

# **OBJECT RECOGNITION AND CATEGORIZATION**

HOG – Histogram of Oriented Gradients  
DOT – Dominant Orientation Templates

**Michal Vician, KAI, FMFI UK, Bratislava**

# HOG

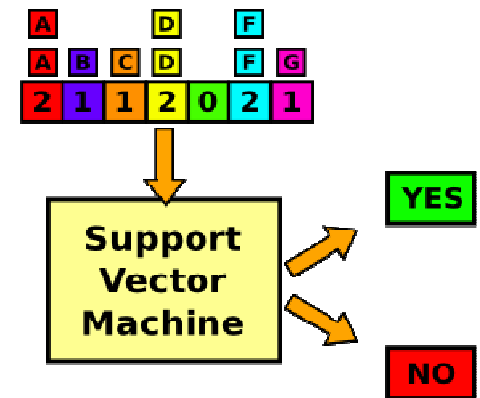
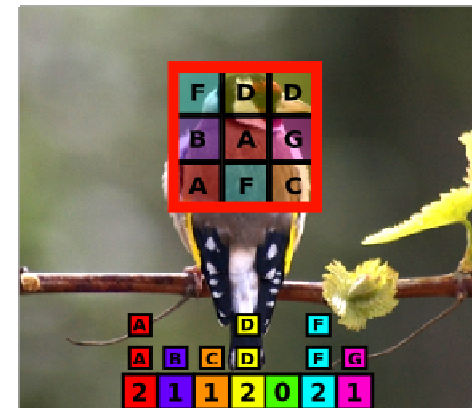
- Histogram of Oriented Gradients

- <http://www.acemedia.org/aceMedia/files/document/wp7/2005/cvpr05-inria.pdf>



# HOG – Hlavná myšlienka

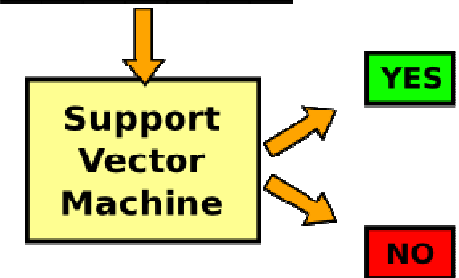
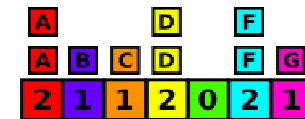
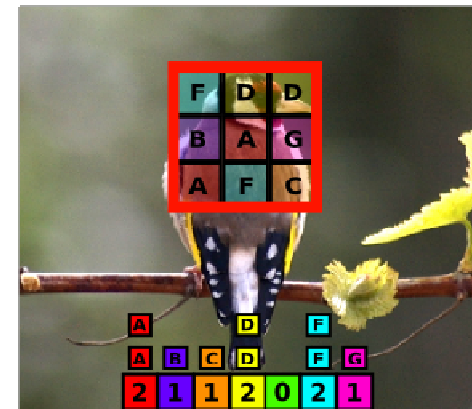
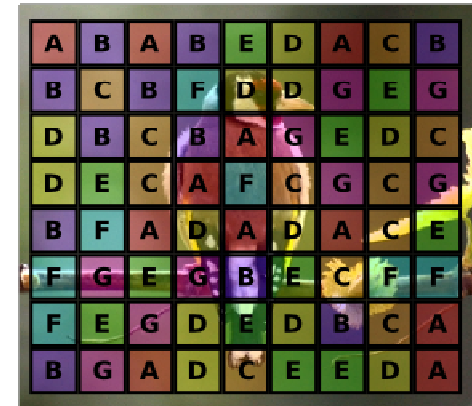
- Rozdelenie obrázku na sekcie
- Výpočet gradientov pre každý pixel v sekcií
- Rozdelenie obrázku na bloky
  - R-HOG (Rectangular blocks)
  - C-HOG (Circular blocks)
- Vytvorenie histogramu orientácií dominantných gradientov pre každý región
- Trénovanie/ohodnotenie získaných dát pomocou SVM



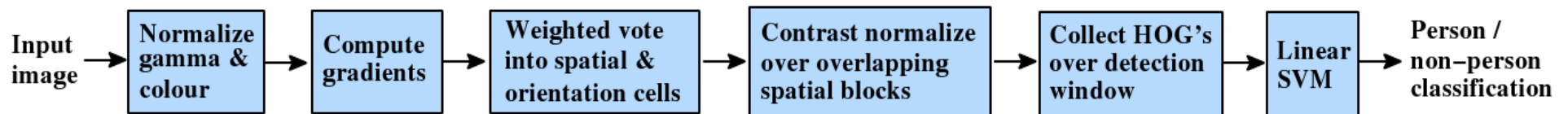
# HOG – Hlavná myšlienka

- R-HOG(  
*cellsPerBlock,*  
*pixelsPerCell,*  
*histogramChannelsCount*)
- Dalan, Triggs – Human detection experiment:

