

# **LBP, HoG**

**Ing. Marek Hrúz Ph.D.**  
**Katedra kybernetiky**

**Plzeň**  
**29. října 2015**

# 1 LBP

Tato metoda, publikovaná roku 1996, byla vyvinuta za účelem sestrojení jednoduchého a výpočetně rychlého nástroje pro klasifikaci textur v obraze. Textury představují oblast obrazu se specifickým vnitřním uspořádáním (např. rozložení jasů), které umožňuje opakovanou detekci dané oblasti. Podobně jako v předchozích případech, je pro texturní oblasti nutné zvolit takový popis, který je odolný vůči jasovým transformacím (změna úrovně jasu a kontrastu) a rotaci obrazu. V případě metody LBP (z ang. *Local Binary Patterns*) je textura charakterizována binárním řetězcem.

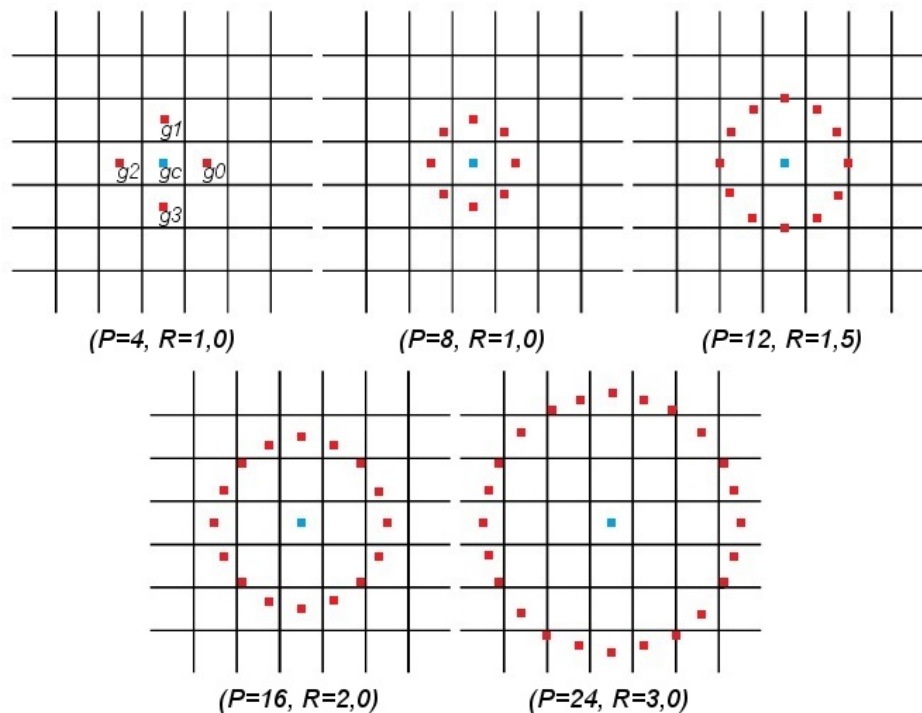
## POPIS TEXTURY

Popis textury se provádí v blízkém okolí jednotlivých pixelů vstupního obrazu. Na základě experimentů byla pro okolí zvolena kruhová reprezentace a tak se výsledný popis vztahuje vždy k bodu ležícímu ve středu okolí. Textura  $T$  v lokálním okolí bodu je definována jako:

$$T = t(g_c, g_0, \dots, g_{P-1}), \quad (1)$$

kde  $g_c$  je hodnota pixelu ve středu lokálního okolí a  $g_p$  ( $p = 0, \dots, P - 1$ ) jsou hodnoty  $P$  ( $P > 1$ ) pixelů symetricky rozmístěných na kružnici o poloměru  $R$  ( $R > 0$ ) se středem ve zkoumaném bodě.

