

Akadémia Trojstenu

**Ako sledovať pingpongovú
loptičku**

Andrej Lúčny

Katedra aplikovanej informatiky

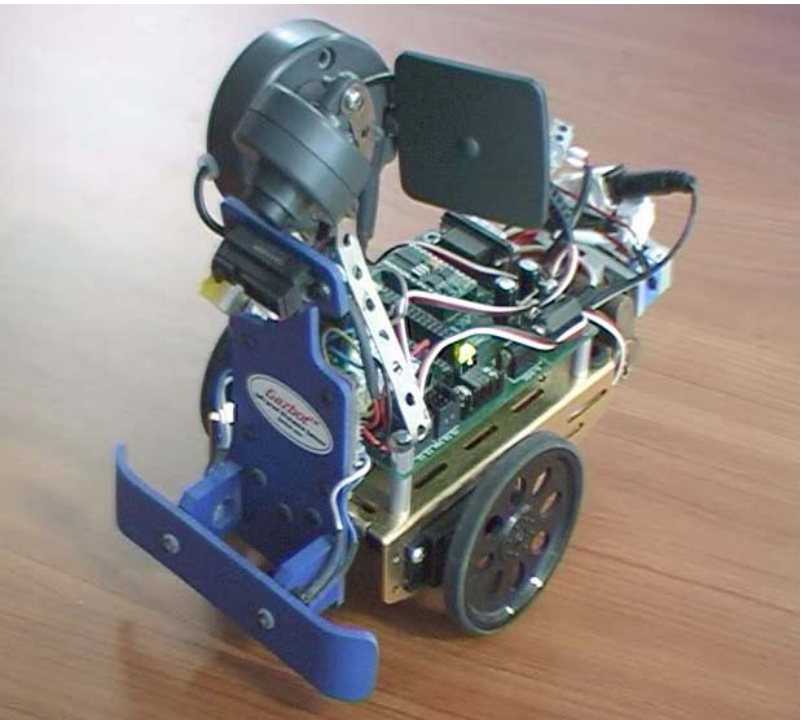
FMFI UK Bratislava

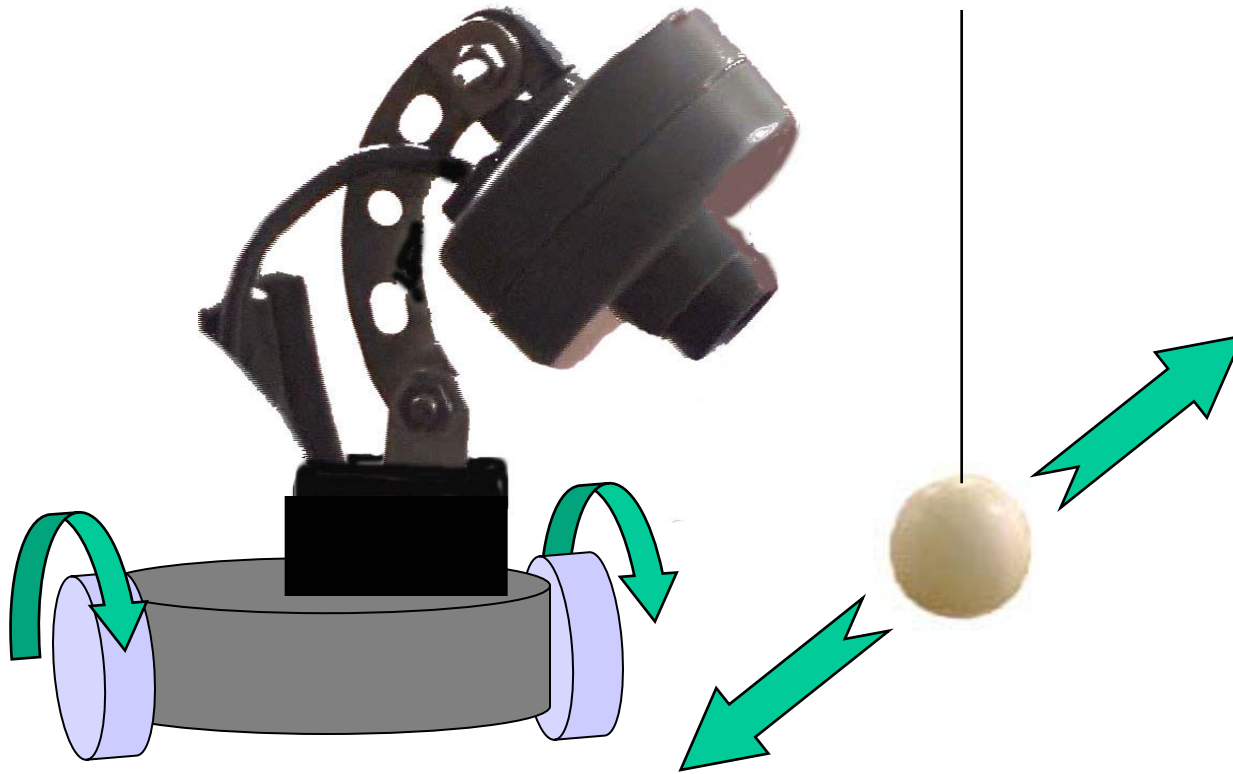
andy@microstep-mis.com

www.microstep-mis.com/~andy

Úloha

Mobilný robot sledujúci pingpongovú loptičku





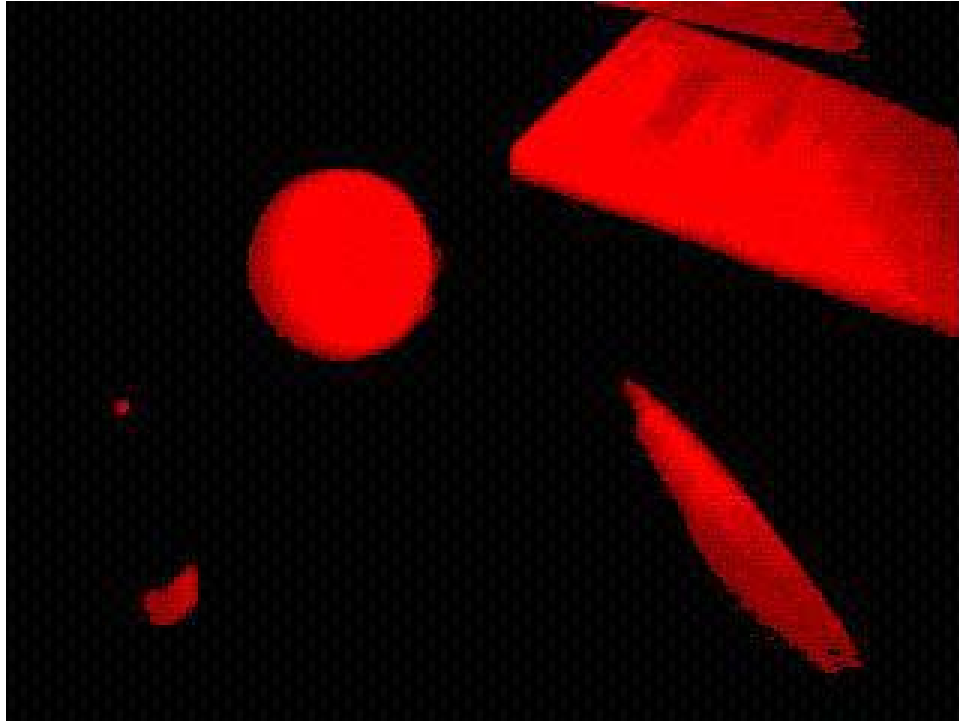
t.j. ako pohybovať dvojkoľesovým podvozkom mobilného robota vybaveného kamerou tak, aby sledoval pohyb pingpongovej loptičky ?

