

# Detekce geometrických tvarů, Houghova transformace

- Hledání objektů daného tvaru
- urychlení a zpřehlednění detekce objektů
- vstupem je obraz (snímek, nejlépe s omezeným počtem úrovní), výsledkem je poloha a orientace hledaných tvarů
- Většinou se využívá detekce hrany a její zpracování. Pro rychlou orientaci je možné i hledání ploch definovaných rozměrů
- specializované procesy podle hledaných tvarů
- detekci nepříznivě ovlivňuje šum a zkreslení

dělení:

- podle typu snímku: binární, B&W, barevný
- podle použitých technik: nízkoúrovňové (filtry), vyšší úroveň (porovnávání se vzorem), „inteligentní“ (extrakce příznaků)

Typy snímku

- binární – výhodou je snadnější vyhodnocení, nevýhodou je nižší přesnost
- B&W – náročnější a delší výpočty, dosahuje se větší přesnosti
- binární + B&W – černobílý obraz se převede na binární, tam se „hrubě“ naleznou tvary a v původním obraze se provede upřesnění
- barevný – řada možností pro další zpřesnění (rozdělit na složky a každou složku zvlášť, vybrat pouze nejvýznamnější barevnou složku, komplexní řešení ve všech složkách, převést na jiný-vhodnější barevný formát (RGB, CMYK, HSL, ...), kde vyniknou požadované vlastnosti

Převod na vhodný typ je dobré udělat v HW – jednoduché algoritmy

B&W na binární

- buďto plochy nebo hrany (nejprve hranový filtr)
- zvolení vhodného prahu
- převod na binární (nebo pouze omezení počtu úrovní)

Prahování

- převodní tabulka – úprava kontrastu
- volba mezí (prahů) pro převod do N-úrovňového obrazu

## Metody pro typ snímku

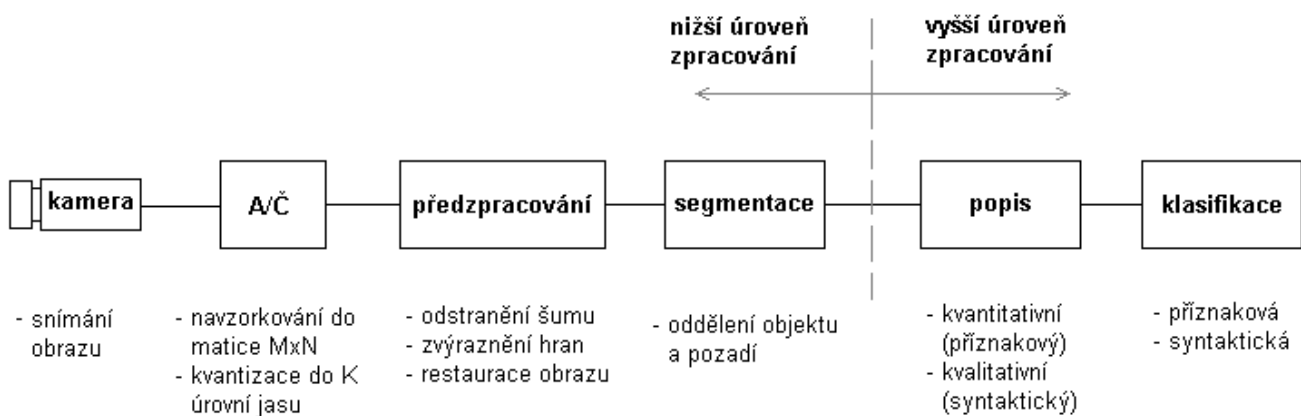
- binární – skeleton, ztenčování, eliminace „otřepů“, „řízené“ ztenčování, měření obvodu, sledování obvodu, „barvení objektů“, počítání objektů, momentové charakteristiky
- šedé – rozšířené metody pro binární,

## vyšší úrovně vyhodnocení

- fuzzy logika
- neuronové sítě
- bayesovy odhady, zhodnocení hypotéz

většinou pracujeme s připravenými charakteristickými vlastnostmi, příznaky pro vyhodnocení

### Řetězec zpracování obrazu



kamera – obraz – segmentace – segmentace objektů – model – analýza – korekce předchozích kroků na základě výsledku

## Hledání významných bodů pro zpracování

- hrany (jasové nebo barevné změny, odpovídající barevným nebo prostorovým přechodům v originále) - předzpracování
- rohy
- clustering – rozdělení dat do podmnožin na základě normy (vzdáleností, na základě podobnosti s okolím), hierarchické (odshora dolů - sestavuje, zesponu nahoru – dělí)