**R-HOG(3x3, 6x6, 9)**



# HOG – Prehľad všetkých krokov



# DOT

- Dominant Orientation Templates for Real-Time Detection of Texture-Less Objects
- <http://campar.in.tum.de/Main/StefanHinterstoisser>



# DOT – Pojmy a označenie

- I – input image (obrázok, na ktorom chceme vyhľadať objekt)
- O – reference image (obrázok, podľa ktorého je vytváraný template)
- c – pozícia objektu v I
- R – image region

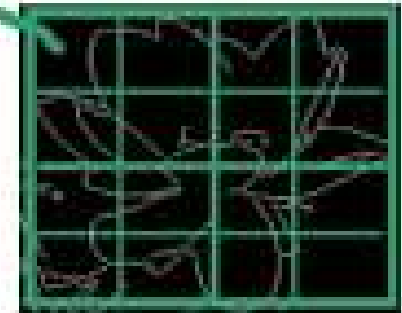
# DOT – Hlavná myšlienka

## Reprezentácia objektu

- Objekt je reprezentovný množinou templatov
- Prečo nie iba 1 template?
  - 3D objekt je nasnímaný zo všetkých uhlov

- Template:  
„Collections of lists of dominant gradients over all regions  $R$  in  $O$ .“

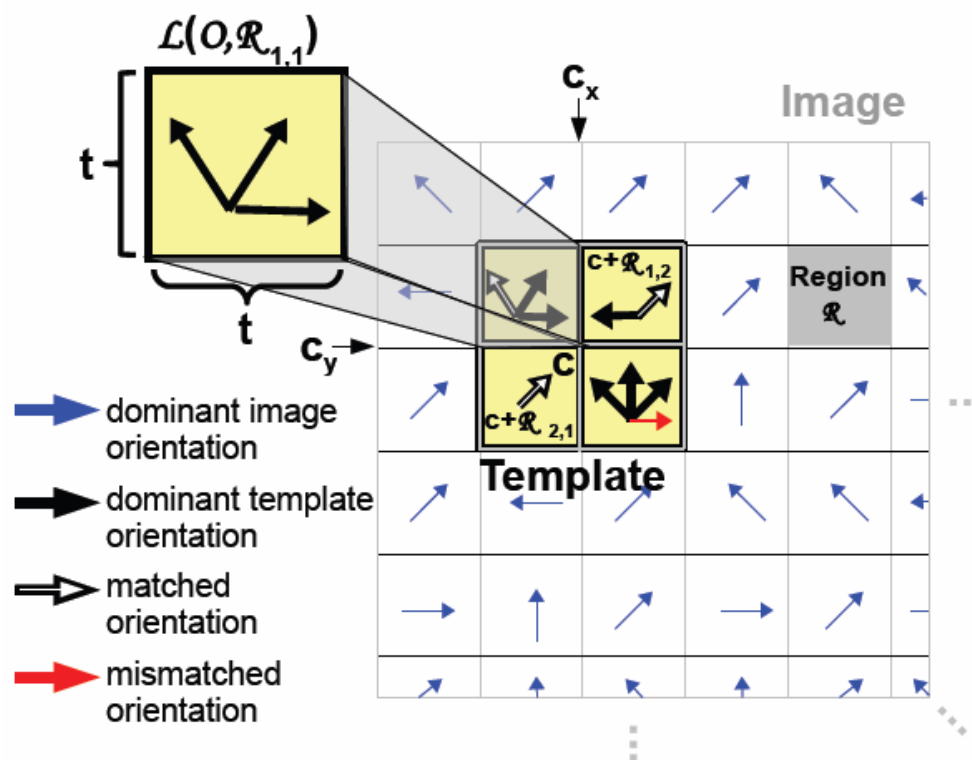
Region





# DOT – Hlavná myšlienka

- Lokalizácia objektu na nasnímanom obraze I:
  - Meranie podobnosti templatu („similarity measure“) s dominantnými gradientami regiónov obrázku O



# DOT – Similarity measure

- Pracujeme s gradientami vstupu I
- Pri porovnávaní nás zaujíma iba orientácia dominantých gradientov (nie ich veľkosť)
- 2 gradienty, medzi ktorých smermi je rozdiel  $180^\circ$  majú rovnakú orientáciu
- Orientácie gradientov sú diskretizované na nejaké malé číslo  $n_0$  ( $n_0 = 7$ )

# DOT – Similarity measure

- **E – Energy function**

Funkcia určuje počet zhodných dominantných gradientov medzi dominantými gradientami  $I$  a templatom umiestneným do stredu bodu  $C$ .

