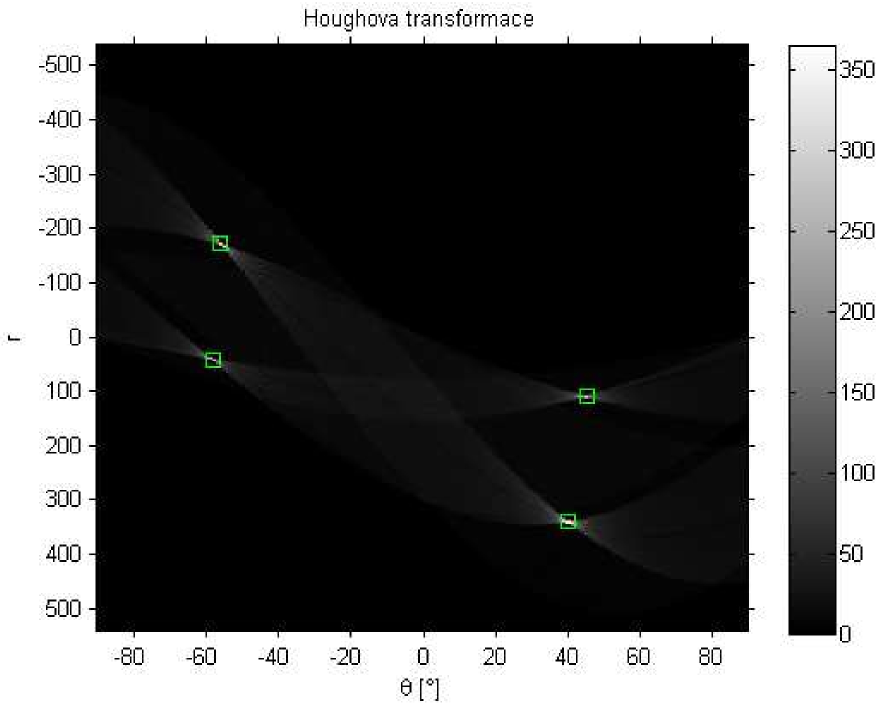
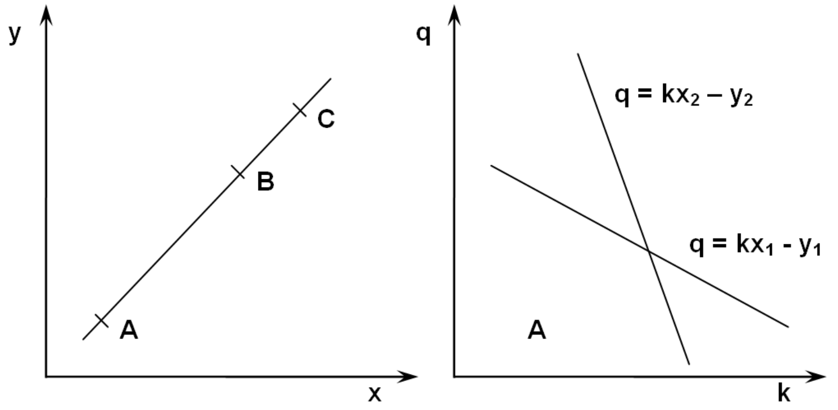
Speciální komprese a kódování obrazových dat

doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.



Houghova transformace (1)

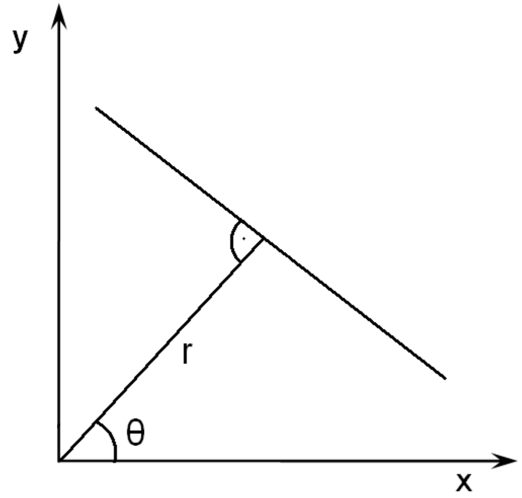
- Pokud jsou v obraze >>> tvar a velikost jsou známy, lze je parametricky popsat
- Původní metoda pro detekci přímek, dnes detekce oblastí, musí být známy rovnice jejich hraničních křivek
- Data mohou být nedokonalá, necitlivost metody na šum v obraze
- Přímka dána dvěma body A = (x_1, y_1), B = (x_2, y_2), směrnicový tvar:
  bodem A prochází přímky $y_1 = kx_1 + q$ a bodem B: $y_2 = kx_2 + q$, patent 1962
  v prostoru parametrů mají oba body (tvořící jednu přímku) stejné parametry k, q
  libovolný bod C ležící na přímce AB >>> přímka bude mít parametry k, q jako u AB



obrazový prostor prostor parametrů

Houghova transformace (2)

- Rovnice přímky y = kx + q; k – směrnice přímky -> celá množina reálných čísel -> transformaci nelze prakticky realizovat



- Používá se: normálový tvar 1971:
  $r = x.\cos(\theta) + y.\sin(\theta)$

- θ nabývá hodnot 0 až 360° -> r je kladné; nebo 0 až 180° -> r může být i záporné

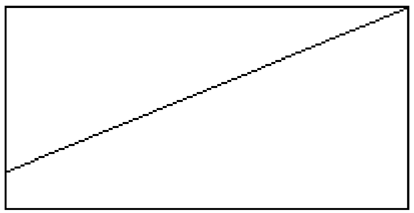
- Před provedením transformace se definuje akumulátor (zásobník) ve kterém jsou parametry popisující objekt(y), pro úsečku r = 0 a θ = 0

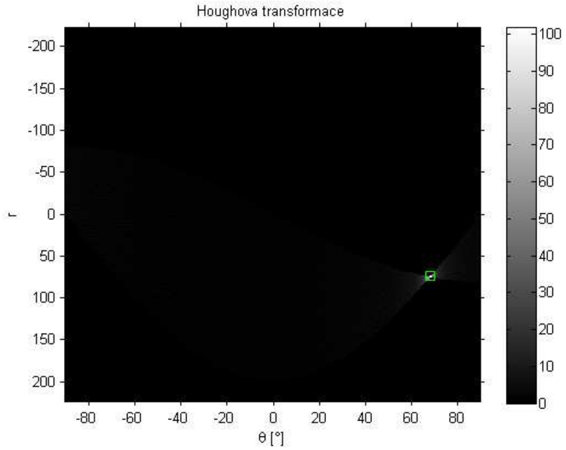
- Vstupní binární obrázek se prochází po řádcích (a sloupcích), pokud je nalezena hodnota 1 tak se za proměnou θ dosazují všechny hodnoty (0 až 360) a dopočítává se r, na vypočtené pozice r, θ se přičte do akumulátoru 1

- Parametry se vyberou z lokálních maxim akumulátoru, nelze zjistit počátek a konec

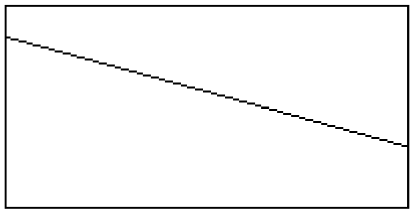
Houghova transformace (3)