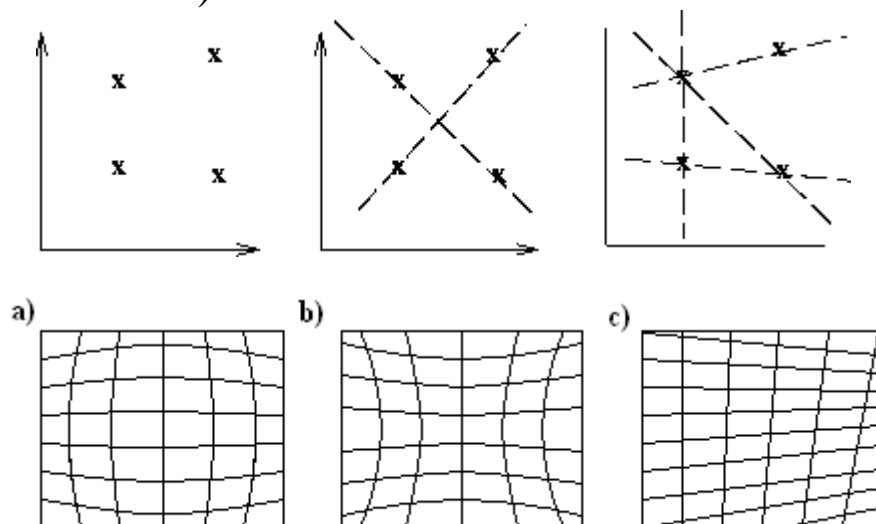
## HT

- detekce tvaru (přímka I,II, kružnice, elipsa, trojúhelník, libovolný tvar- obecná detekce(generalizedHT),)

- detekce známého tvaru
- málo citlivý na šum
- necitlivý k porušení hranic
- mapování bodů na křivky (do prostoru příznaků, a naopak) – sčítací buňky – sčítají kolik bodů patří k ..(přímce ..) – výpočty přes „akumulátor“
- funguje obecně
- výhodné při částečném zakrytí objektů
- problém přesnosti (zkreslení, blízké rovnoběžné čáry) a rychlosti (vícenásobné vnořené cykly)
- zkreslení „zakřiví“ přímky -> ve výsledku několik maxim = několik přímek
- snaha snížit výpočetní náročnost – sin a cos předpočítány v LUT tabulce, RHT (randomized HT) monte carlo – náhodný výběr bodů, pyramidy – postupné zpřesňování (v „zajímavých“ oblastech) – každá další má poloviční rozlišení, kvadrantové stromy –
- krátká hledaná oblast – stejná váha jako náhodné body
- HT – převod přímky na bod (a naopak, či na cos)

### směrnicový tvar

- patentováno 1962
- dva podprostory  $y=kx+q$  a  $x=ky+q$ , nutný překryv,
- k je dobré odvodit od sklonu  $p \perp l$
- (bod=>čára, čára<=bod)



Radiální zkreslení - a) soudek, b) poduška, c) Natočení detektoru k ose optiky, při zkreslení je čára reprezentována (v HT) řadou blízkých maxim (dojde k rozostření maxima)

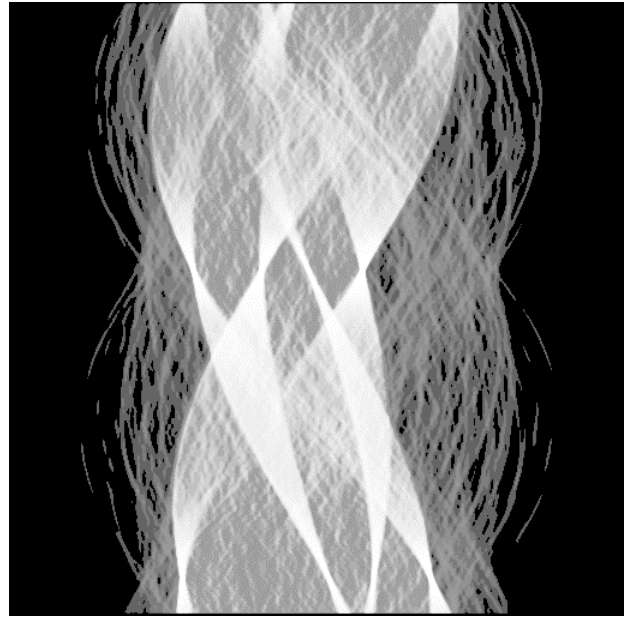
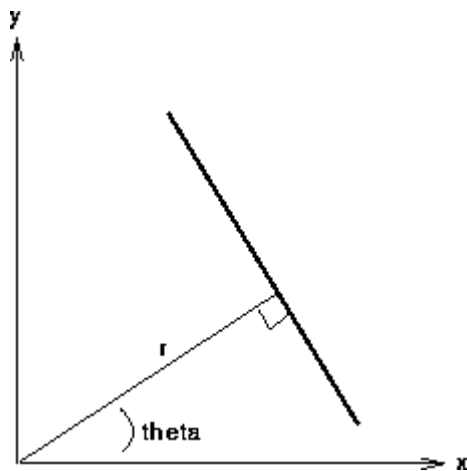
### normálový zápis