Vstup: obraz z kamery

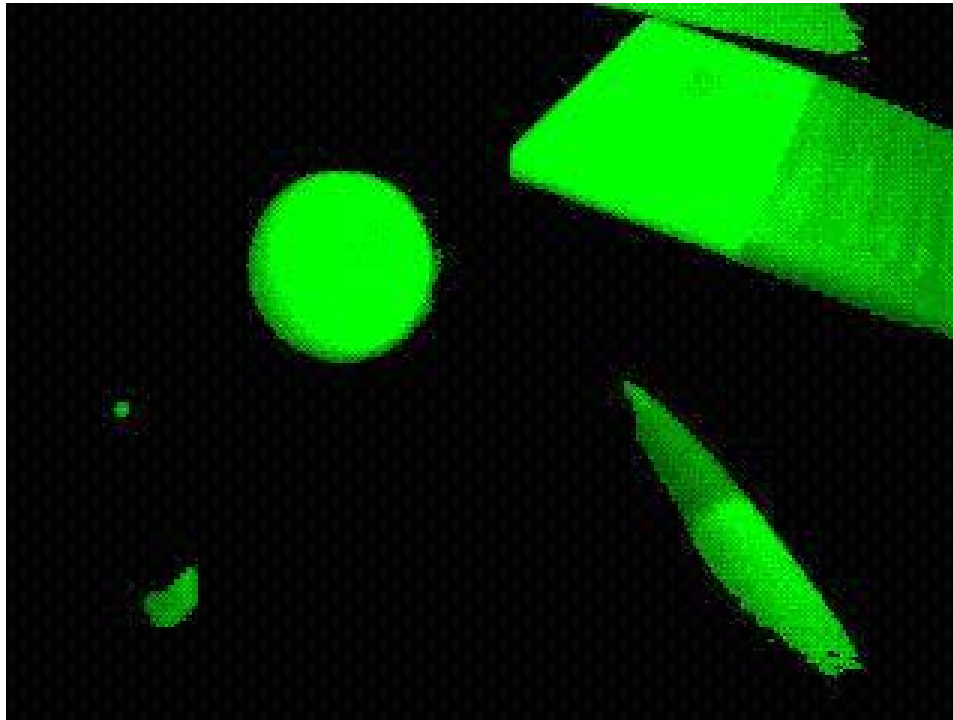


Tri polia $r[h,w]$, $g[h,w]$, $b[h,w]$, každý ich prvok je číslo $0..255$ a predstavujú červenú, zelenú a modrú zložku farby

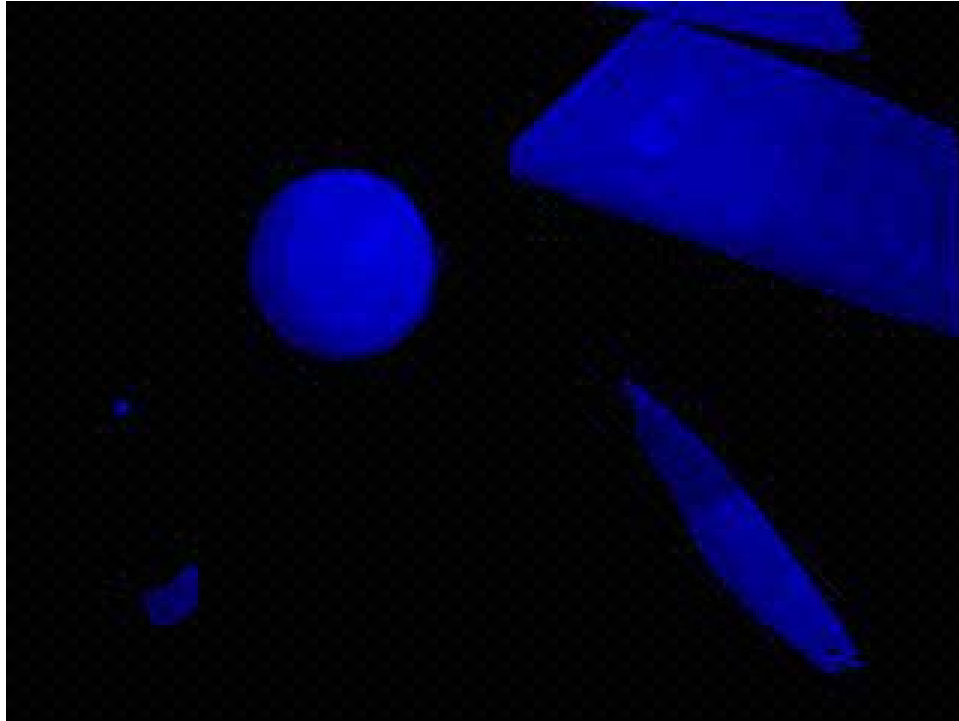
Červená zložka



Zelená zložka



Modrá zložka



Tradičný postup

Na tomto obraze potrebujeme vyznačiť stred pingpongovej loptičky a určiť jej veľkosť:

- Nájďme hrany predmetov
- V týchto hranách hľadáme určitý tvar

Potom je už ľahké točiť kolieskami tak, aby sme udržali stred loptičky v strede obrazu a veľkosť loptičky v určitých medziach

Ako nájsť hrany ?

- Prvým krokom je premeniť tri farebné zložky na čiernobiely obraz, kde nezáleží na farbe ale len na jeho intenzite

- Možno to urobiť jednoducho:

$$bw[i,j] = (r[i,j] + g[i,j] + b[i,j]) / 3$$

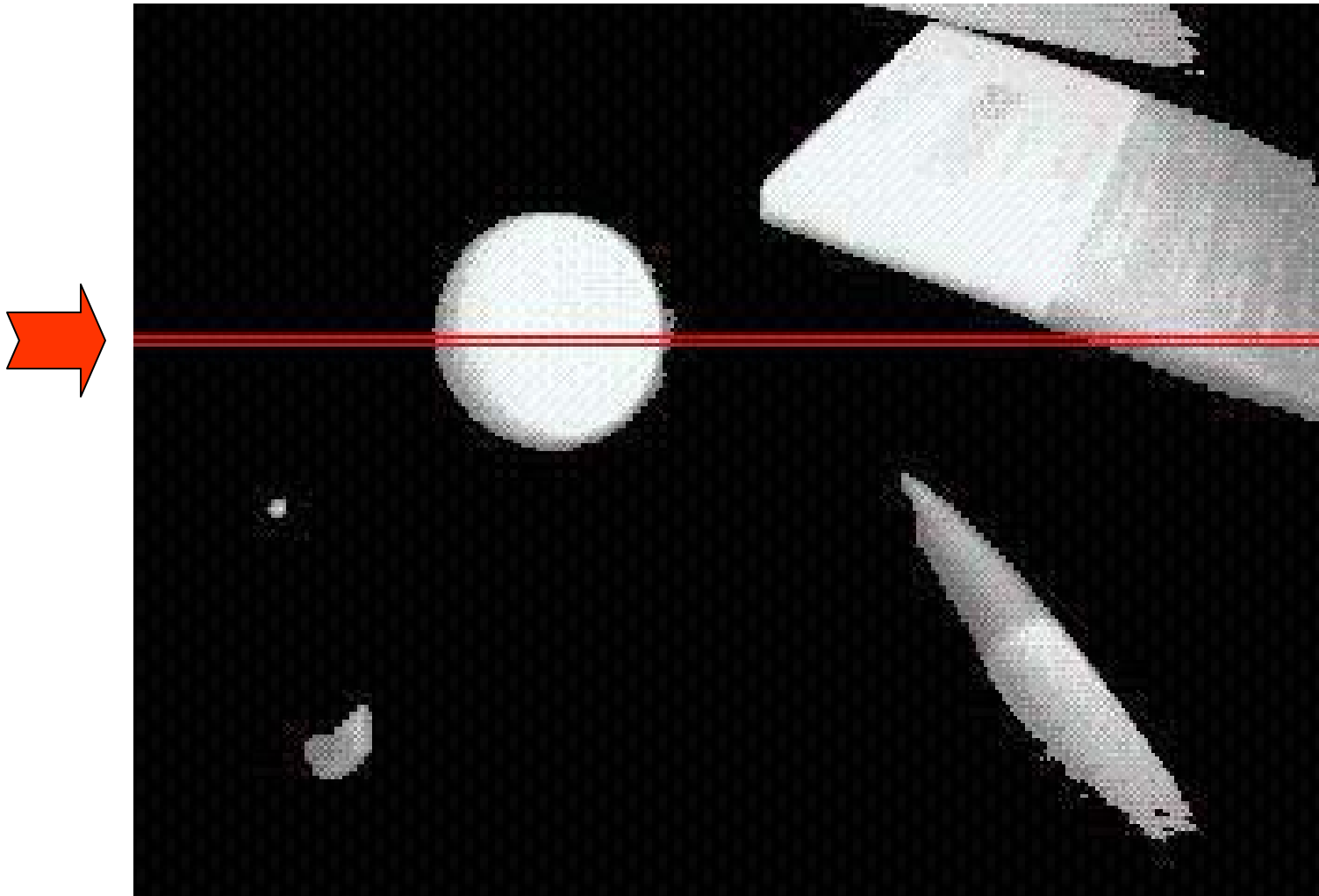
alebo rafinovane

$$bw[i,j] = 0.3*r[i,j] + 0.59*g[i,j] + 0.11*b[i,j]$$

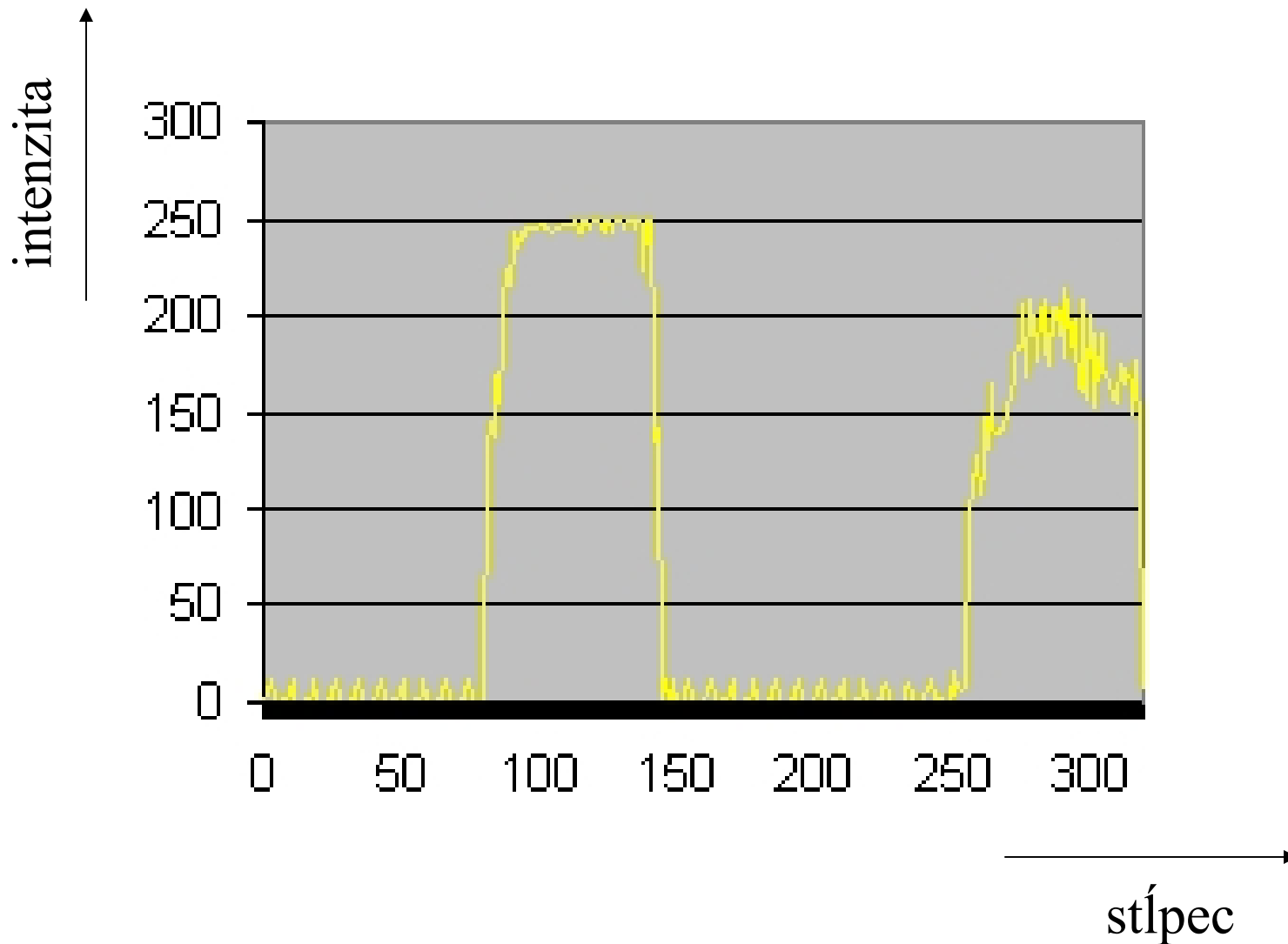
Čiernobiely obraz



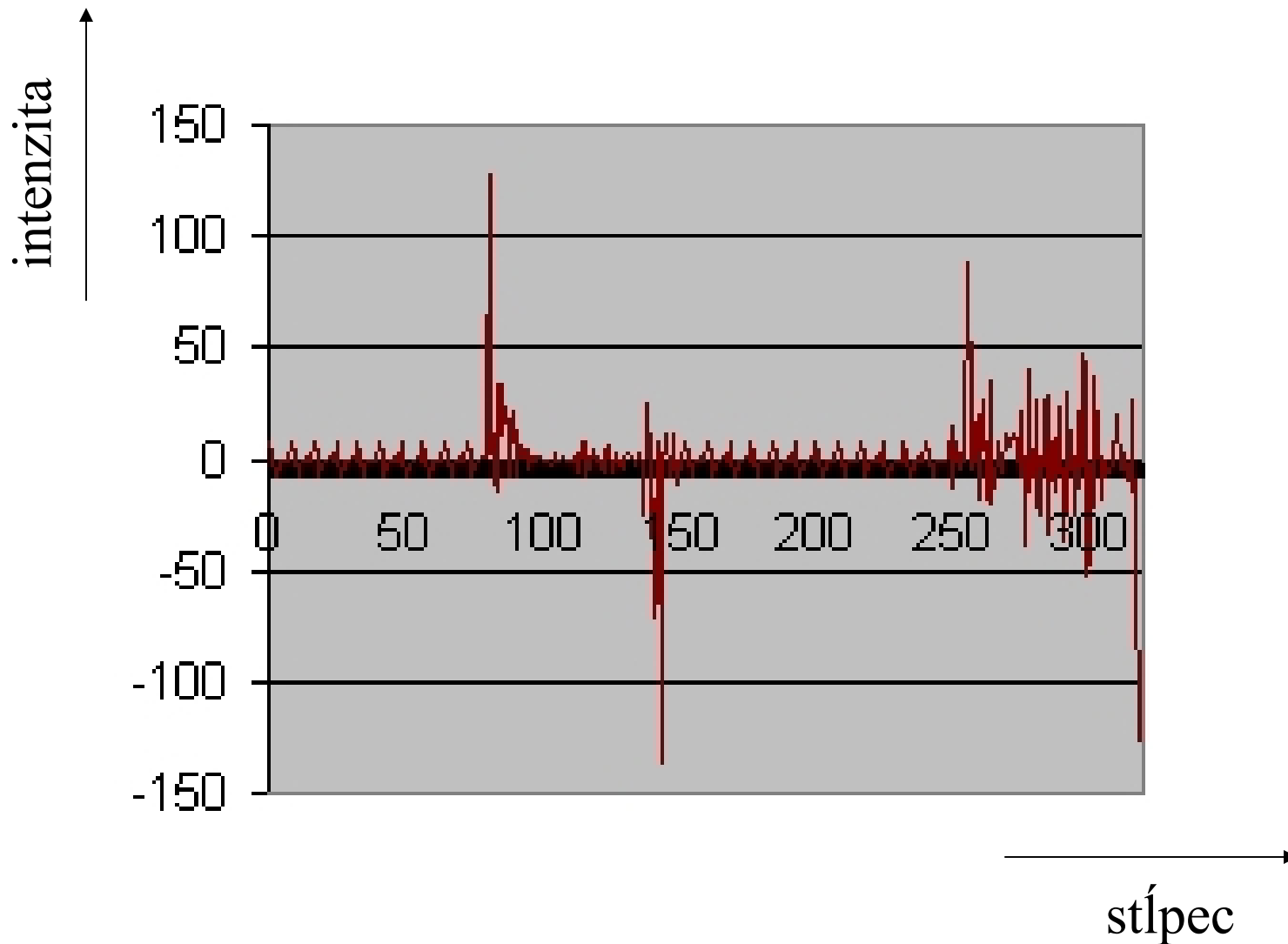
Pole $bw[h,w]$, každý jeho prvok je číslo 0..255 a predstavuje intenzitu svetla



- Jeden riadok poľa bw si teraz môžeme znázorniť ako funkciu intenzity od čísla stĺpca



- Hranám zodpovedajú strmé úseky.
Ako ich odfiltrovať od zvyšku?