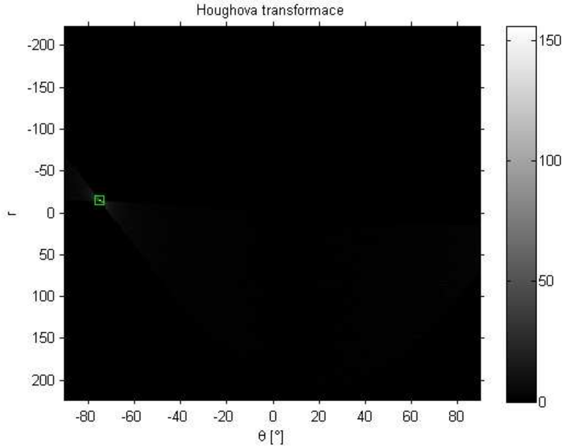
- Výsledky:





r = 74,33 θ = 68°

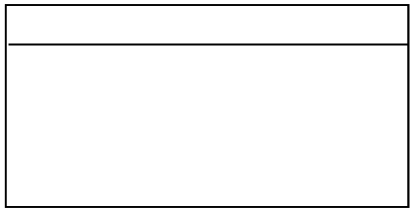


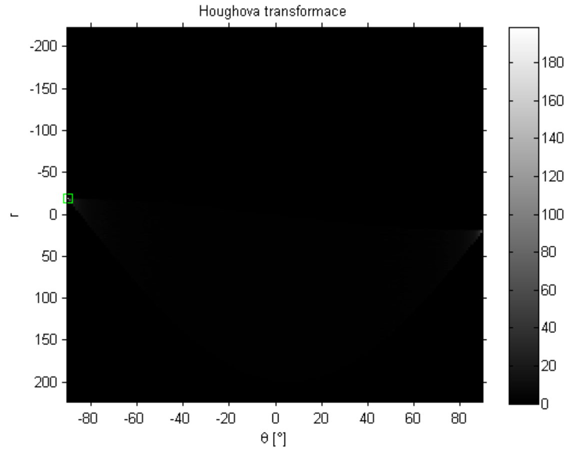


r = -15,07 θ = 75°

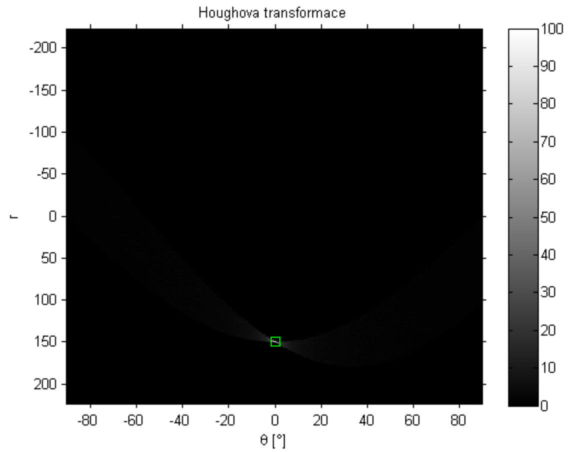
Houghova transformace (4)

- Výsledky:





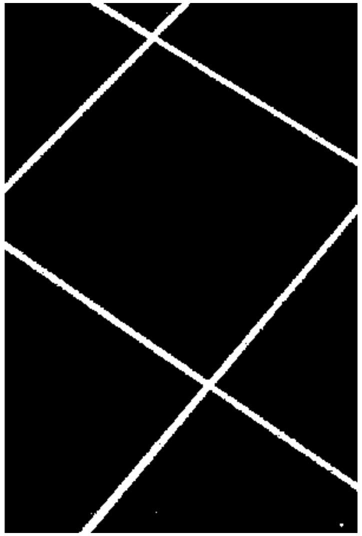
$r = -19{,}09 \ \theta = -90°$



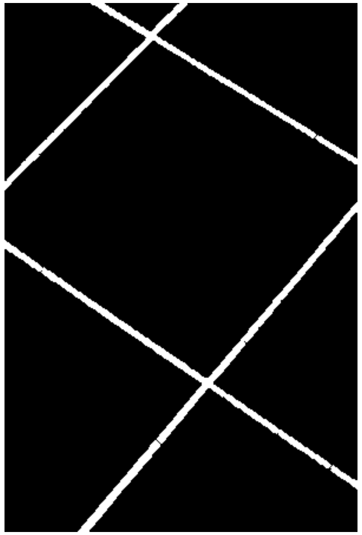
$r = 149{,}67 \ \theta = 0°$

Houghova transformace (5)

