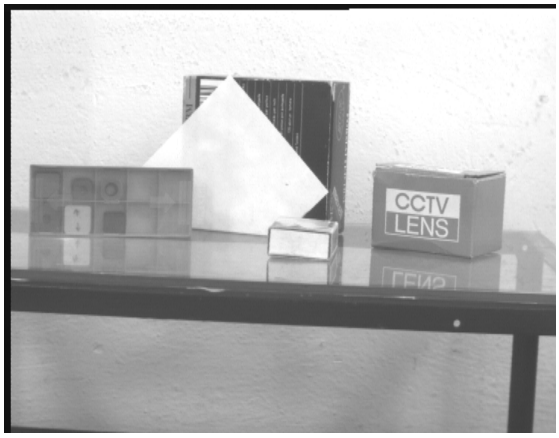
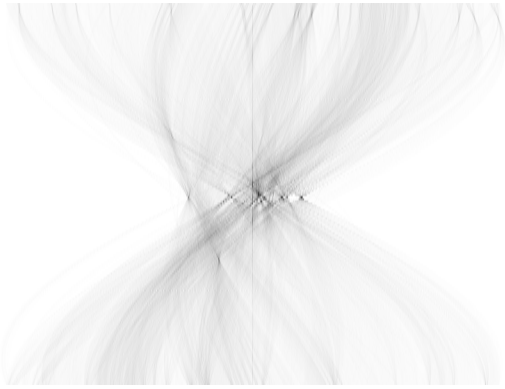
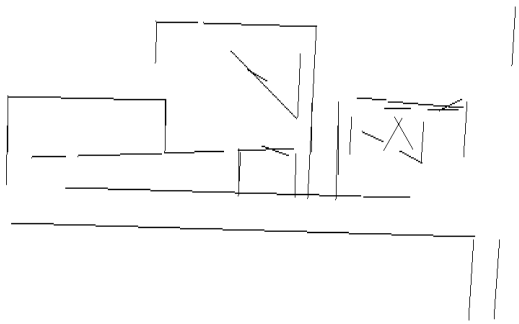
Detekce geometrických tvarů, Houghova transformace

- 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“ nalezne tvar 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

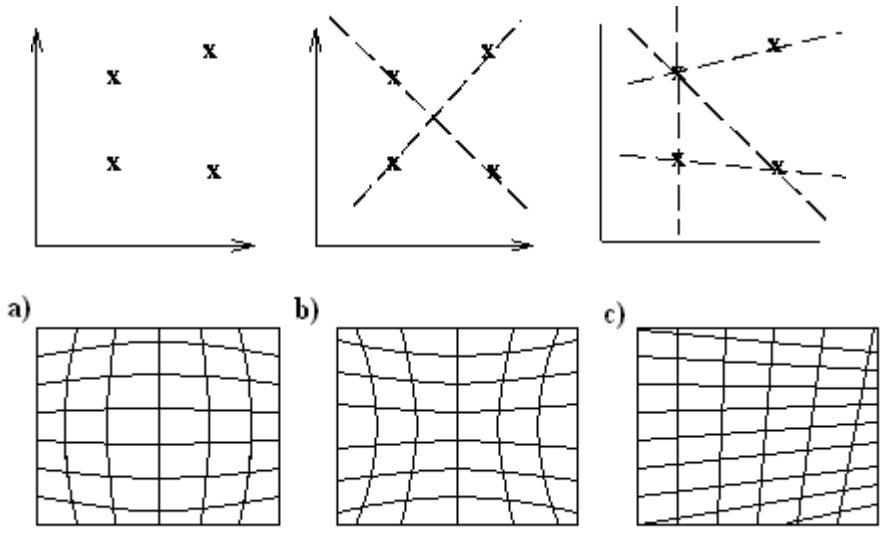
kamera – obraz – segmentace – segmentace objektů – model – analýza – korekce předchozích kroků na základě výsledku

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, zespodu 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 pxl
– (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)