- Hrany vyskočia, keď urobíme púhy rozdiel dvoch po sebe idúcich hodnôt

Sobelov operátor

- používa rovnaký trik, len v trochu rafinovanejšej verzii, keď zohľadňuje aj vedľajšie riadky

$a_{i-1,j-1}$	$a_{i-1,j}$	$a_{i-1,j+1}$
$a_{i,j-1}$	$a_{i,j}$	$a_{i,j+1}$
$a_{i+1,j-1}$	$a_{i+1,j}$	$a_{i+1,j+1}$

o

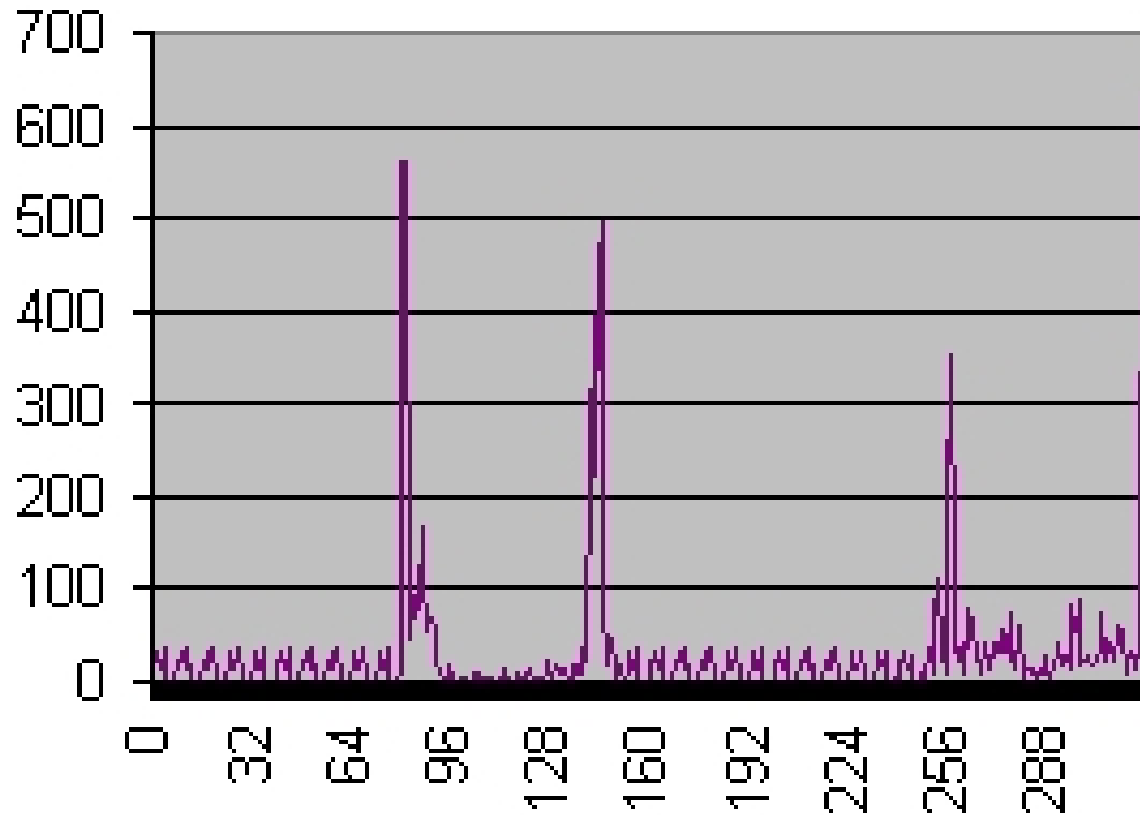
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

=

	$b_{i,j}$	

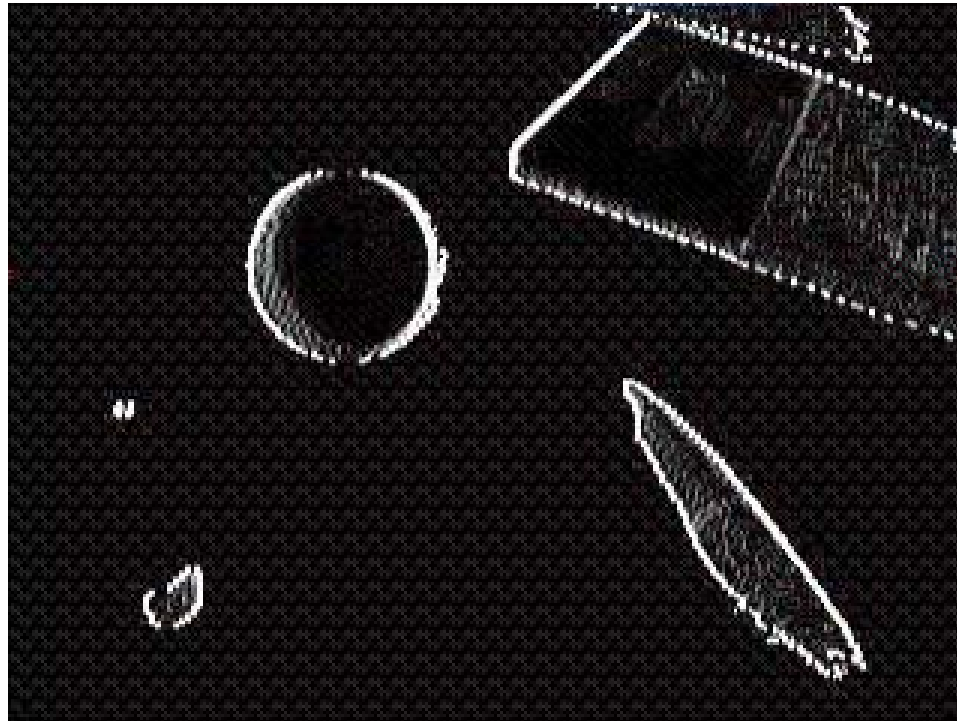
$$b_{i,j} = | a_{i-1,j+1} + 2a_{i,j+1} + a_{i+1,j+1} - a_{i-1,j-1} - 2a_{i,j-1} - a_{i+1,j-1} |$$

(orežeme na maximálne 255)



Vidíme, že výsledok je lepší než púhe odčítanie.
Ako bude vyzerat' celý obraz ?

Sobelov operátor



Máme pekne zvýraznené vertikálne hrany, ale horizontálne sú slabé

Sobelov operátor

- ľahká pomoc, urobíme to isté otočené o 90°

$a_{i-1,j-1}$	$a_{i-1,j}$	$a_{i-1,j+1}$
$a_{i,j-1}$	$a_{i,j}$	$a_{i,j+1}$
$a_{i+1,j-1}$	$a_{i+1,j}$	$a_{i+1,j+1}$