# DOT – Similarity measure

$$\mathcal{E}_1(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) = \sum_r \delta\left(\text{ori}(\mathcal{I}, c + r) = \text{ori}(\mathcal{O}, r)\right)$$

- $r$ : poloha na obrázku (súradnice pixela)
- $\delta(P)$ : 1 iff  $P == \text{true}$
- $\text{ori}(\mathcal{O}, r)$ : diskretizovaná orientácia gradientu pixela z obrázku  $\mathcal{O}$  na pozícií  $r$

# DOT – Similarity measure

## 2. Robustness to small deformations

$$\mathcal{E}_2(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) = \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathcal{O}, \mathcal{R})\right)$$

$$\text{DO}(\mathcal{O}, \mathcal{R}) = \begin{cases} S(\mathcal{O}, \mathcal{R}) & \text{if } S(\mathcal{O}, \mathcal{R}) \neq \emptyset \\ \{\perp\} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$S(\mathcal{O}, \mathcal{R}) = \{\text{ori}(\mathcal{O}, l) : l \in \text{maxmag}_k(\mathcal{R}) \wedge \text{mag}(\mathcal{O}, l) > \tau\}$$

# DOT – Similarity measure

## 2. Robustness to small deformations

$$\mathcal{E}_2(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) = \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathcal{O}, \mathcal{R})\right)$$

- **R** – región (množina pixelov)
- **DO(O, R)**: množina maximálne **k** dominantých orientácií gradientov v regióne **R** pre vstup **O**
- **do(O, R) == DO(O, R)** pre **k = 1**

# DOT – Similarity measure

## 3. Invariance to small translations

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_3(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) &= \max_{M \in \mathcal{M}} \mathcal{E}_2(\mathcal{I}, \mathbf{w}(\mathcal{O}, M), c) \\ &= \max_{M \in \mathcal{M}} \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \delta \left( \text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathbf{w}(\mathcal{O}, M), \mathcal{R}) \right) \end{aligned}$$

- $\mathbf{w}(\mathcal{O}, M)$  is the image  $\mathcal{O}$  of the object warped using a transformation  $M$

# DOT – Similarity measure

## 4. Ignoring the Dependence between Regions

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_3(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) &= \max_{M \in \mathcal{M}} \mathcal{E}_2(\mathcal{I}, \mathbf{w}(\mathcal{O}, M), c) \\ &= \max_{M \in \mathcal{M}} \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathbf{w}(\mathcal{O}, M), \mathcal{R})\right) \end{aligned}$$

$\mathcal{E}_3$  aproximujeme na:

$$\begin{aligned} &\mathcal{E}_4(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) \\ &= \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \max_{M \in \mathcal{M}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathbf{w}(\mathcal{O}, M), \mathcal{R})\right) \end{aligned}$$



# DOT – Similarity measure

## 4. Ignoring the Dependence between Regions

### Zrýchlenie!

- Princípom zrýchlenia je, že množinu dominantných gradientov po „translácií“ si môžeme predpočítať

# DOT – Similarity measure

## 4. Ignoring the Dependence between Regions

**Zrýchlenie!**

$$\begin{aligned} & \mathcal{E}_4(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) \\ = & \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \max_{M \in \mathcal{M}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \text{DO}(\mathbf{w}(\mathcal{O}, M), \mathcal{R})\right) \end{aligned}$$

**$\mathcal{E}_4$  prepíšeme ako:**

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_4(\mathcal{I}, \mathcal{O}, c) &= \sum_{\mathcal{R} \text{ in } \mathcal{O}} \delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \mathcal{L}(\mathcal{O}, \mathcal{R})\right) \\ &= \mathcal{L}(\mathcal{O}, \mathcal{R}) \\ &= \{o : \exists M \in \mathcal{M} \text{ such that } o \in \text{DO}(\mathbf{w}(\mathcal{O}, M), \mathcal{R})\} \end{aligned}$$

# DOT – Matchovanie templátov

## Bitwise operations

$$\delta\left(\text{do}(\mathcal{I}, c + \mathcal{R}) \in \mathcal{L}(\mathcal{O}, \mathcal{R})\right) = 1 \text{ iff } L \otimes D \neq 0$$

- **L** je bajt reprezentujúci dominantné orientácie v regióne **R** zo vstupu **O**
  - $\mathbf{L} = (1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0)$ ,  $i$ -ty bit predstavuje prítomnosť dominantného gradientu v smere  $= 180^\circ / n0 * i$
  - Posledný bit reprezentuje  $\emptyset$  (žiadny dominantný gradient)
- **D** je bajt popisujúci dominantný gradient v regióne  $c + \mathcal{R}$  pre vstup **I** (iba jeden bit je nastavený na 1)

# DOT – Matchovanie templatov

## Branch and Bound

- Cluster:
  - Množina podobných templatov
- Cluster template:
  - Template vyrobený ako  $T_1$  OR  $T_2$  OR ... OR  $T_N$   
všetkých  $N$  templatov patriacich do clusteru
- Pri hľadaní templatu, ktorý sa najviac zhoduje s dominantnými gradientami vstupu  $I$  sa najprv vylúčia klastre, v ktorých sa hľadaný template určite nenachádza (bitové operácie)