}^7 \left( \mathcal{H}_{new}^{(n)} - \mathcal{H}_i^{(n)} \right)^2}$$

- Por exemplo, considerando a entrada de uma nova imagem da classe borboleta:

	Imagem	$\mathcal{H}_{new}^{(1)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(2)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(3)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(4)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(5)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(6)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(7)}$
<i>new</i>		2.4021e-01	1.5270e-02	3.8840e-03	3.8218e-04	-4.6539e-07	-4.7220e-05	1.5017e-08

A distância para  $i = 1$  é 0.0291

A distância para  $i = 2$  é 0.0291

A distância para  $i = 3$  é 0.0499


A distância para  $i = 4$  é 0.0740

A distância para  $i = 5$  é 0.0942

A distância para  $i = 6$  é 0.0953

A menor distância está para a imagem  $i = 1$  (ou  $i = 2$ ) da classe borboleta. O usuário deverá responder que o programa classificou corretamente e estes 7 valores de Hu + o rótulo borboleta devem ser adicionados ao banco de dados.

- Mais um exemplo, considerando a entrada de uma nova imagem da classe cavalo:

	Imagem	$\mathcal{H}_{new}^{(1)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(2)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(3)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(4)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(5)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(6)}$	$\mathcal{H}_{new}^{(7)}$
<i>new</i>		3.4330e-01	6.1501e-02	7.6047e-03	1.5082e-03	5.0979e-06	3.4917e-04	3.1693e-07

A distância para  $i = 1$  é 0.0842

A distância para  $i = 2$  é 0.0842

A distância para  $i = 3$  é 0.0631

A distância para  $i = 4$  é 0.0477

A distância para  $i = 5$  é 0.0343

A distância para  $i = 6$  é 0.0335

Neste caso, a menor distância está para a imagem  $i = 6$  da classe cervo. Como o programa classificou incorretamente, o usuário deverá escrever a classe correta, ou seja cavalo, e estes 7 valores de Hu + o rótulo cavalo devem ser adicionados ao banco de dados.

- Pede-se:
  - Implemente, em Prolog, um classificador de imagens assistido por usuários.
  - A entrada da imagem pode ser simplesmente o caminho/nome do arquivo PGM (por exemplo: horse-1.pgm. Caso o programa tenha visualização de imagens, sugere-se (não é obrigatório) que haja uma integração com uma linguagem com suporte moderno à interface gráfica (veja as notas da última aula).

---

- Materiais:

- `img.pl` – funcionalidades básicas para processamento de imagens:  
<https://www.inf.ufsc.br/~alexandre.silva/courses/15s2/ine5416/exercicios/t3B/img.pl>
- `hu.pl` – determinação dos 7 momentos invariantes de Hu de uma imagem:  
<https://www.inf.ufsc.br/~alexandre.silva/courses/15s2/ine5416/exercicios/t3B/hu.pl>
- `pgm.zip` – conjunto de imagens de teste em PGM (em texto plano que pode ser lido pelo `readPGM` do `img.pl`):  
<https://www.inf.ufsc.br/~alexandre.silva/courses/15s2/ine5416/exercicios/t3B/pgm.zip>

- Entrega do  $T_3$ –parte B:

- **Prazo:** dia [03dez2015](#) até [23h55](#)
- **Forma:** Individual ou em grupo de [até três alunos](#)
- **Entrega pelo Moodle:**
  1. **Códigos** fontes (Prolog)
  2. **PDF** com explicações e exemplos de aplicação de cada regra e as respostas obtidas