o

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

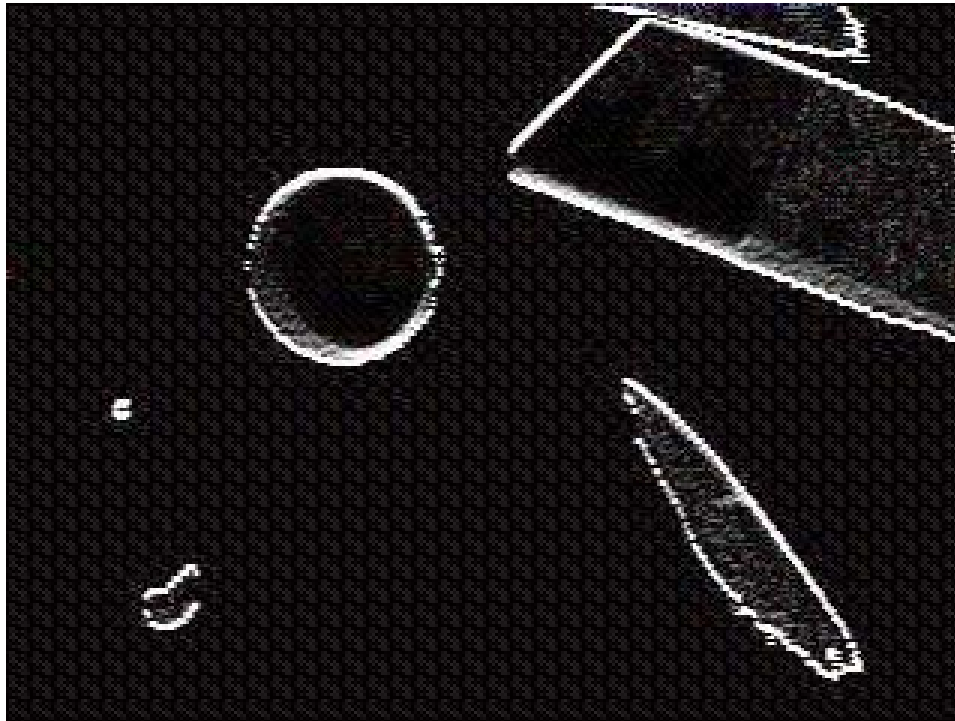
=

	$b_{i,j}$	

$$b_{i,j} = | a_{i+1,j-1} + 2a_{i+1,j} + a_{i+1,j+1} - a_{i-1,j-1} - 2a_{i-1,j} - a_{i-1,j+1} |$$

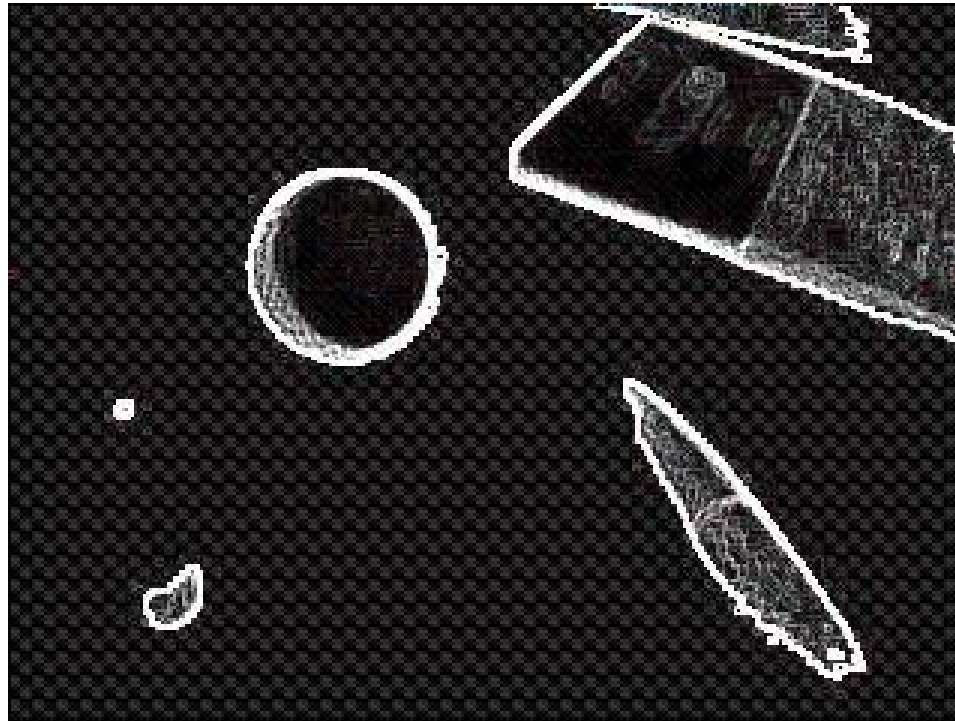
(orežeme na maximálne 255)

Sobelov operátor



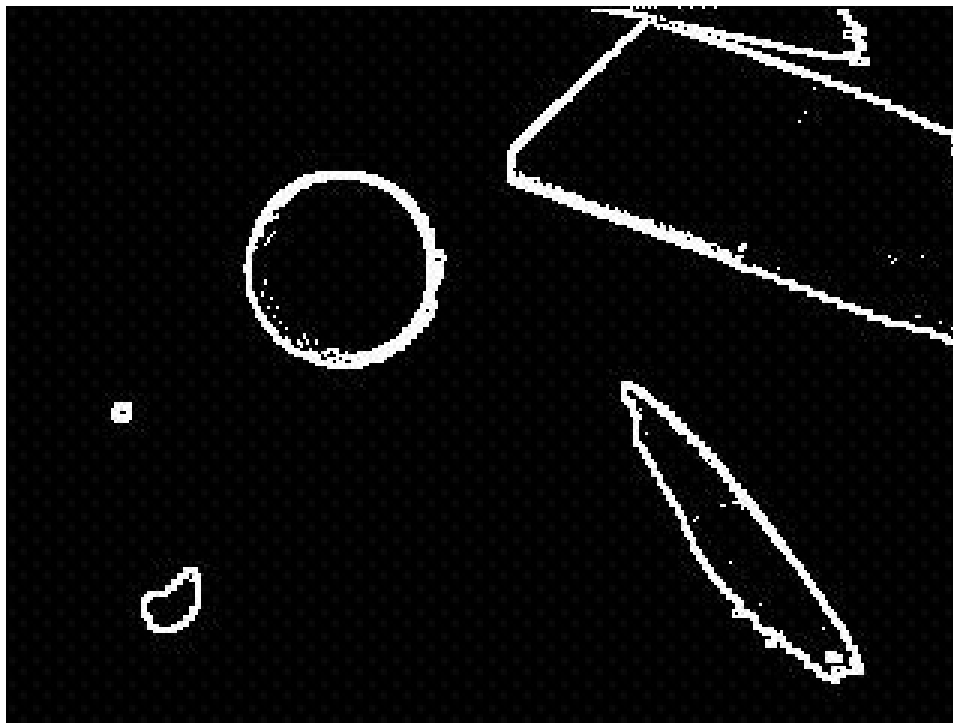
Z toho máme zase zvýraznené horizontálne hrany

Sobelov operátor



a nakoniec to sčítame. Teraz sú hrany krásne, ale stále tam máme veľa bodiek čo do hrán nepatria

Prahovanie



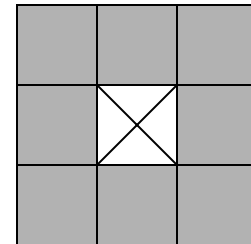
- Radi by sme doterajších 0-255 zmenili na 0/1 a mali len hrany. Dobré výsledky tu dáva keď zvolíme určitý prah, napríklad 200

Prahovanie

- Aký prah treba zvolit' ? Na túto otázku žiaľ neexistuje univerzálna odpoveď. Prah sa musí sa zvolit' podľa aplikácie, osvetlenia, matnosti objektov a scény a pod. Je dobre ich skúšať viac naraz, prispôbovať výsledku rozpoznávania a pod.
- Stále sú však hrany dost' tučné a sem-tam sa nájde izolovaný bod

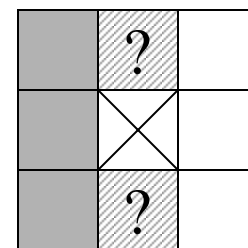
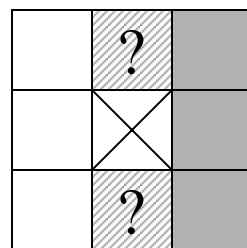
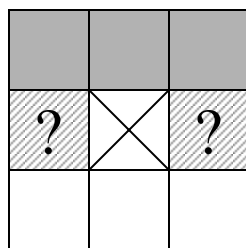
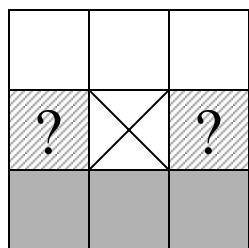
Stenčovanie

- Ako hrany stenčiť ? Základný algoritmus je: likviduj body ktoré sa likvidovať dajú a zastav sa, keď sa už nič ďalšie likvidovať nedá
- Ktoré body sa dajú odbúrať ?
napríklad izolovaný bod:

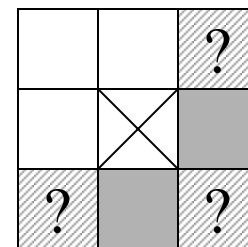
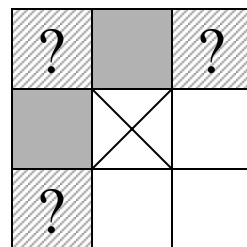
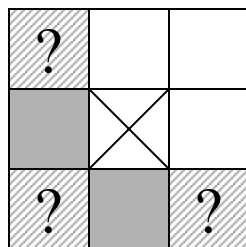
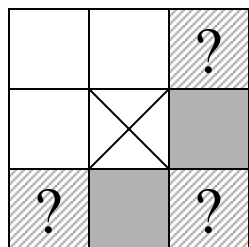


Odbúravanie

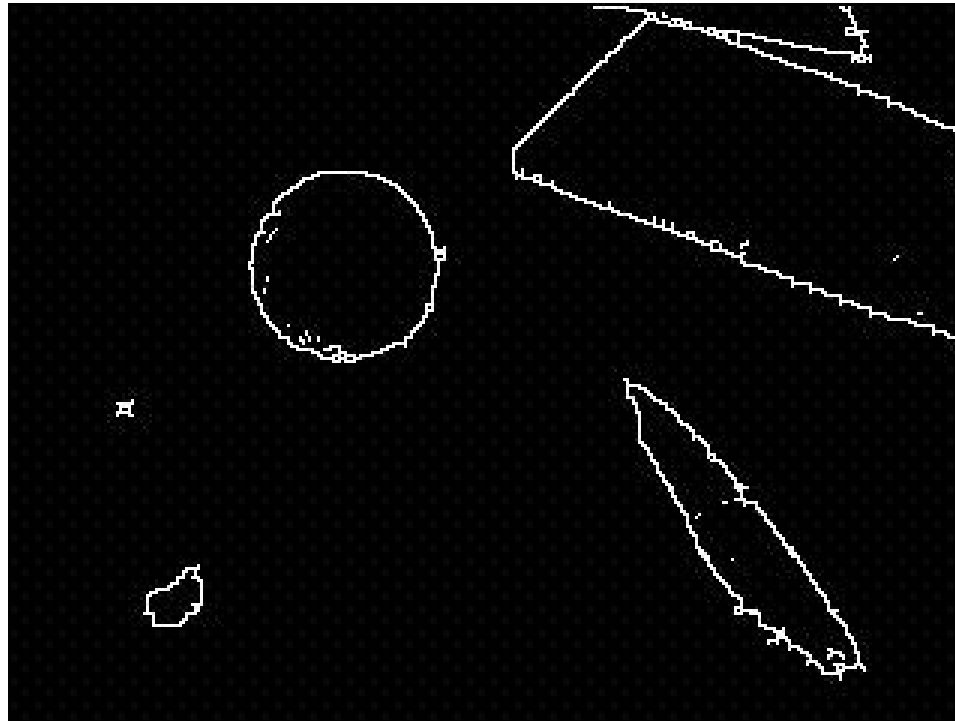
- d'alej vodorovné a zvislé hrany sa dajú takto:



- A potom ešte rožky:



Odbúravanie



- Stačí týchto 9 operátorov ? Čuduj sa svete, áno (dôkaz je na domácu úlohu)

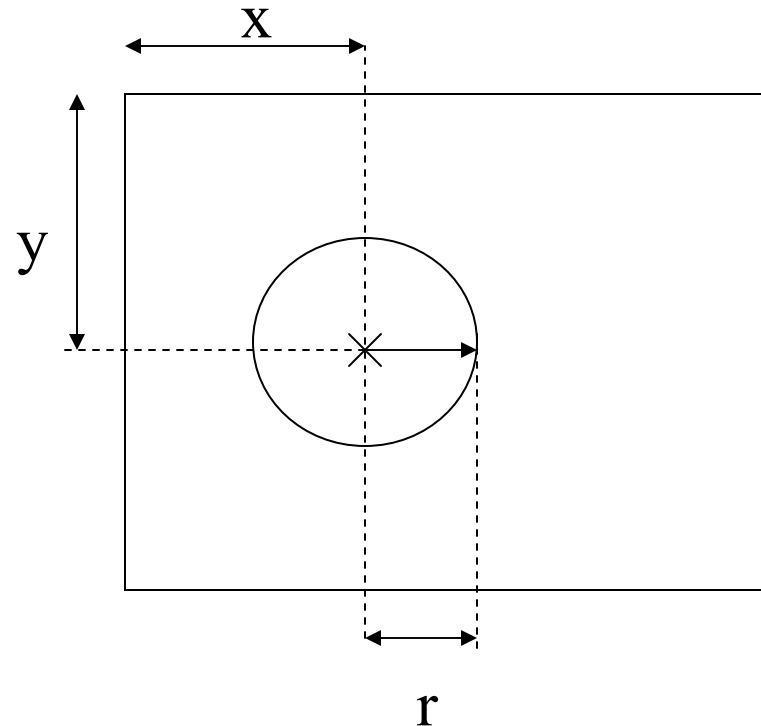
Rozpoznávanie

- Ako teraz zistíme ktoré hrany tvoria kružnicu ? Existuje tu viacero efektívnych ad-hoc metód, ale použijeme jednu všeobecnejšiu známu ako *Houghova transformácia*.
- Je založená na transformácii obrazu do priestoru hodnôt parametrov objektu, ktorý hľadáme

Houghova transformácia

Vieme, že kružnicu môžeme reprezentovať tromi parametrami:

- x -súradnica stredu
- y -súradnica stredu
- polomer



Houghova transformácia

Každý z týchto parametrov má určitý rozsah

Napríklad keď máme obraz 320 x 240 bodov

- x-súradnica stredu má rozsah 0..319
- y-súradnica stredu má rozsah 0..239
- polomer má rozsah povedzme 10..200

a stačí ich brať ako celočíselné (lebo nemožeme dosiahnuť presnosť väčšiu než má kamera)

Houghova transformácia

- Celú situáciu nám teda bude reprezentovať celočíselné pole $P[0..319,0..239,10..200]$ kde $P[x,y,r]$ znamená:

„ $P[x,y,r]$ svedkov tvrdí, že na obraze je kružnica so stredom $[x,y]$ a polomerom r “

Kto budú títo svedkovia ?