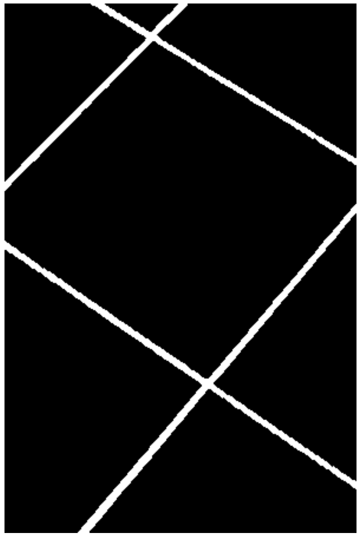
originál



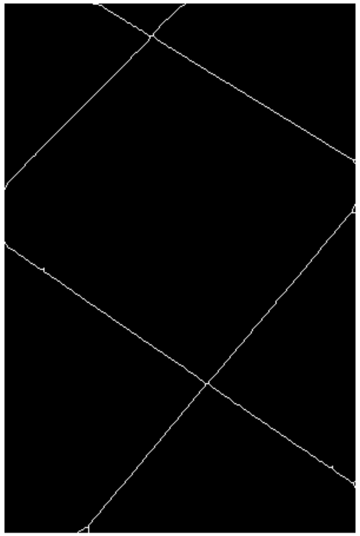
segmentace



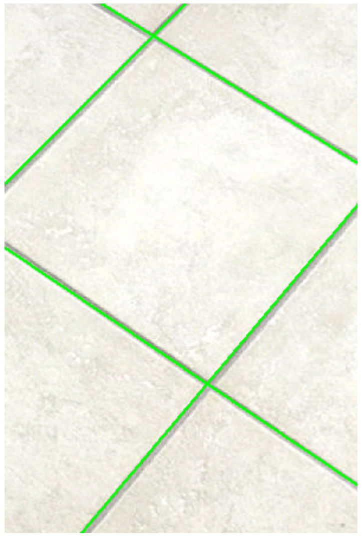
otevření



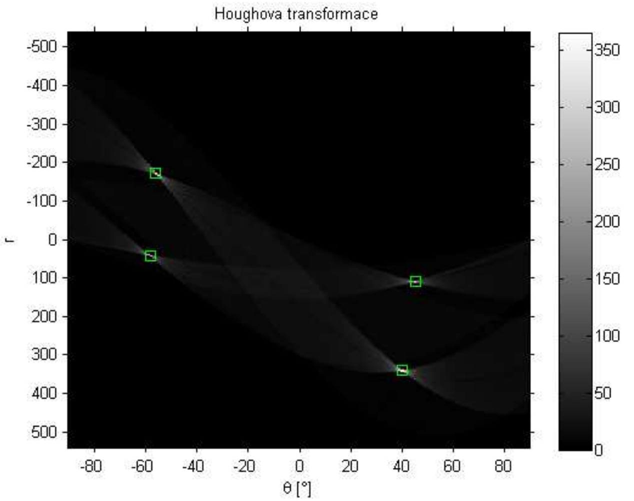
uzavření



skelet

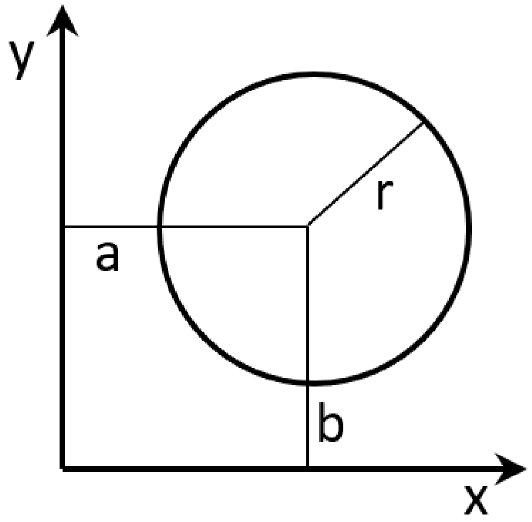


výsledek

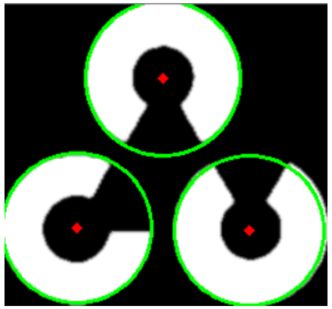


Houghova transformace (6)

- Detekce kružnice $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$
- Prostor parametrů r, a , b
- r větší než jsou rozměry obrázku, střed mimo
- omezení r – maximální a minimální velikost
- Maxima jsou neostré

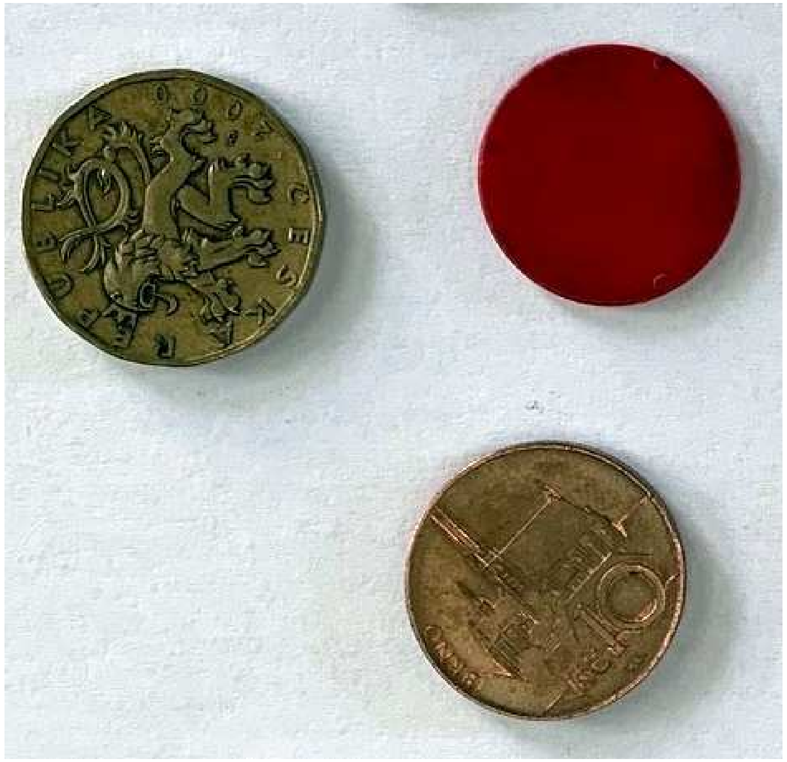


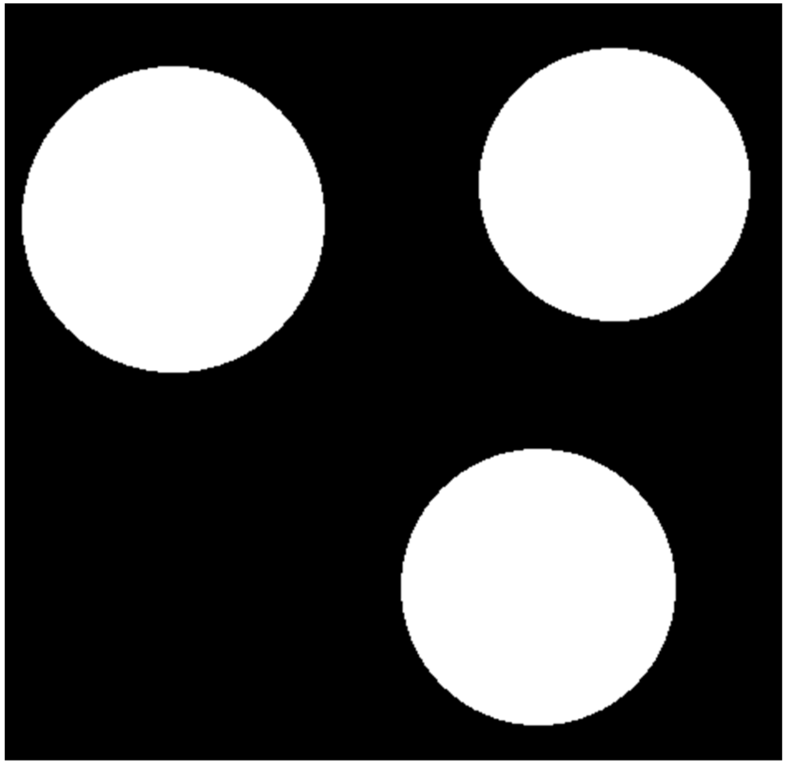

```
import cv2
import numpy as np
img = cv2.imread('opencv_logo.png',0)
img = cv2.medianBlur(img,5)
cimg = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_GRAY2BGR)
circles = cv2.HoughCircles(img,cv2.HOUGH_GRADIENT,1,20,
                           param1=50,param2=30,minRadius=0,maxRadius=0)
circles = np.uint16(np.around(circles))
for i in circles[0,:]:
    # draw the outer circle
    cv2.circle(cimg,(i[0],i[1]),i[2],(0,255,0),2)
    # draw the center of the circle
    cv2.circle(cimg,(i[0],i[1]),2,(0,0,255),3)
cv2.imshow('detected circles',cimg)
```



*https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_imgproc/py_houghcircles/py_houghcircles.html

