



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



# Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance, kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0

CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_015/0002329

## Úvod do zpracování obrazů

**Mechatronika**

**Prezentace přednášky č. 7**

**Segmentace obrazu, popis oblastí**

doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
[www.tul.cz](http://www.tul.cz)



<http://www.ite.tul.cz>



# Segmentace obrazu

- Rozdělení obrazu na oblasti odpovídající důležitým objektům v obraze, redukce objemu zpracovávaných dat
- Komplettní segmentace >>> oblast souhlasí s objektem ve vstupním obraze >>> využití vyšší úrovně zpracování obrazu
- Částečná segmentace >>> rozdělení na homogenní oblasti dle jasu, barvy, textury...
- (-) Zatížení obrazu informačním šumem, nejednoznačnost obrazových dat
- **1.** Metody využívající globální znalost >>> histogram
- **2.** určování hranic mezi oblastmi a sledování průběhu hranice
- **3.** vytváření oblastí (na základě podobného jasu, barvy, textury...)
- 2. a 3. duální operace >>> oblast má hranici, která ji určuje; obě metody lze kombinovat >>> vytváření relačních struktur >>> uzly jsou oblasti, relace sousednosti jsou hrany



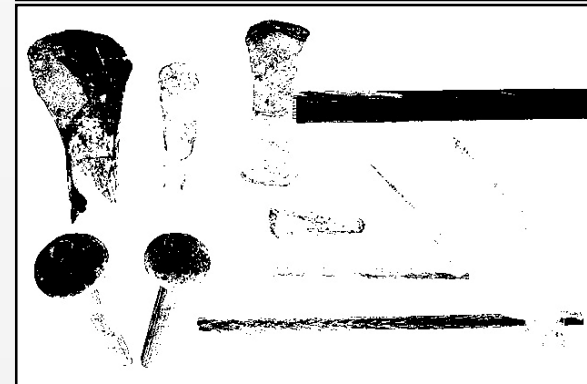
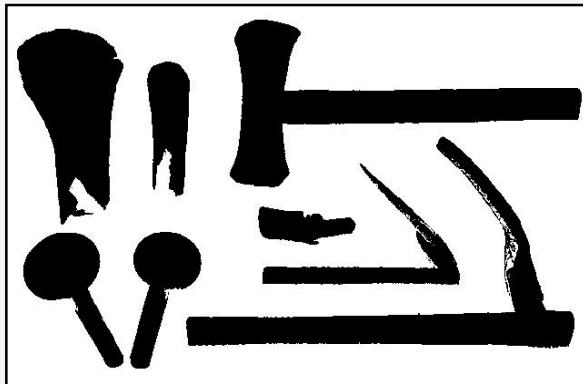


# Segmentace obrazu prahováním

- Objekty mají podobný jas, barvu...
- Prahování >>> transformace vstupního obrazu

$$g(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i,j) \geq T \\ 0 & \text{pro } f(i,j) < T \end{cases}$$