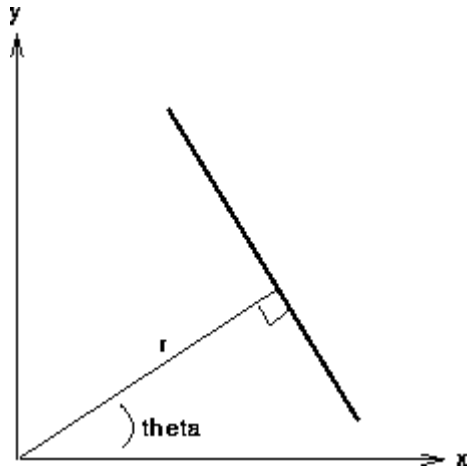
normálový zápis

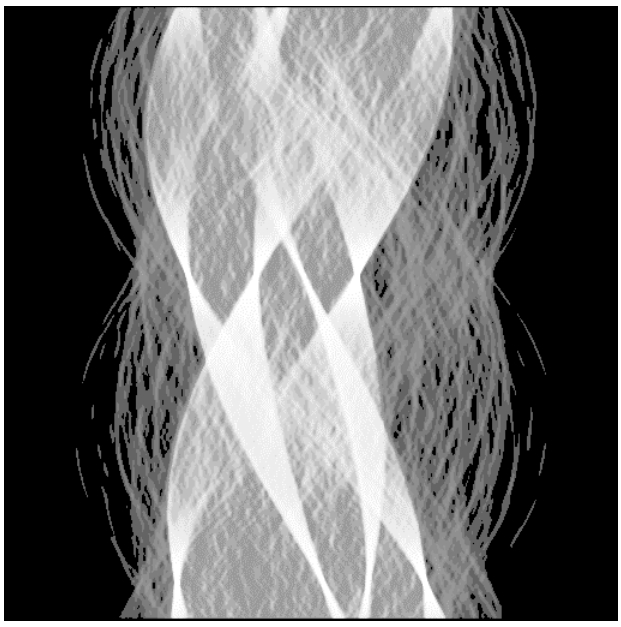
1972

x cosO + ysin0 = r

- (bod=>sinus, čára<=bod)

- výsledkem je prakticky přímka
- f(x,a) = 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 od Cl´audio Rosito Jung and Rodrigo Schramm
nebo totéž na citeseer.ist.psu.edu/rositojung04**rectangle**.html (http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/SIBGRA.2004.1352951)

detekce kružnice

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

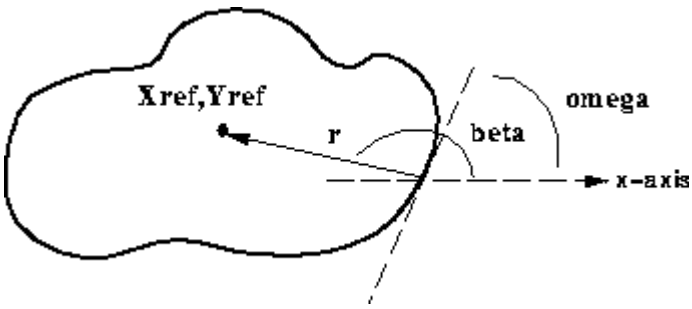
3D prostor výsledků

r=f(x,y,a,b) (x,y)->(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

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

první moment – střední hodnota
druhý moment – rozptyl (disperze, variance)
třetí moment – asymetrie (šikmost)
čtvrtý moment – špičatost (exces)

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

$$x_t = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \qquad y_t = \frac{m_{10}}{m_{00}},$$ těžiště

invariantnost vůči změně měřítka – normované centrální momenty

$$\vartheta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^{\gamma}}, \qquad \gamma = TRUNC\left(\frac{p+q}{2}\right) + 1,$$

příznakové momentové charakteristiky

$$\varphi_1 = \vartheta_{20} + \vartheta_{02}$$
$$\varphi_2 = (\vartheta_{20} - \vartheta_{02})^2 + 4\vartheta_{11}^2$$
$$\varphi_3 = (\vartheta_{30} - \vartheta_{12})^2 + (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})^2$$
$$\varphi_4 = (\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 + (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2$$
$$\varphi_5 = (\vartheta_{30} - 3\vartheta_{12})(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - 3(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] + (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})[3(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2]$$
$$\varphi_6 = (\vartheta_{20} - \vartheta_{02})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] + 4\vartheta_{11}(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})$$
$$\varphi_7 = (3\vartheta_{21} - \vartheta_{03})(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})[(\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - 3(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2] - (\vartheta_{30} - 3\vartheta_{12})(\vartheta_{21} + \vartheta_{03})[(3\vartheta_{30} + \vartheta_{12})^2 - (\vartheta_{21} + \vartheta_{03})^2]$$