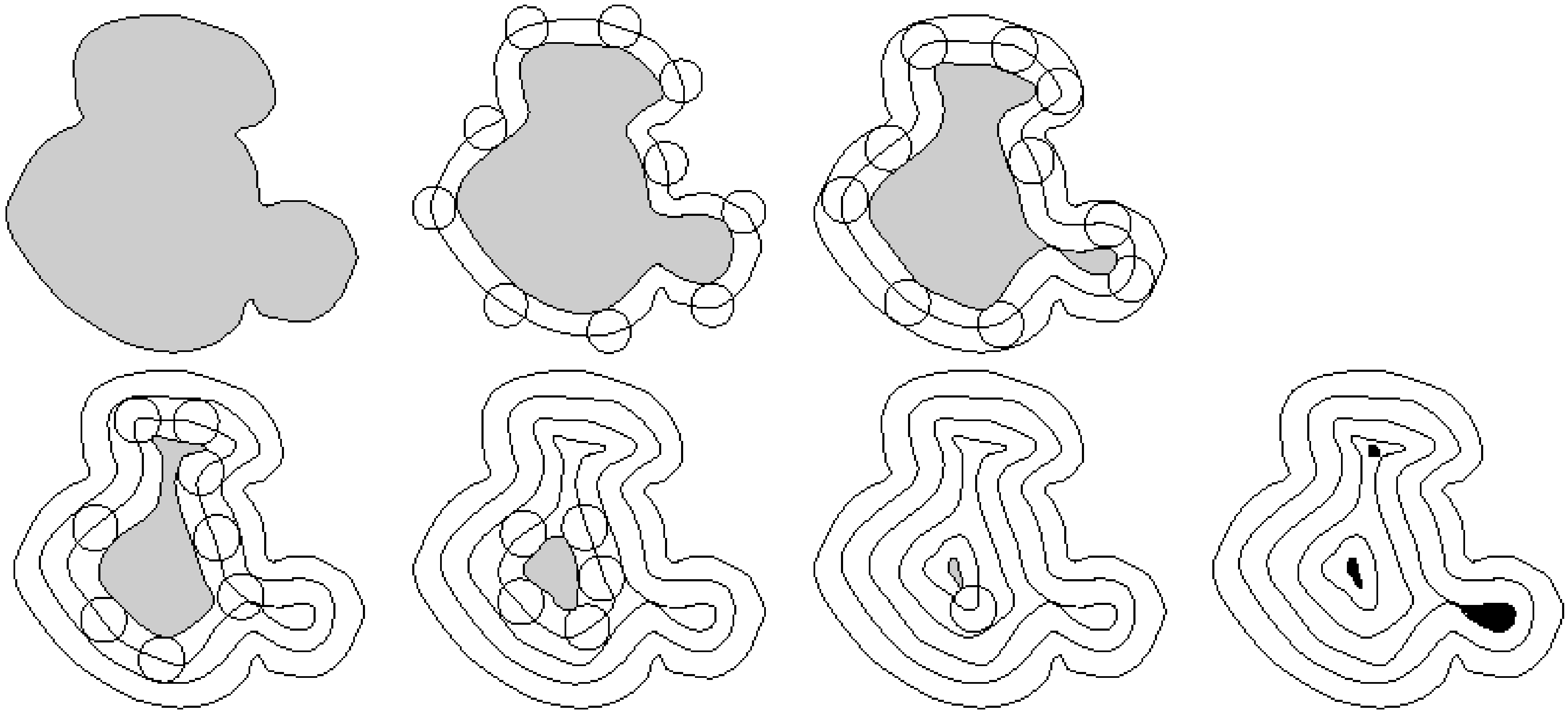
Komprese binárních obrazů – značkování (1)





Uložení značek (x, y, r) -> ((100,130,90),(370,110,80),(320,360,80)) Uint 16 -> 18B
Originální obraz -> 470 x 460 px, Uint8 -> 216 200B
Kompresní poměr: 0,008%

Komprese binárních obrazů – značkování (2)



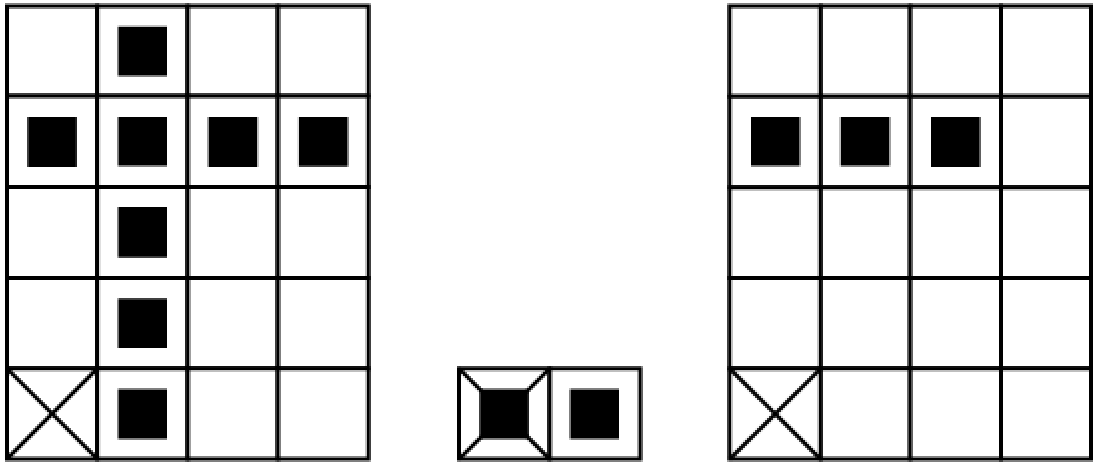
konečná eroze tvořena rezidui oblastí >>> oblastmi těsně před zmizením při opakovaných erozích
(skripta Zpracování signálů a obrazů – Sedláček, Hlaváč, FEL ČVUT)

Komprese binárních obrazů – značkování (3)

- **Eroze** $\ominus$ >>> duální operace k dilataci, dilatace ani eroze nejsou invertovatelné, skládá dvě množiny:

  $X \ominus B = \{ p \in \varepsilon^2 : p + b \in X \text{ pro každé } b \in B \}$