Souřadnice středu  $g_c$  je  $(0, 0)$  a souřadnice okolních bodů  $g_p$  jsou dány předpisem  $((-R \sin(2\pi p/P), R \cos(2\pi p/P)))$ . Na Obr. 1 jsou zobrazena lokální okolí, která jsou metodou LBP nejčastěji využívána k získání popisu textury. Hodnota bodů neležících v přesném středu okolních pixelů je stanovena pomocí interpolace.



Obrázek 1: Lokální okolí využívaná metodou LBP,  $g_c$  - modrá barva,  $g_p$  - červená barva.

## INVARIANCE VŮČI JASOVÝM TRANSFORMACÍM

Znakem dobrého deskriptoru je jeho odolnost vůči jasovým změnám obrazu. Metoda LBP této nezávislosti dosahuje v několika krocích. Nejprve je hodnota  $g_c$  odečtena od všech hodnot  $g_p$  ve svém okolí, čímž nedochází ke ztrátě informace a textura je pak definována následovně:

$$T = t(g_c, g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c). \quad (2)$$

Za předpokladu, že rozdíl  $g_p - g_c$  je nezávislý na hodnotě  $g_c$ , lze předpis faktorizovat na tvar:

$$T \approx t(g_c) (g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c). \quad (3)$$

Nezávislost ovšem nemůže být vždy zaručena, z tohoto důvodu je tvar předpisu po faktorizaci pouhou aproximací spojitě distribuace jasů v okolí zkoumaného bodu. Přesto je použití této aproximace vhodné, jelikož změna úrovně jasu či kontrastu má vliv na obraz jako celek. Projev těchto transformací v lokálním okolí bodu je zanedbatelný. LBP proto distribuci jasů 2 v okolí bodu nahrazuje distribucí rozdílů:

$$T \approx t(g_0 - g_c, \dots, g_{P-1} - g_c). \quad (4)$$

Tento předpis popisuje textury v okolí jednotlivých bodů vstupního obrazu. Každému bodu je přiřazen  $P$ -dimenzionální vektor, jehož prvky odpovídají hodnotě  $g_p - g_c$ . Pro konstantní oblasti zůstává rozdíl nulový, zatím co pro hrany dochází k nárůstu hodnot ve směru jejich gradientu a v případě osamocených bodů narůstá hodnota rozdílu ve všech směrech.

Jelikož znaménko rozdílu  $g_p - g_c$  není ovlivněno jasovými změnami obrazu, odpadá nutnost uchovávání této hodnoty pro popis textury. Proto se tzv. vzor textury metody LBP skládá pouze z binárních hodnot reprezentujících znaménko jednotlivých rozdílů  $g_p - g_c$ :

$$T \approx t(s(g_0 - g_c), \dots, s(g_{P-1} - g_c)), \quad (5)$$

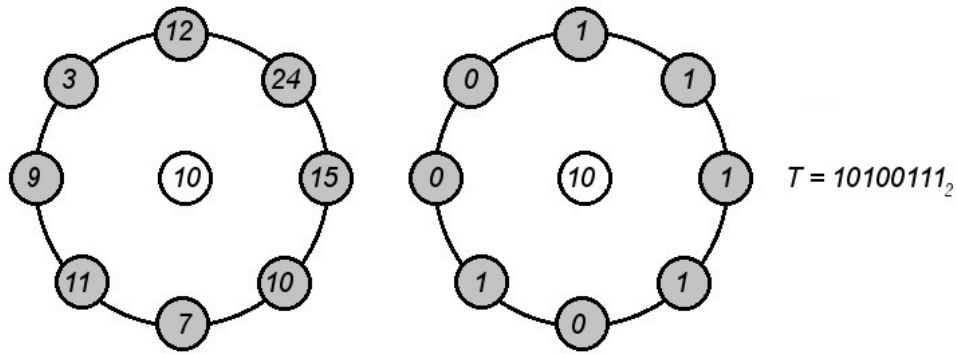
kde  $s(x)$

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{pro } x \geq 0, \\ 0 & \text{pro } x < 0. \end{cases} \quad (6)$$

Jinými slovy, binární vzor textury je tvořen hodnotami 0 a 1, které jsou získány jako výsledek prahování jasových hodnot pixelů v lokálním okolí s prahem odpovídajícím jasové hodnotě středového pixelu (viz Obr. 2). Každé znaménko vzoru je váženo koeficientem  $2^p$  a jednotlivé prvky vzoru jsou následně sečteny. Tím vznikne tzv.  $LBP_{P,R}$  operátor charakterizující prostorové uspořádání textury.