1972

$$x \cos \theta + y \sin \theta = r$$

- (bod=>sinus, čára<=bod)

- výsledkem je prakticky přímka
- $f(x, \theta) = 0$  – parametrická rovnice pro zápis bodu
- počet maxim = počet oddělitelných přímek
- výstup neříká kde je počátek a kde konec – nutno zpětně vyhodnotit, najít přesně začátek, konec, platné body, akceptovat či doplnit přerušené části
- čáry u krajů (neúplné) mají nižší váhu



pro vyzkoušení vlastností HT:

<http://www.rob.cs.tu-bs.de/content/04-teaching/06-interactive/Hough.html> HT ve směrnicovém tvar

<http://www.rob.cs.tu-bs.de/content/04-teaching/06-interactive/HNF.html> HT v normálovém tvaru

<http://www.rob.cs.tu-bs.de/content/04-teaching/06-interactive/GeneralHoughTransformation.html> Generalizovaná HT

detekce obdélníkových objektů je popsána například v

[Rectangle Detection based on a Windowed Hough Transform](http://citeseer.ist.psu.edu/rositojung04rectangle.html) od Cláudio Rosito Jung and Rodrigo Schramm  
nebo totéž na [citeseer.ist.psu.edu/rositojung04rectangle.html](http://citeseer.ist.psu.edu/rositojung04rectangle.html)

detekce kružnice

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$$

3D prostor výsledků

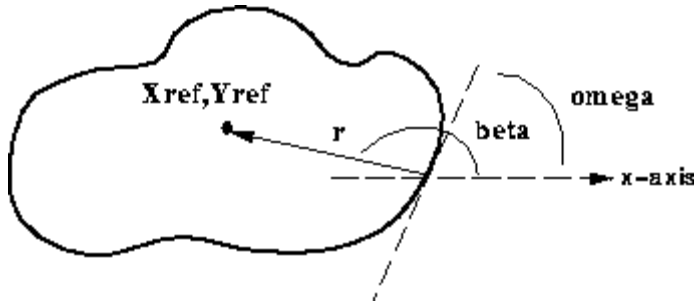
$$r=f(x,y,a,b) \quad (x,y) \rightarrow (r,a,b)$$

pro přibližně známé  $r$  zvolíme pouze jeden obraz ( $r$  volíme jako střední hodnotu), maximum je neostré

generalizovaná HT

- libovolný tvar

- pro zjišťování se používá referenční bod a od něj se sleduje předpočítaná hranice (look up table vzdáleností a úhlů). Někdy se přibírají lokální charakteristiky (tečna ..)
- vezmu bod hranice, nakreslím celý objekt v druhém prostoru
- vezmu bod, zjistím tečnu a v tabulce najdu pro danou tečnu kde vykreslit bod (střed)



$$X_{ref} = x + r \cos(\beta)$$

$$Y_{ref} = y + r \sin(\beta)$$

## zrychlování HT

- gridding HT, Randomized HT, pravděpodobnostní HT ...
- výpočty pouze v určitém rastru (i proměnný – u kraje hustší – zvětšení váhy)
- bere se jen určitý počet bodů hrany – po překročení hodnoty maxima po transformaci se vyřadí celá čára v originálu, někdy se po nalezení maže i akumulátor
- nepromítá se bod do tvaru, ale vezmou se body body určující tvar a ty se promítnou na bod (např. u přímky se vezmou dva body a zobrazí se na bod, místo toho aby se oba body zobrazovaly na přímky). Body se vybírají náhodně