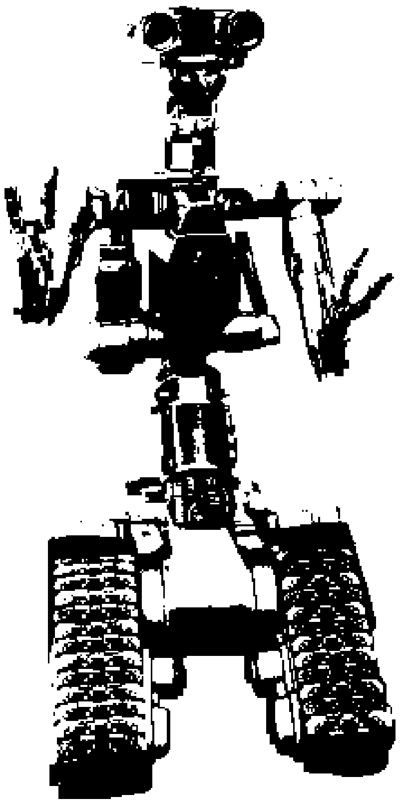
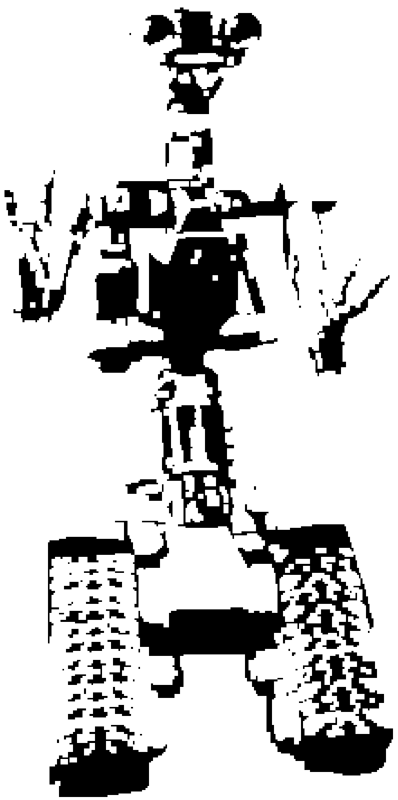
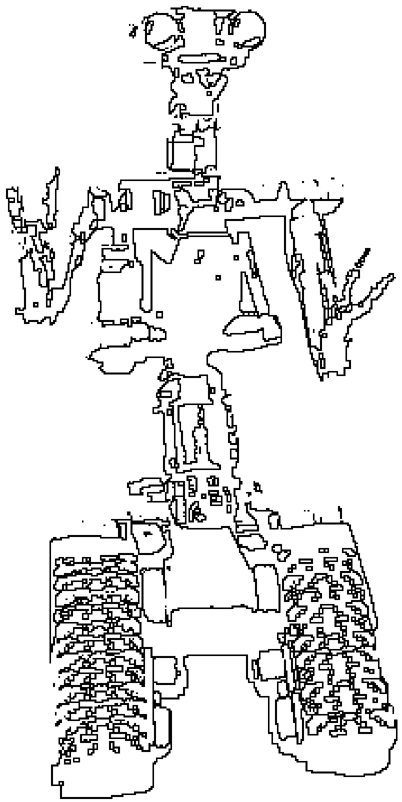
- Pro každý bod obrazu p se ověřuje, zda výsledek p + b leží v X



$X = \{(1,0),(1,1),(1,2),(0,3),(1,3),(2,3),(3,3),(1,4)\}$
$B = \{(0,0), (1,0)\}$
$X \ominus B = \{(0,3), (1,3), (2,3)\}$

Komprese binárních obrazů – značkování (4)

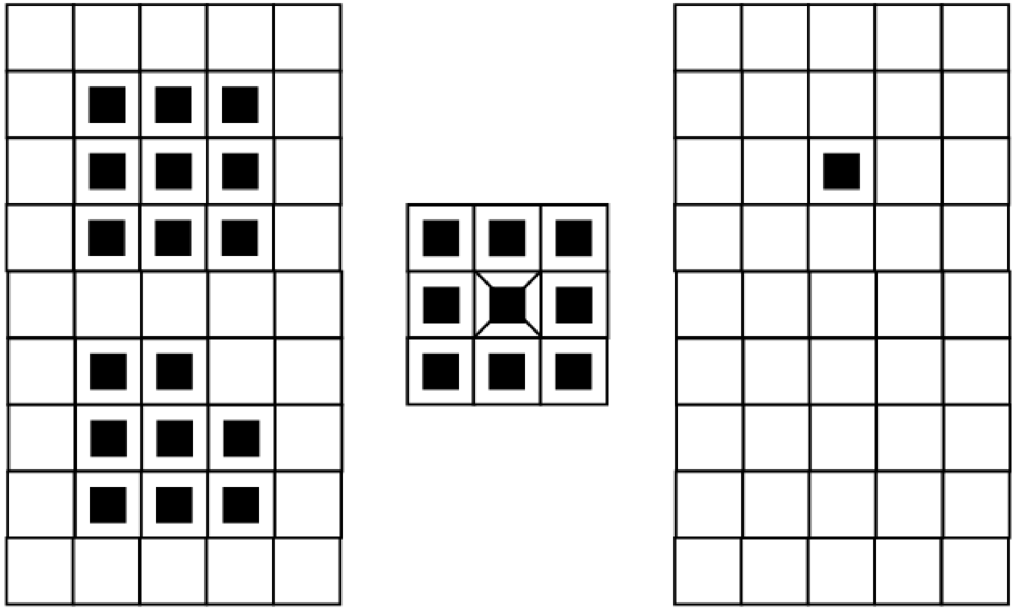
- **Eroze** >>> použití >>> zjednodušení struktury objektů, složitější objekt se rozdělí na několik jednodušších

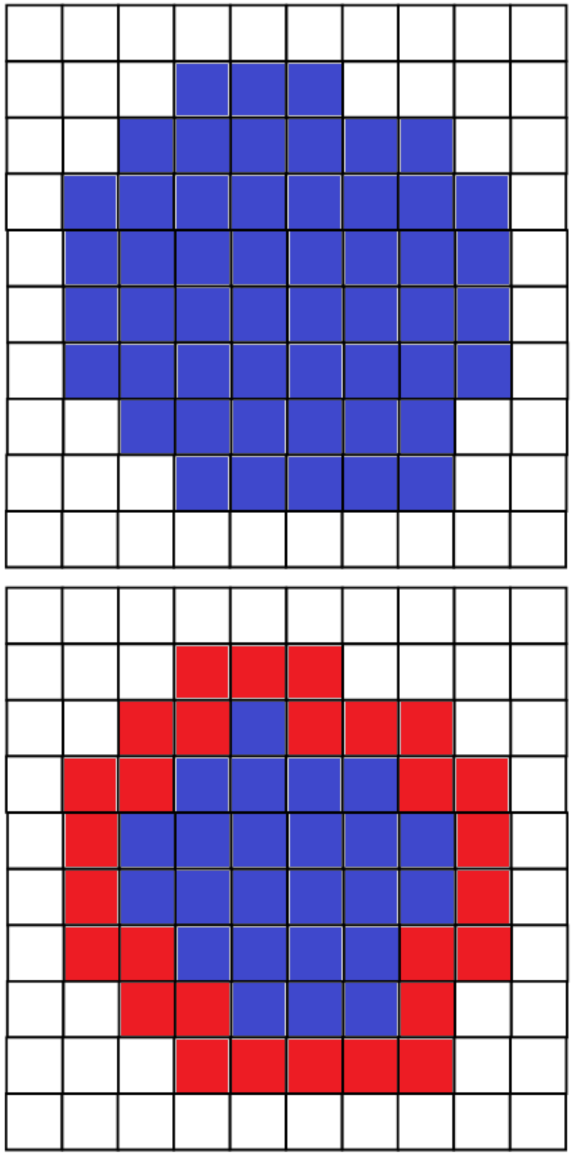




eroze – isotropický strukturní element 3x3 - isotropické smrštění objektů, zmizely čáry a body tloušťky 1, obrys objektů >>> odečtení erodovaného obrázku od původního obrázku

Komprese binárních obrazů – značkování (5)