- T >>> hodnota prahu

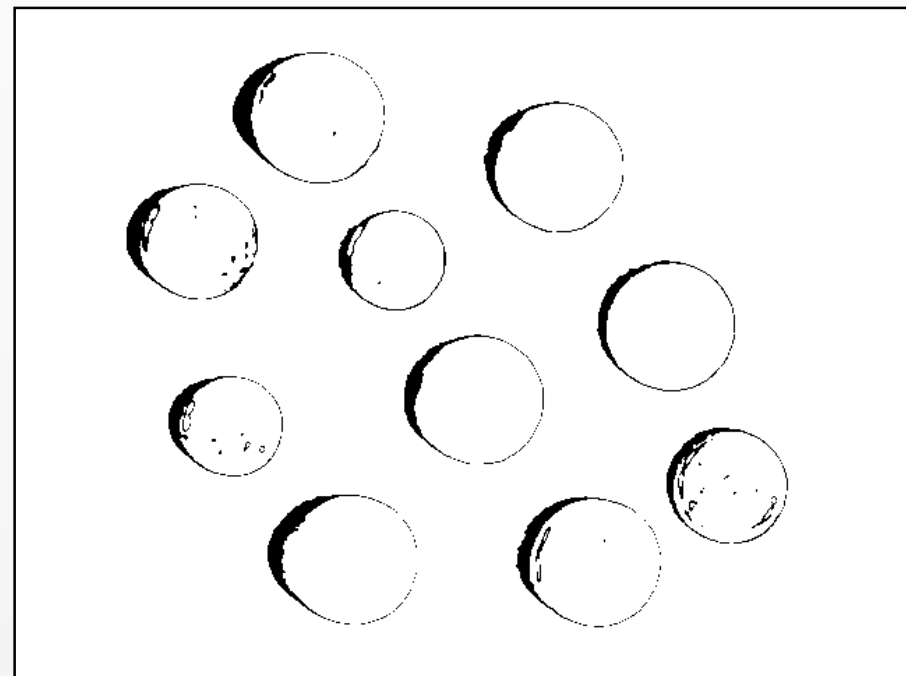




# Segmentace obrazu prahováním

- Prahování s dvěma prahy,  $I \gg \gg$  interval jasů

$$g(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i,j) \in I \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

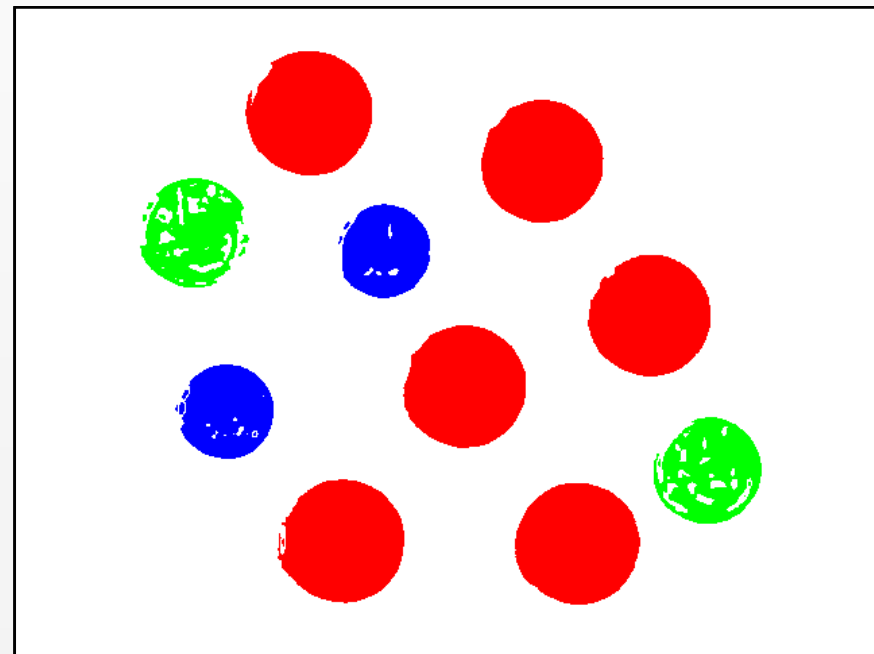




# Segmentace obrazu prahováním

- Prahování s více prahy,  $I_j \gg \gg$  intervaly jasů

$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i, j) \in I_1 \\ 2 & \text{pro } f(i, j) \in I_2 \\ \vdots & \vdots \\ N & \text{pro } f(i, j) \in I_N \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$