Houghova transformácia

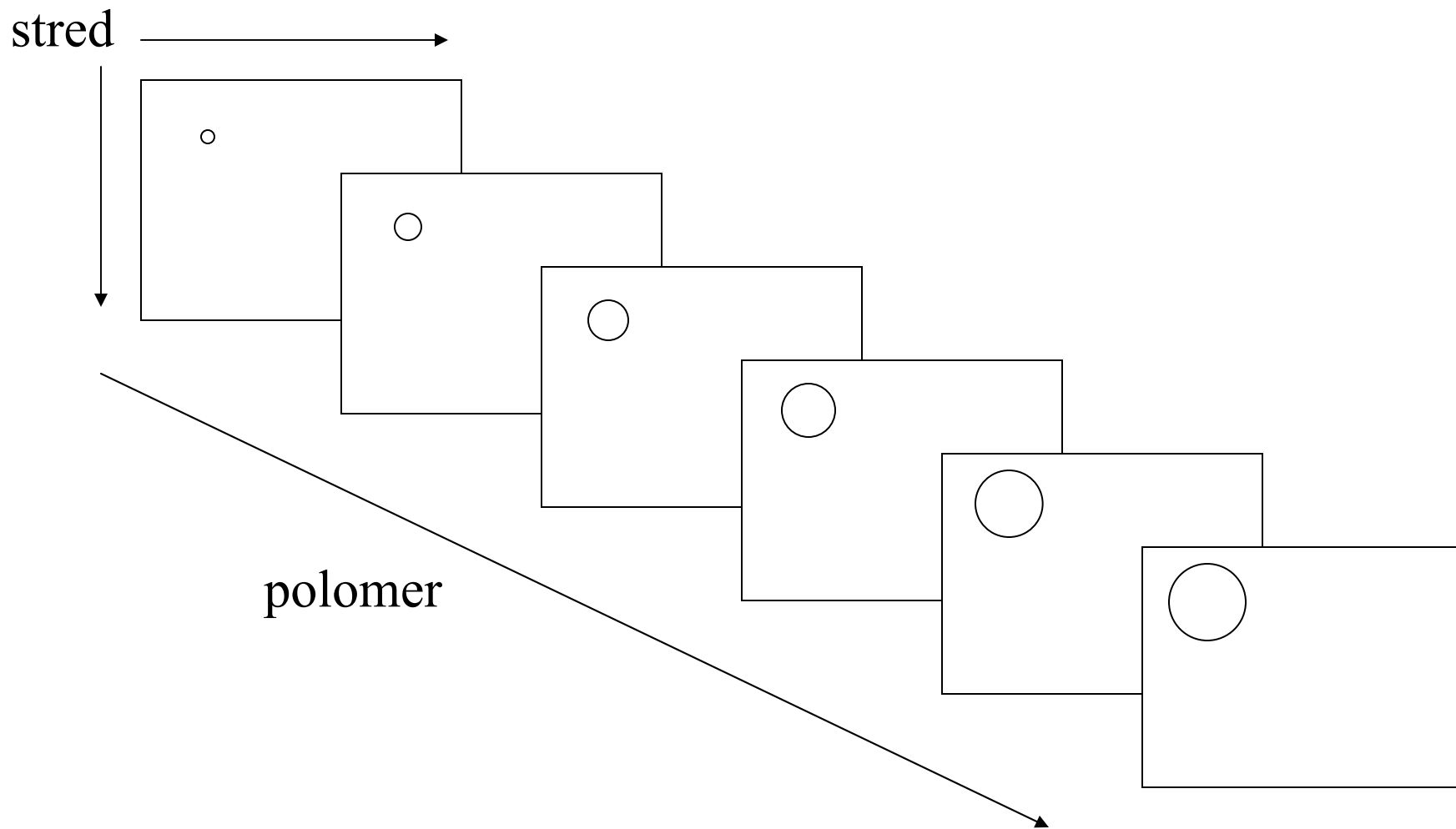
Nebude to nik iný ako body obrazu. Každý biely bod $[x,y]$ na vyhranenom obraze si totiž namýšľa že leží na hľadanej kružnici a svedčí:

- Na obraze je kružnica so stredom $[x,y]$ a polomerom 0
- Na obraze je kružnica so stredom $[x-1,y]$ a polomerom 1
- Na obraze je kružnica so stredom $[x+1,y]$ a polomerom 1
- Na obraze je kružnica so stredom $[x,y-1]$ a polomerom 1
- Na obraze je kružnica so stredom $[x,y+1]$ a polomerom 1
- Na obraze je kružnica so stredom $[x-2,y]$ a polomerom 2
- atď

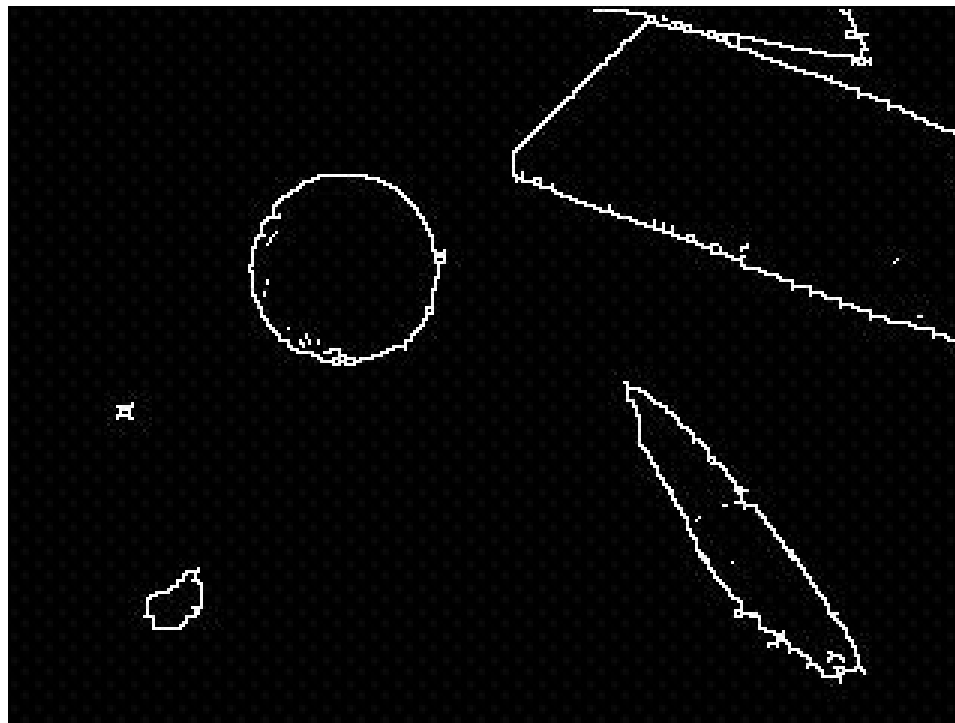
Houghova transformácia

- vo všeobecnosti svedčí bod $[x,y]$ pre všetky kružnice so stredom $x+a$, $y+b$ a polomerom r , kde $a^2 + b^2 \cong r^2$
- Ako nájsť pravdu z toľkých tvrdení tak nepoľahlivých svedkov? Zistíme, ktorý názor sa najviac zhoduje!
- Pre každý biely bod na vyhranenom obraze teda prebehneme pole P a o jednotku zvýšime hodnotu všetkým za koho tento bod svedčí. Na záver sa pozrieme pre koho svedčí najviac bodov.