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, \quad (7)$$

kde  $R$  značí poloměr kružnice se středem ve zkoumaném bodě, na které je rovnoměrně rozmístěno  $P$  okolních pixelů.



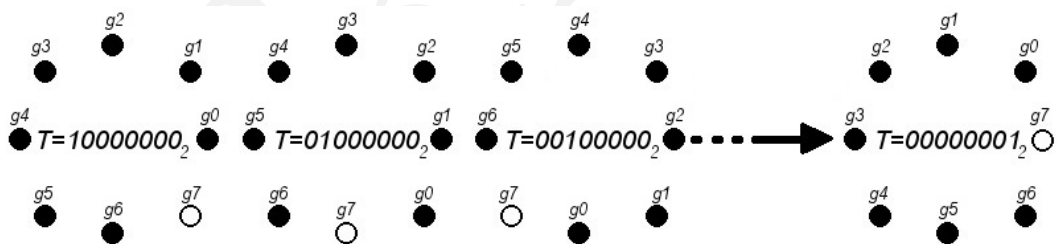
Obrázek 2: Textura v lokálním okolí zkoumaného bodu a její binární vzor.

## INVARIANCE VŮČI ROTACI

Jak bylo popsáno výše, binární vzor textury je tvořen  $P$  hodnotami, přičemž  $P$  závisí na zvolené velikosti lokálního okolí. Během rotace obrazu se jasové hodnoty  $g_p$  pohybují ve směru otáčení po kružnici definující lokální okolí, zatímco jasová hodnota středového bodu  $g_c$  zůstává neměnná. Metoda LBP své nezávislosti na rotaci dosahuje jednoduše tak, že ze všech možných natočení binárního vzoru textury vybírá takový, jenž je tvořen nejmenším binárním číslem:

$$LBP_{P,R}^{r_i} = \min\{ROT(LBP_{P,R}, i) \mid i = 0, 1, \dots, P - 1\}, \quad (8)$$

kde  $ROT(x, i)$  značí  $i$ -tou iteraci bitového posunu binárního čísla  $x$  doprava. Aplikací této operace na lokální okolí zkoumaného bodu v obraze dochází k postupnému otáčení bodů okolí po kružnici ve směru hodinových ručiček (viz Obr. 3).

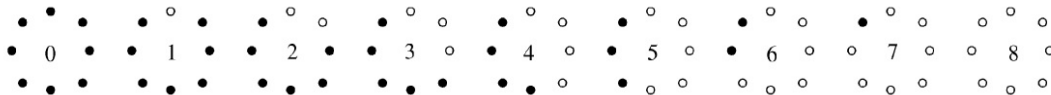


Obrázek 3: Princip konstrukce binárního vzoru invariantního vůči rotaci; body lokálního okolí nesoucí binární hodnotu 1 jsou vyznačeny bíle, body s hodnotou 0 naopak černě.

Z takto zkonstruovaného binárního vzoru je následně podle vzorce 7 vypočten operátor  $LBP_{P,R}^{r_i}$  definující texturu v okolí bodu, který je nyní nezávislý na rotaci.

## UNIFORMNÍ BINÁRNÍ VZORY

Z důvodu zvýšení robustnosti LBP metody se výsledný deskriptor neskládá ze všech nalezených binárních vzorů v obraze. Množina vzorů je před dalším zpracováním zredukována pouze na vzory uniformní, které během testování prokázaly největší stabilitu. Uniformní vzory jsou zobrazeny na Obr. 4 a ve své podstatě představují šablonu pro detekci světlých bodů (0), hran (1 – 7) a tmavých bodů či konstantních ploch (8) v obraze.