# Segmentace obrazu prahováním

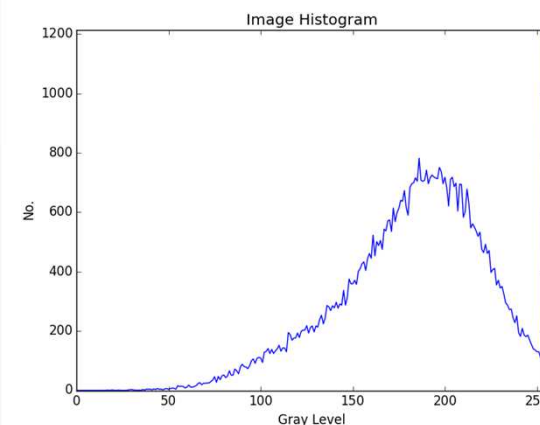
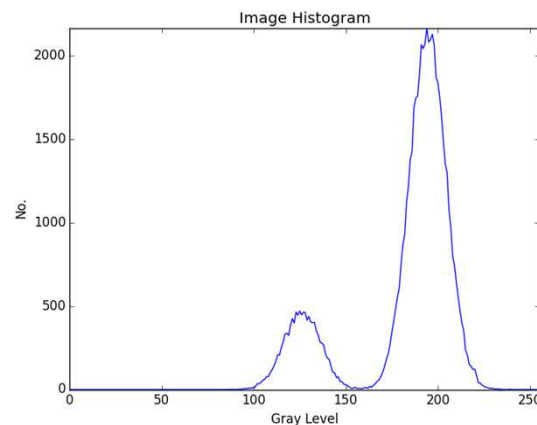
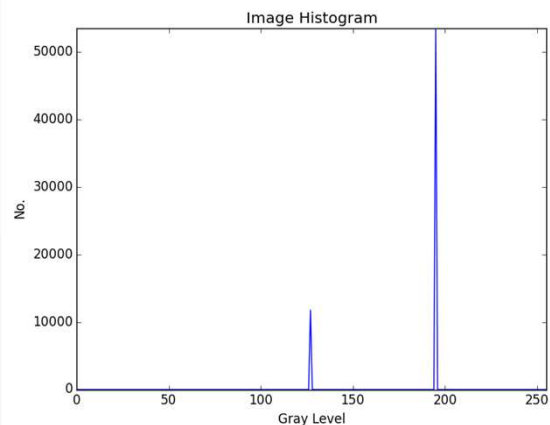
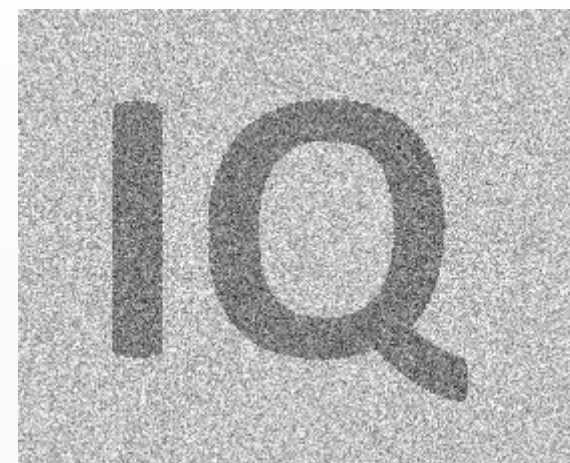
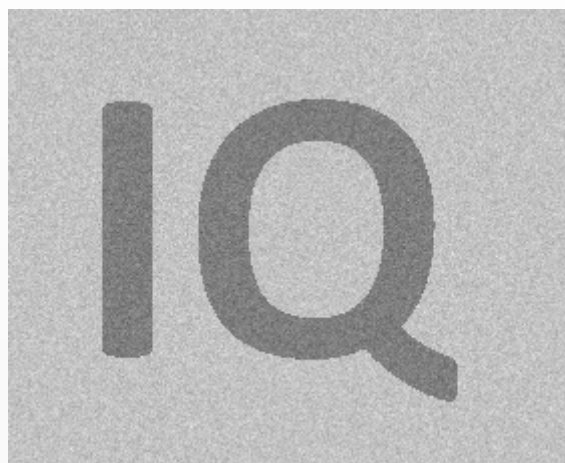
- Poloprahování >>> hodnocení výsledků člověkem

$$g(i,j) = \begin{cases} f(i,j) & \text{pro } f(i,j) \in I \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$