- **Eroze -** značkování

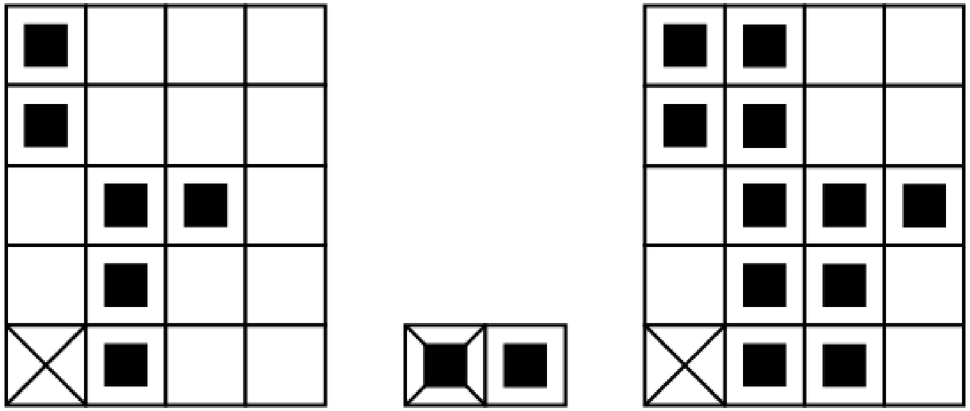




Komprese binárních obrazů – značkování (6)

- **Dilatace** $\oplus$ >>> skládá body dvou množin pomocí vektorového součtu, $X \oplus B$ je bodovou množinou všech možných vektorových součtů pro dvojice pixelů, pro jeden z X a jeden z B

$X \oplus B = \{p \in \varepsilon^2 : p = x + b, x \in X, b \in B\}$



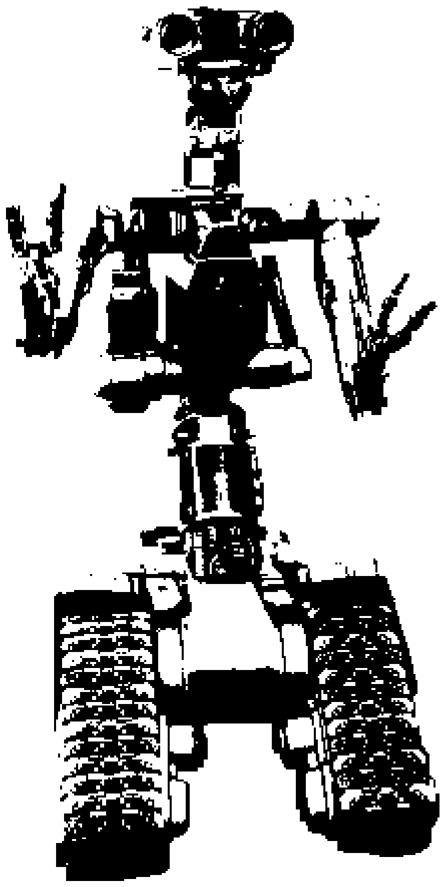
$X = \{(1,0), (1,1), (1,2), (2, 2), (0,3), (0,4)\}$

$B = \{(0,0), (1,0)\}$

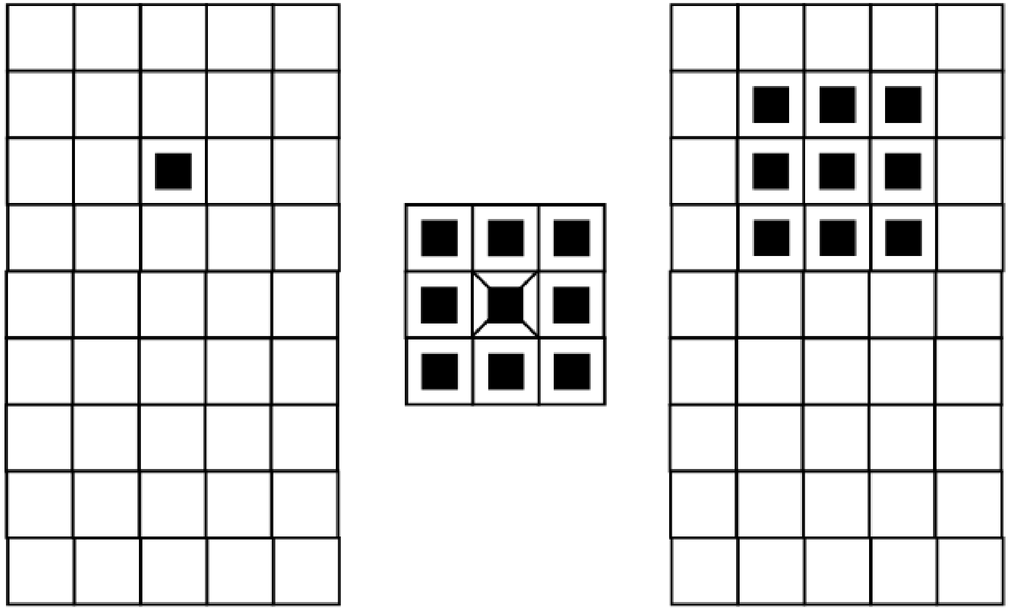
$X \oplus B = \{(1,0), (1,1), (1,2), (2, 2), (0,3), (0,4), (2,0), (2,1), (2,2), (3,2), (1,3), (1,4)\}$

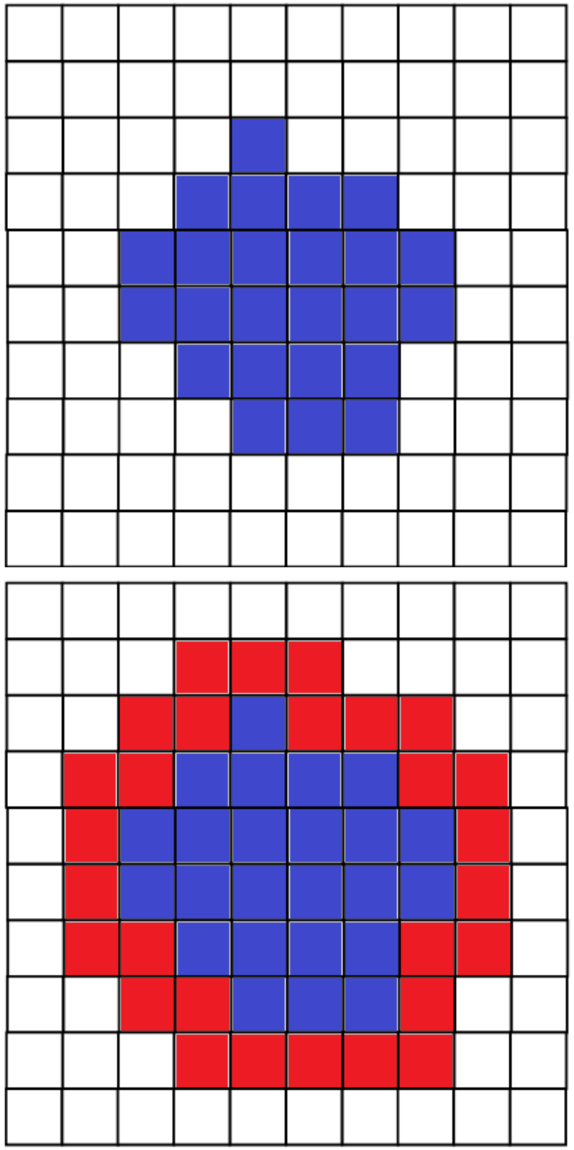
Komprese binárních obrazů – značkování (7)