Obrázek 4: Uniformní vzory mající míru uniformnosti  $U \leq 2$ .

Uniformita binárního vzoru je určena tzv. mírou uniformnosti  $U$ , jejíž hodnota koresponduje s počtem přechodů 0/1 a 1/0 uvnitř binárního řetězce. Například, vzory  $00000000_2$  a  $11111111_2$  mají míru  $U = 0$ , zatímco ostatní vzory na Obr. 4 mají míru  $U = 2$ , jelikož obsahují právě dva přechody 0/1, resp. 1/0. Vzory s mírou uniformnosti o hodnotě maximálně dva jsou považovány za uniformní a  $LBP_{P,R}^{ri}$  operátor popisující texturu v okolí zkoumaného bodu je nahrazen  $LBP_{P,R}^{riu2}$  operátorem:

$$LBP_{P,R}^{riu2} = \begin{cases} LBP_{P,R}^{ri} & \text{pro } U(LBP_{P,R}) \leq 2, \\ P + 1 & \text{jinak,} \end{cases} \quad (9)$$

kde  $U(LBP_{P,R})$  je definováno jako:

$$U(LBP_{P,R}) = |s(g_{P-1} - g_c) - s(g_0 - g_c)| + \sum_{p=1}^{P-1} |s(g_p - g_c) - s(g_{p-1} - g_c)|. \quad (10)$$

## KONSTRUKCE DESKRIPTORU

Finální deskriptor obrazu je v případě metody LBP sestaven tak, že se vstupní obraz rovnoměrně rozčlení na několik čtvercových podoblastí. Velikost podoblasti závisí jak na velikosti obrazu, tak i na zvolených parametrech lokálního okolí  $P$  a  $R$ . Následně jsou pro každou podoblast získány binární vzory textur v okolí všech jejích pixelů,  $T_{P,R}$ , a je stanoven rotačně nezávislý tvar těchto vzorů,  $T_{P,R}^{ri}$ . Z množiny získaných vzorů jsou vybrány jen ty, které splňují podmínku uniformnosti,  $T_{P,R}^{riu2}$ . Poté jsou spočteny jednotlivé operátory  $LBP_{P,R}^{riu2}$ . Pro každou podoblast je tak získán určitý počet operátorů  $LBP_{P,R}^{riu2}$ , které jsou zaneseny do histogramů podoblastí, jež představují jednotlivé prvky výsledného LBP deskriptoru (jeden histogram LBP operátorů pro každou podoblast vstupního obrazu).

## 2 HOG

Metoda HOG (z ang. *Histograms of Oriented Gradients*) byla vyvinuta roku 2005 za účelem detekce lidských postav v obraze a patří do skupiny parametrických metod popisu. Vychází z myšlenky popisu objektu pomocí distribuce gradientů. V tomto směru je HOG inspirovaný metodou SIFT, jelikož i zde jsou jednotlivé gradienty reprezentovány svou velikostí a směrem. Vstupem metody HOG mohou být jak šedotónové, tak barevné obrazy, které jsou často za účelem zvýšení robustnosti nejprve normalizovány gamma korekcí.

### VÝPOČET GRADIENTU

Výsledný deskriptor je vysoce ovlivněn procesem výpočtu gradientu. Proto byla otestována celá řada variant stanovení gradientu v obraze a překvapivě nejlepších výsledků dosahovala ta nejjednodušší z nich.

Vstupní obraz byl v prvním kroku filtrován Gaussovým jádrem o různém parametru  $\sigma$  (včetně  $\sigma = 0$ ) a následně na něj byly aplikovány masky pro výpočet diskrétního gradientu.

$$\begin{aligned} \text{1-D masky: } & [-1, 1], [-1, 0, 1], [1, -8, 0, 8, -1]. \\ \text{2-D masky: } & \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Výsledky testů byly vyhodnoceny a nejlepší kombinace parametru  $\sigma$  a filtrační masky byla zvolena pro stanovení gradientu metodou HOG. Ta tak získává gradienty pomocí konvoluce Gaussovsky filtrovaného obrazu  $I$  při  $\sigma = 0$  s maskou  $[-1, 0, 1]$ , resp.  $[-1, 0, 1]^\top$ :

$$I_x = I * [-1, 0, 1], \quad (11)$$

$$I_y = I * [-1, 0, 1]^\top, \quad (12)$$

kde  $*$  značí konvoluci.