## momenty

- popis objektů číselnými charakteristikami (plocha, obvod, vychýlení...)
- vhodné pro „oddělené“ objekty
- příznaky pro vyhodnocení

$$m_k = \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i^k p(x_i) \\ \int_{-\infty}^{\infty} x^k f(x) dx \end{cases} \quad \mu_k = \begin{cases} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^k p(x_i) \\ \int_{-\infty}^{\infty} (x - m)^k f(x) dx \end{cases}$$

první moment – střední hodnota

druhý moment – rozptyl (disperze, variance)

třetí moment – asymetrie (šikmost)

čtvrtý moment – špičatost (exces)

$$\mu_{pq} = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \sum_{j=-\infty}^{\infty} (i - x_t)^p (j - y_t)^q f(i, j),$$

$$x_t = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad y_t = \frac{m_{01}}{m_{00}}, \quad \text{těžiště}$$

invariantnost vůči změně měřítka – normované centrální momenty

$$\mathcal{G}_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^\gamma}, \quad \gamma = \text{TRUNC}\left(\frac{p+q}{2}\right) + 1,$$

příznakové momentové charakteristiky

$$\varphi_1 = \mathcal{G}_{20} + \mathcal{G}_{02}$$

$$\varphi_2 = (\mathcal{G}_{20} - \mathcal{G}_{02})^2 + 4\mathcal{G}_{11}^2$$

$$\varphi_3 = (\mathcal{G}_{30} - \mathcal{G}_{12})^2 + (3\mathcal{G}_{21} - \mathcal{G}_{03})^2$$

$$\varphi_4 = (\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 + (\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2$$

$$\varphi_5 = (\mathcal{G}_{30} - 3\mathcal{G}_{12})(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})[(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 - 3(\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2] + \\ + (3\mathcal{G}_{21} - \mathcal{G}_{03})(\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})[3(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 - (\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2]$$

$$\varphi_6 = (\mathcal{G}_{20} - \mathcal{G}_{02})[(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 - (\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2] + \\ + 4\mathcal{G}_{11}(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})(\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})$$

$$\varphi_7 = (3\mathcal{G}_{21} - \mathcal{G}_{03})(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})[(\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 - 3(\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2] - \\ - (\mathcal{G}_{30} - 3\mathcal{G}_{12})(\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})[(3\mathcal{G}_{30} + \mathcal{G}_{12})^2 - (\mathcal{G}_{21} + \mathcal{G}_{03})^2]$$