- **Dilatace** + isotropický (transformace se chová stejně ve všech směrech) strukturní element 3x3 (objekty expandují) >>> objekty se rozrostly o jednu "slupku" na úkor pozadí, díry s tloušťku jeden bod se zaplnily



- **Dilatace -** značkování





GRANULOMETRIE (1)

- Vznik >>> stereologové (matematici snažící se rekonstruovat 3D tvar z řezů), granulum = zrno, analýza materiálů a v **biologii** ..., dovoluje vyvodit informaci o měřítku (bez interpretace obrazu), analýza granulometrického spektra ≈ analýza frekvenčního spektra

- Postupné prosívání sítem s rostoucí velikostí děr >>> vstup >>> hromada kamenů (granulí) o různých velikostech >>> kolik kamenů patří do jednotlivých tříd daných velikostí, výsledek >>> diskrétní funkce (**granulometrické spektrum** (křivka)) >>> velikost děr v sítu (nezávisle proměnná), počet kamenů příslušné velikosti (závisle proměnná), binární mat. morfologie >>> prosívání = opakované otevřením strukturním elementem s rostoucí velikostí

- Analogie - frekvenční spektrum >>> jak přispívají jednotlivé harmonické signály

- Třída transformací ($\Psi = (\psi_\lambda)$) závislých na parametru $\lambda \geq 0$ je granulometrií, když:

$\forall \lambda \geq 0$, ψ_λ je rostoucí, idempotentní

ψ_λ je antiextenzivní

$\forall \lambda \geq 0, \mu \geq 0$, $\psi_\lambda \psi_\mu = \psi_\mu \psi_\lambda = \psi_{\max(\lambda,\mu)}$

GRANULOMETRIE (2)

- Otevření vzhledem k $\lambda B = \{\lambda b,\ b \in B\}$, $\lambda \geq 0$ tvoří granulometrii, B ... konvexní strukturní element
- Granulometrie pro diskrétních binární obrazy >>> posloupnost otevření ψ_n, n ... přirozené číslo $n \geq 0$, výsledek dalšího otevření v posloupnosti je menší než předchozí >>> nakonec nic nezbyde, krok prosívání charakterizuje míra m(X) na množině (obrazu) X (2D - počet pixelů, 3D – počet voxelů), rychlost prosívání charakterizuje granulometrické spektrum
- **Granulometrická funkce** (křivka, spektrum) množiny X:

  $PS_\Psi(X)(n) = m(\psi_n(X)) - m(\psi_{n-1}(X)),\ \forall n > 0$

- Posloupnost otevření $\Psi(X)$, $n \geq 0$, je klesající, tj. $(\psi_0(X) \supseteq \psi_1(X) \supseteq \psi_2(X) \supseteq \ldots)$
- **Granulometrické spektrum** PS_Ψ >>> binární obraz se převede na šedotónový obraz pomocí granulometrické funkce $G_\Psi(X)$, PS_Ψ >>> vypočet jako histogram granulometrické funk. $G_\Psi(X)$

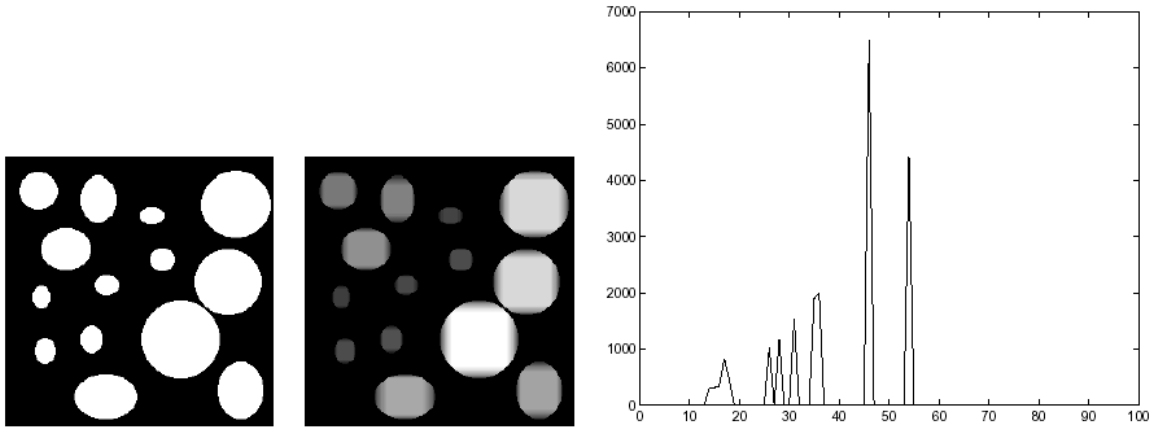
GRANULOMETRIE (3)

- Granulometrické funkce $G_\psi(X)$ binárního obrazu X >>> zobrazuje každý pixel $x \in X$ do velikosti prvního n, pro které $x \notin \psi_n(X)$

  $x \in X,\ G_\psi(X)(x) = \min\{n > 0,\ x \notin \psi_n(X)\}$

- granulometrické spektrum PS_ψ binárního obrazu X

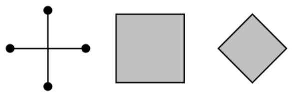
  $\forall n > 0,\ PS_\psi(X)(n) = \mathrm{card}\{p,\ G_\psi(X)(p) = n\}$ card ... kardinalita množiny



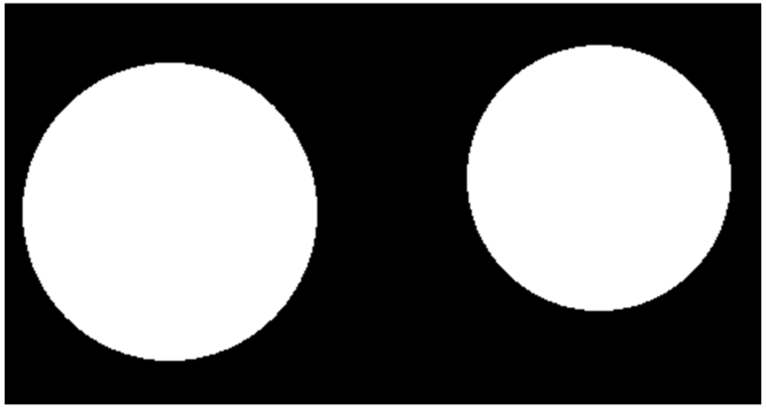
(a) (b) (c)

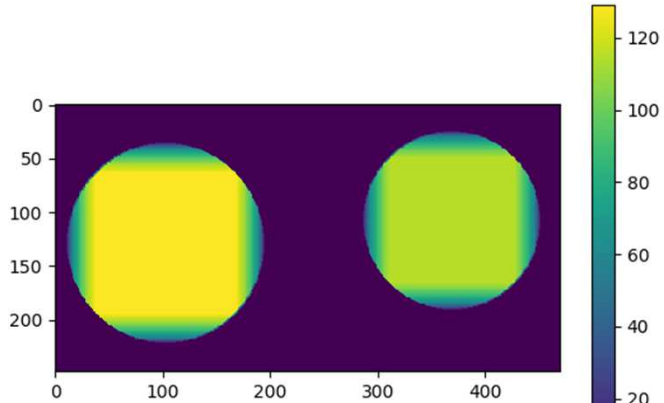
(P. Kodl, Výzkumné centrum Rockwell Automation, Praha) (SZSO) otevření čtvercovým strukturním elementem (od 2 x 2), granulometrické spektrum - tři významnější špičky >>> tři převládající velikosti objektů, signály v levé části spektra >>> artefakty způsobené diskretizací (euklidovské kruhy >>> diskrétními objekty – čtverce)