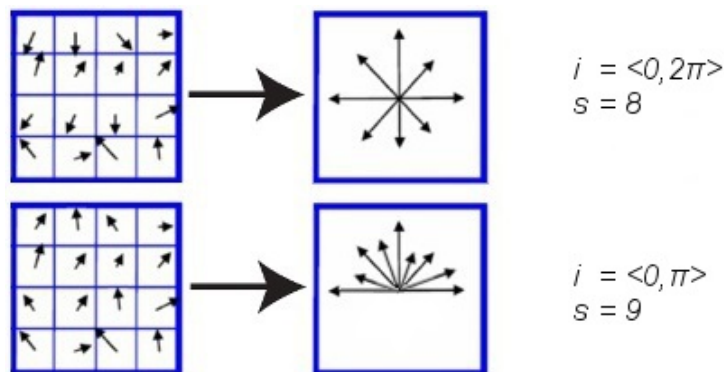
### HISTOGRAM ORIENTACÍ GRADIENTŮ

Poté co jsou získány obrazy  $I_x$  a  $I_y$ , je pro každý pixel vypočtena velikost gradientu  $m(x, y)$  a směr gradientu  $\Theta(x, y)$ :

$$m(x, y) = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}, \quad (13)$$

$$\Theta(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{I_y}{I_x}\right). \quad (14)$$

Následně je zkonstruován histogram orientací, jehož počet binů je určený intervalem  $i$  a počtem sektorů  $s$ . Interval  $i$  udává rozsah, ve kterém se zjišťuje směr gradientu  $\Theta(x, y)$  a nejčastěji používané rozsahy jsou  $i = \langle 0, \pi \rangle$ ,  $i = \langle 0, 2\pi \rangle$ . Číslo  $s$  definuje počet stejně velkých výsečí, na které je daný interval  $i$  rozčleněn (viz Obr. 5). Přínos vypočtených gradientů do jednotlivých binů histogramu je vážen jejich velikostmi  $m(x, y)$ , a navíc bilineárně rozdělen i mezi biny sousední, což zvyšuje robustnost výsledného deskriptoru.

Obrázek 5: Histogramy orientací gradientů pro různé hodnoty  $i$  a  $s$ .

## NORMALIZACE HISTOGRAMU

Z důvodu dosažení invariance deskriptoru vůči jasovým transformacím obrazu (tj. změna jasu a změna kontrastu) jsou získané histogramy orientací normalizovány. Mezi nejčastěji využívaná normalizační schémata metody HOG patří  $L^1 - norm$ ,  $L^1 - sqrt$  a  $L^2 - norm$ , jejichž předpisy jsou:

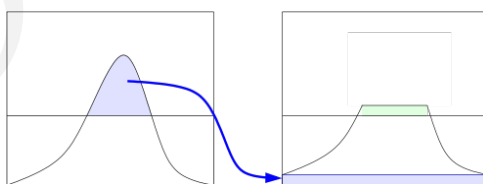
$$L^1 - norm = \frac{v}{(\|v\|_1 + e)}, \quad (15)$$

$$L^1 - sqrt = \sqrt{\frac{v}{(\|v\|_1 + e)}}, \quad (16)$$

$$L^2 - norm = \frac{v}{\sqrt{(\|v\|_2^2 + e^2)}}, \quad (17)$$

kde  $v$  je nenormalizovaný vektor,  $\|v\|_k$  představuje jeho  $k$ -tou normu a  $e$  je malá konstanta.