momenty nezávislé na posunu rotaci a změně měřítka

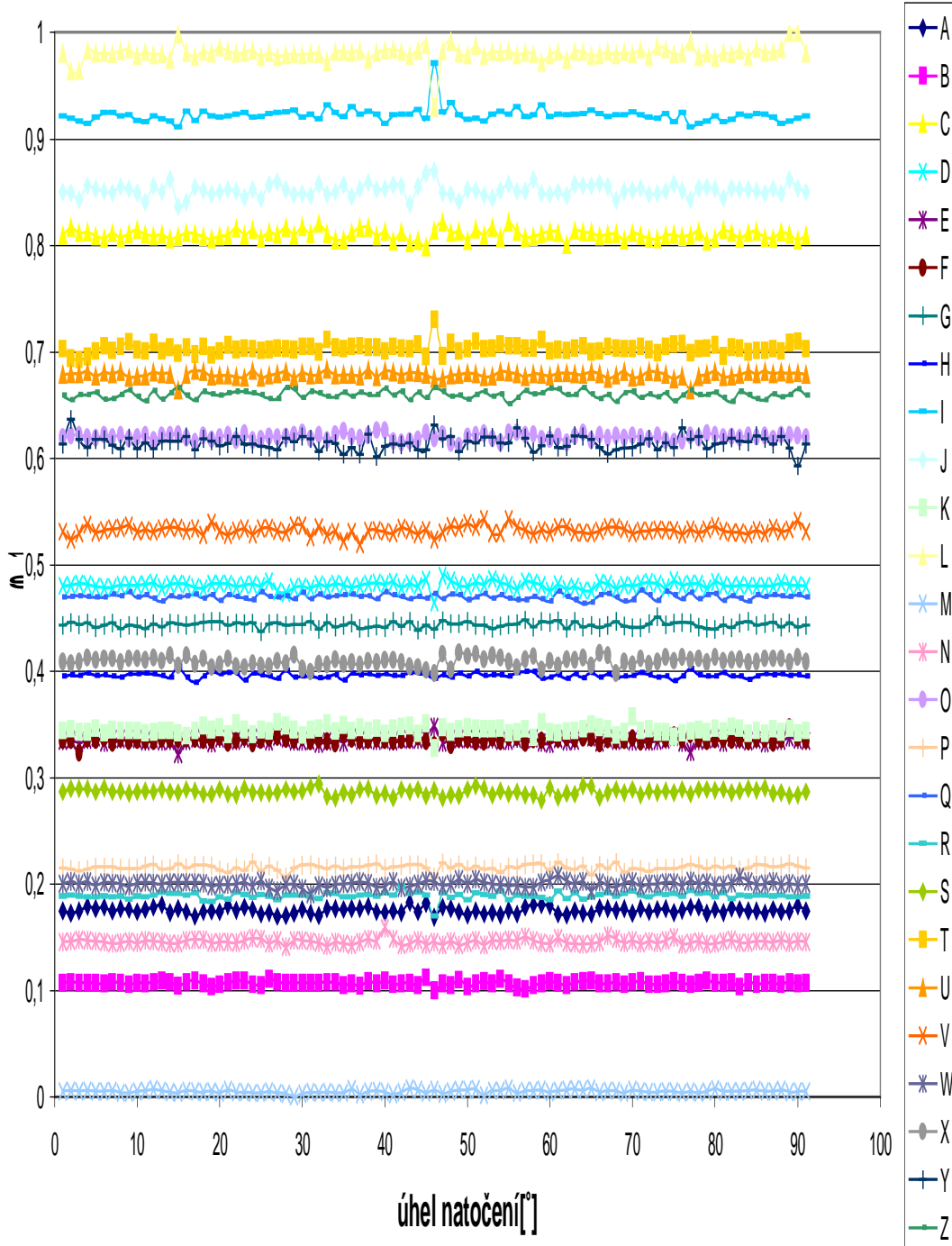
$$M_{cmp} = \frac{m_{00}}{\mu_{20} + \mu_{02}} \quad \text{kompaktnost objektu (rozdělení bodů na poloměru)}$$

$$M_{ect} = \frac{\sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}}{\mu_{20} + \mu_{02}} \quad \text{vyjadřuje excentricitu}$$

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan \frac{\mu_{02} - \mu_{20}}{2\mu_{11}} + (\text{sign}\mu_{11}) * \frac{\pi}{4} + \pi n \quad \text{orientace objektu}$$

na následujícím obrázku je ukázka hodnot momentu v závislosti na natočení.  
Jako vzor byly použity znaky abecedy (fonty).

## $\varphi$ normalizované na jedničku



## OCR

- vyhodnocení speciální (omezené) množiny objektů
- různé fonty, velikosti
- zákonitosti textu
- problémy s diakritikou - dohledávání
-



## Srovnání se vzorem – filtrace

$$j(n) = \sum_k i(k)h(n-k) = \sum_k h(k)i(n-k) \quad \text{konvoluce}$$

$$\rho = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

$$\text{cov}(x, y) = E(XY) - \bar{x}\bar{y}$$

$$E(XY) = \frac{1}{n} \sum xy.$$

## Hledání rohů

- odlišnost části obrazu od okolí
- spíše detektory bodů zájmů než rohů (např. mohou detekovat i konce čar, lokální extrémny ...) – zpětná kontrola nalezených entit
- hodnocení podle schopnosti detekce stejných rohů na různých snímcích (malé změny – v jasu, rotaci, tvaru ...)

## Beaudetův operátor

je jedním z nejstarších operátorů.

Nechť  $g(x,y)$  znamená jasovou funkci, pak pro každý bod obrazu  $(x,y)$  je třeba spočítat hodnotu  $Det(x,y)$  definovanou následujícím vztahem:

$$Det(x, y) = g_{xx}(x, y)g_{yy}(x, y) - g_{xy}^2(x, y)$$

kde  $g_{xx}(x,y)$ ,

$g_{xy}(x,y)$ ,

$g_{yy}(x,y)$  jsou druhé parciální derivace jasové funkce

Bod, ve kterém hodnota  $Det(x,y)$  dosáhne svého kladného lokálního maxima a je větší než předdefinovaný práh, je označen jako roh. Hodnota  $Det(x,y)$  je úzce spjata s Gaussovou křivkou.

## Moravcův operátor

v okolí pixelu hledá podobnost okolí v různých směrech a základě diferencí – musí být různá v kolmých směrech