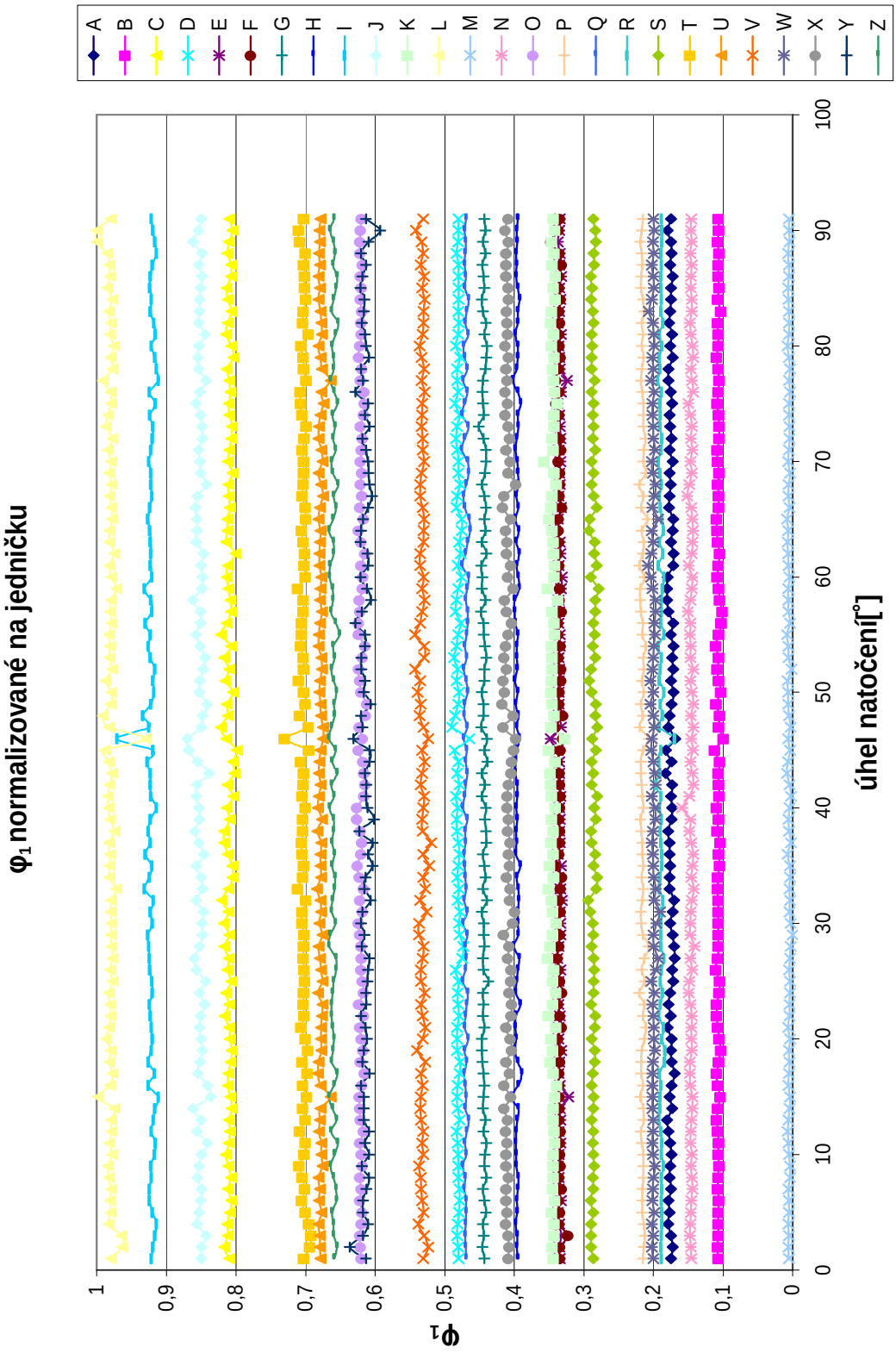
momenty nezávislé na posunu rotaci a změně měřítka

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

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

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

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



OCR

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

Srovnání se vzorem – filtrace

$$j(n) = \sum_k i(k)h(n-k) = \sum_k h(k)i(n-k)$$ konvoluce

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

$$\mathrm{cov}(x,y) = E(XY) - \overline{xy}$$

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

Hledání rohů

- odlišnost části obrazu od okolí
- spíše detektory bodů zájmů než rohů (např. mohou detekovat i konce čar, lokální extrémy …) – 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