Speciálním případem je  $L_2 - Hys$ , při které je vektor  $v$  nejprve normalizován pomocí  $L^2 - norm$  a následně dojde k tzv. clipnutí, kdy je rozložení hodnot upraveno tak, aby poměr mezi minimem a maximem vektoru odpovídal předem zvolené hodnotě (viz Obr. 6).

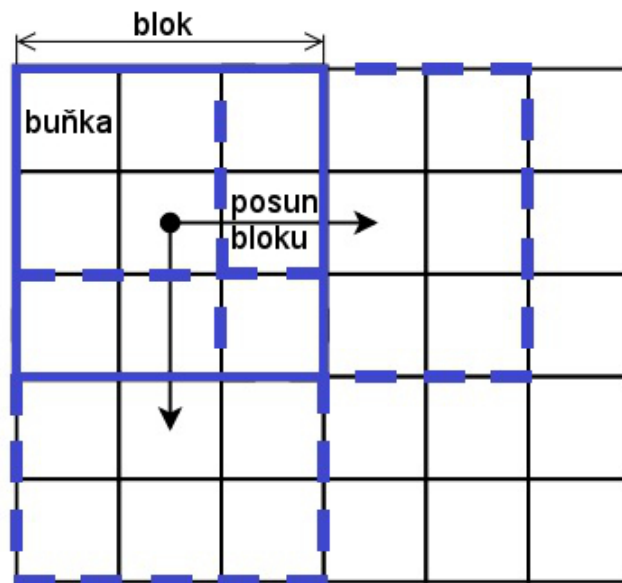


Obrázek 6: Ukázka clipnutí 2-D histogramu.

## KONSTRUKCE DESKRIPTORU

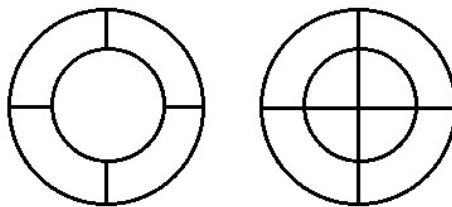
Deskriptor metody HOG je získán tak, že dojde k rovnoměrnému rozdělení vstupního obrazu do čtvercových bloků o hraně  $k$  pixelů. Tyto bloky jsou následně dále rozčleněny na tzv. buňky o hraně  $l$  pixelů ( $l < k$ ), pro které jsou vypočteny normované histogramy orientací gradientů. Výsledné histogramy buněk jsou zprůměrovány v jeden, který pak

tvoří HOG popis bloku, po jehož získání se blok posune o zvolený počet pixelů a celý proces se opakuje. Finální HOG deskriptor je zřetězením všech popisů jednotlivých bloků uvnitř vstupního obrazu (viz Obr. 7).



Obrázek 7: Princip konstrukce HOG deskriptoru (posun bloku o dvě buňky).

Pokud jsou použity čtvercové bloky, je výsledný popis označován jako R-HOG deskriptor. V odborné literatuře je možné setkat se i s C-HOG deskriptory využívající členění vstupního obrazu do kruhových bloků, jejichž dvě nejčastější formy jsou zobrazeny na Obr. 8.



Obrázek 8: Příklad kruhových bloků metody HOG.



### 3 Zkouška

#### 3.1 LBP

##### 3.1.1 Co to je?

Local Binary Patterns - metoda popisu textury

##### 3.1.2 Na co to je?

Metoda kóduje lokální texturu do binárního čísla. Celá textura je pak reprezentována jako histogram, kterého analýzou můžeme porovnávat různé textury.

#### 3.2 HoG

##### 3.2.1 Co to je?

Histogram of Oriented Gradients - metoda popisu textury

##### 3.2.2 Na co to je?

Metoda popisuje texturu z hlediska hran, které se v ní vyskytují. K popisu se používá histogram orientovaných hran. Pomocí metod porovnávání histogramů můžeme porovnávat různé textury. Když histogram reprezentujeme jako příznak, můžeme použít metody strojového učení pro jeho klasifikaci.

## Reference

DRAFT