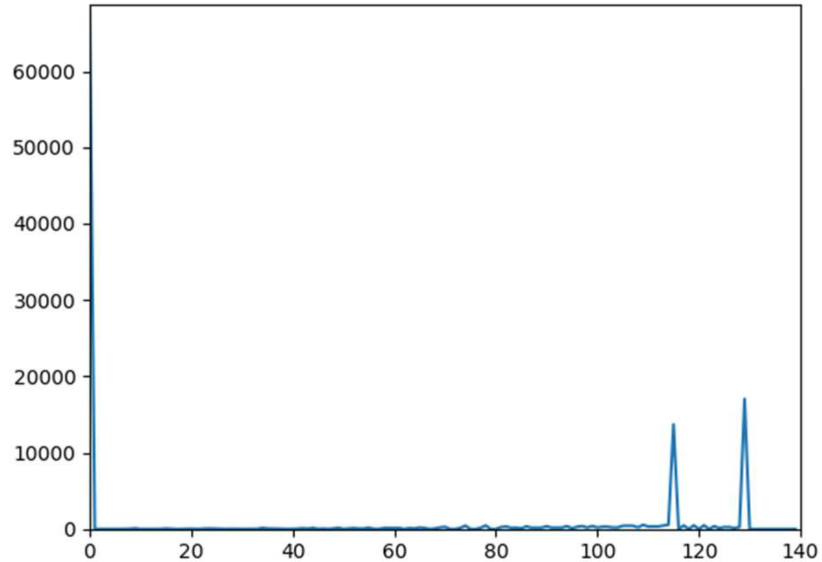
- Velká výpočetní náročnost urychlení >>> použití podlouhlých strukturních elementů a složitějších 2D, které jsou z nich odvozeny >>> čtvercový strukturní element >>> Minkowského součet horizontálního a vertikálního čárového elementu



GRANULOMETRIE (4)



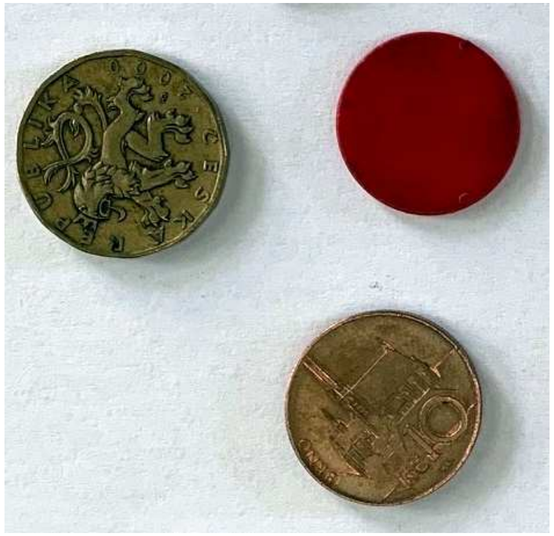


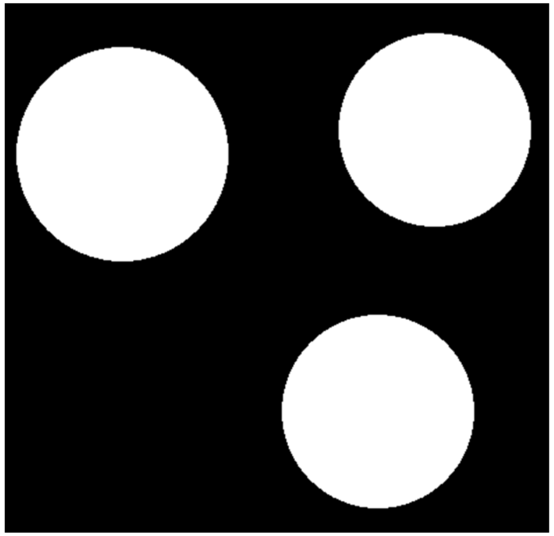


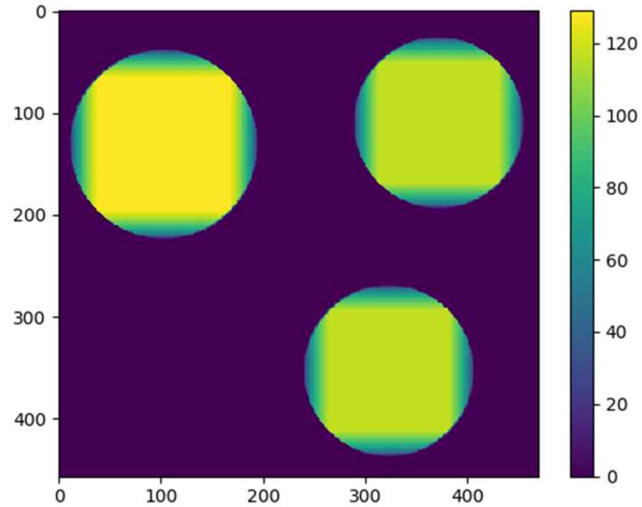
X: 117 x 117 – Y: 14157, res = 1,034

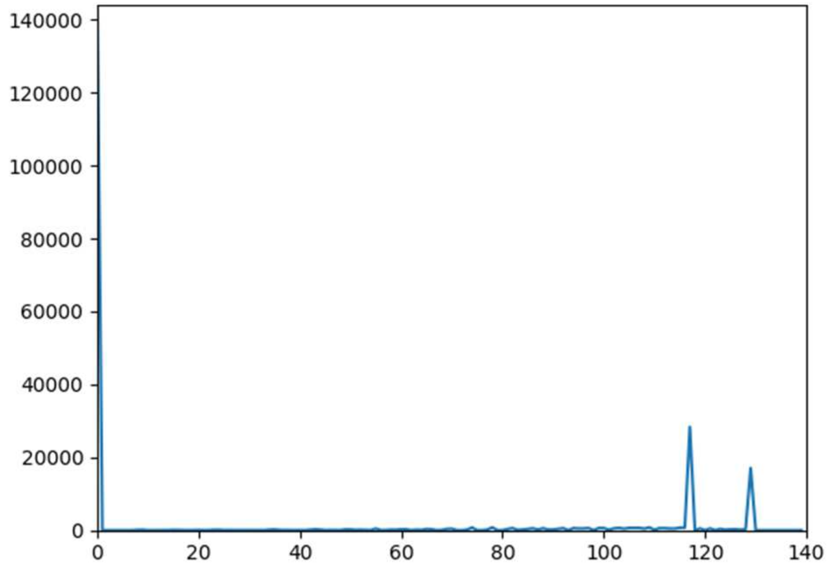
X: 129 x 129 – Y:17028, res = 1,023

GRANULOMETRIE (5)









X: 117 x 117 – Y: 28314, res = 2,068; X: 129 x 129 – Y:17028, res = 1,023