Houghova transformácia

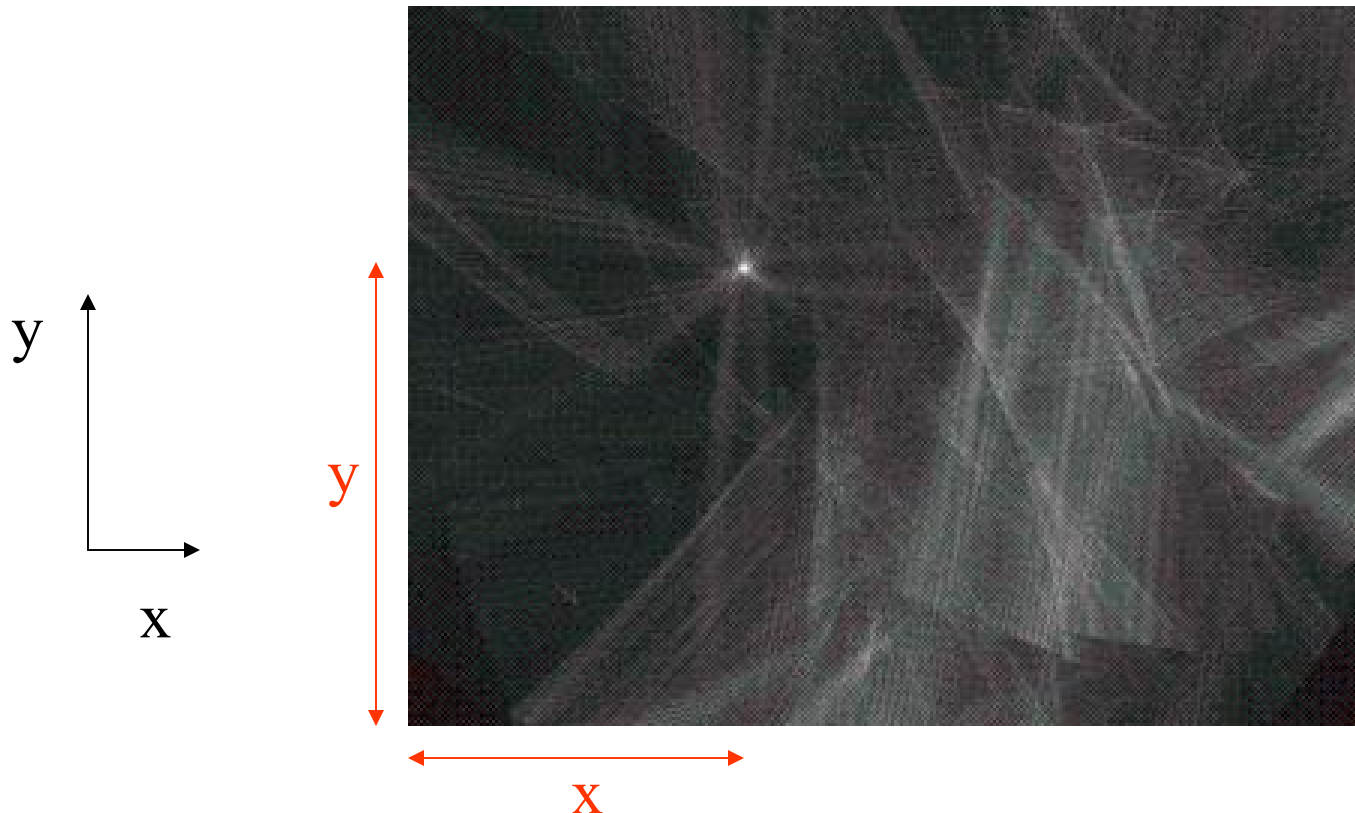


Houghova transformácia



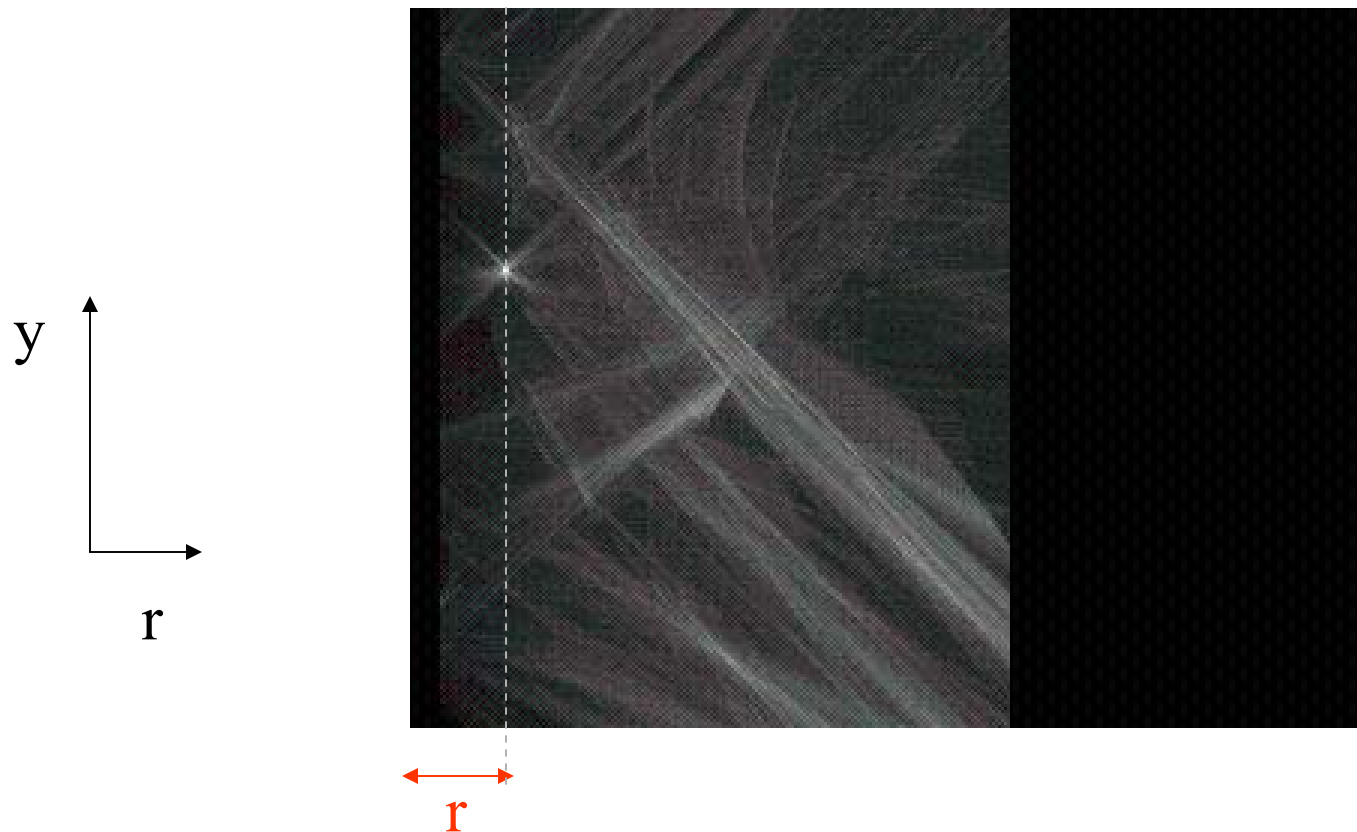
Takto transformujeme pôvodný obraz na niečo trojrozmerné.

Houghova transformácia



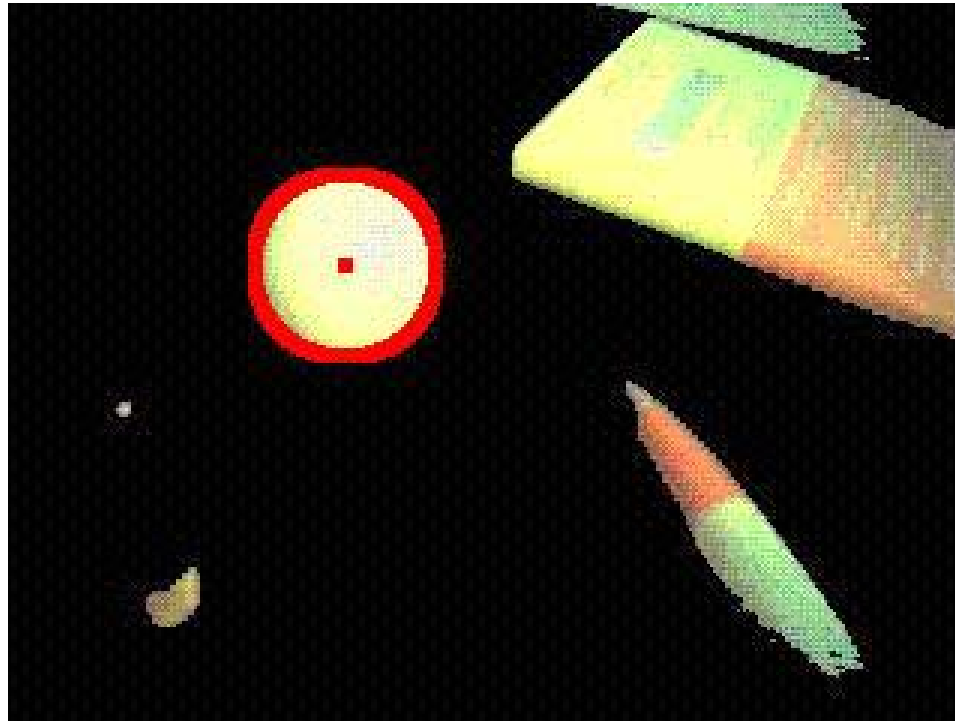
Keď sa na to pozrieme v smere polomeru vidíme stred nájdenej guľičky ako hviezdu na oblohe

Houghova transformácia



Polomer guľičky vidíme z iného pohľadu ...

Houghova transformácia



... a máme ju !

Houghova transformácia

- Problém je, že keby sme to robili doslova takto, bolo by to strašne výpočtovo náročné (obraz z kamery má pritom aj 25Hz)
- V skutočnosti sa robí ešte jeden krok: vyhranený obraz sa premení na množinu úsečiek a miesto počítania celej matice P sa hľadajú len lokálne extrémny gradientným zostupom. Parametre sú tiež trochu iné – polárne. (Ak budete raz študovať na FMFI, na Katedre aplikovanej informatiky Vás to naučia.)

Riadenie podvozku

Ak poznáme stred a polomer loptičky, riadiť podvozok stačí jednoduchou stratégiou:

- *ak je loptička moc vpravo, vydávame príkaz na otáčanie sa doprava*
- *ak moc vľavo, doľava*
- *ak je loptička moc veľká, cúvame*
- *ak moc malá, ideme dopredu*

Ďakujem za pozornosť !

Andrej Lúčný

Katedra aplikovanej informatiky

FMFI UK Bratislava

andy@microstep-mis.com

www.microstep-mis.com/~andy