# Stanovení prahu – vliv šumu

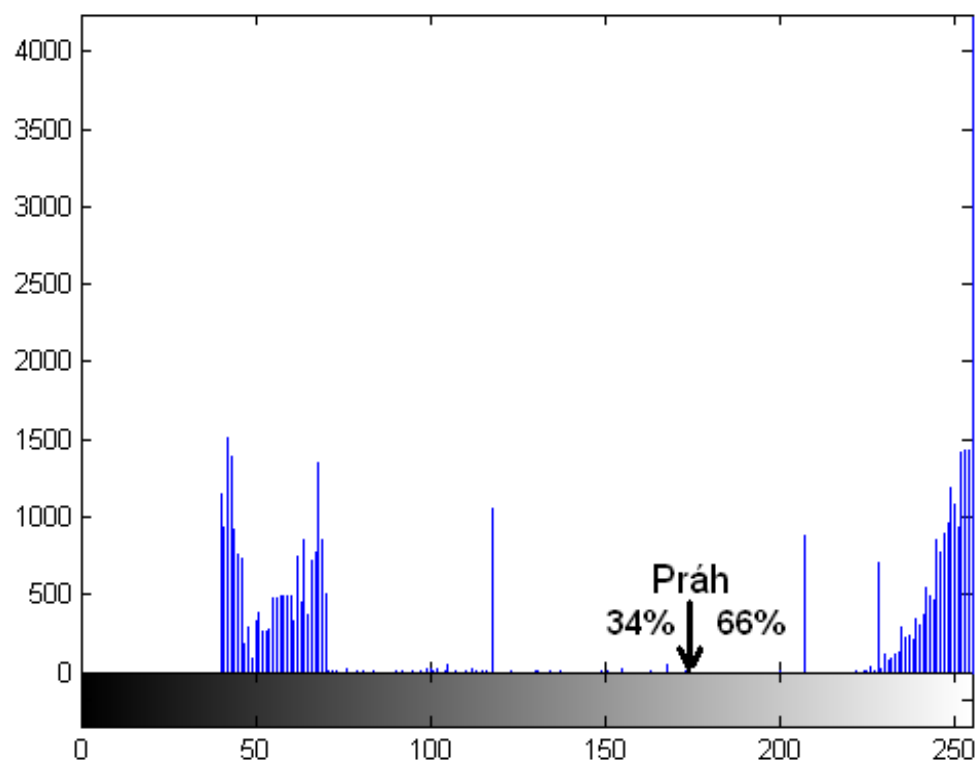
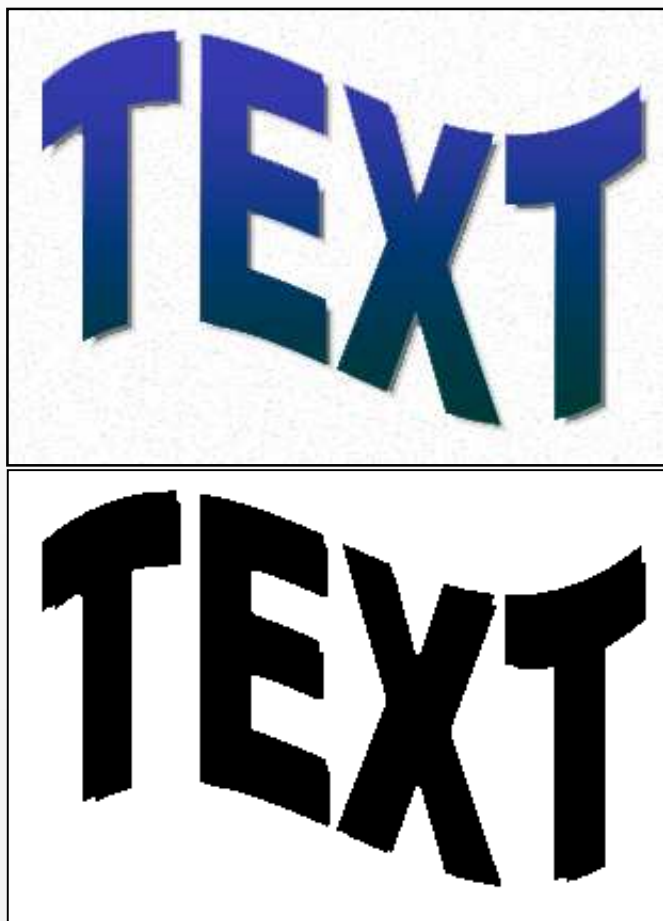




# Automatické určování prahu

- Procentuální prahování**

Apriorní znalost >>> např. písmena zaujmají 34% plochy obrazu >>> text je tmavý a pozadí světlé >>> 34% z levé části obrazového histogramu bude pravděpodobně patřit obrazovým bodům tvořícím text



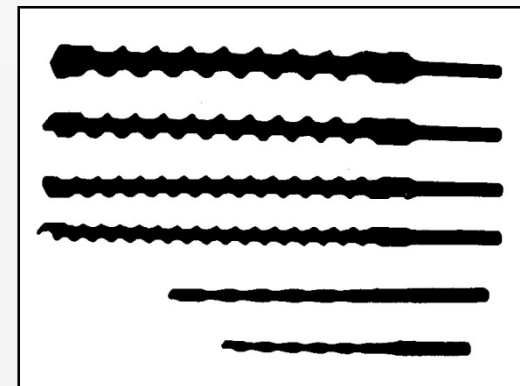
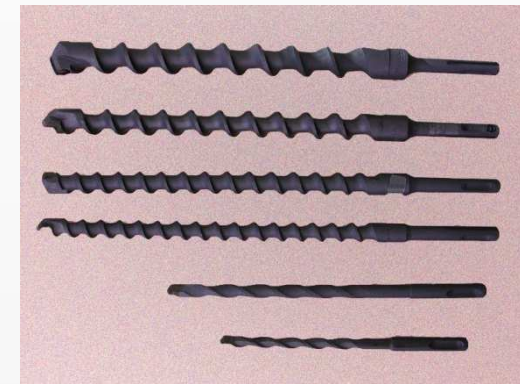
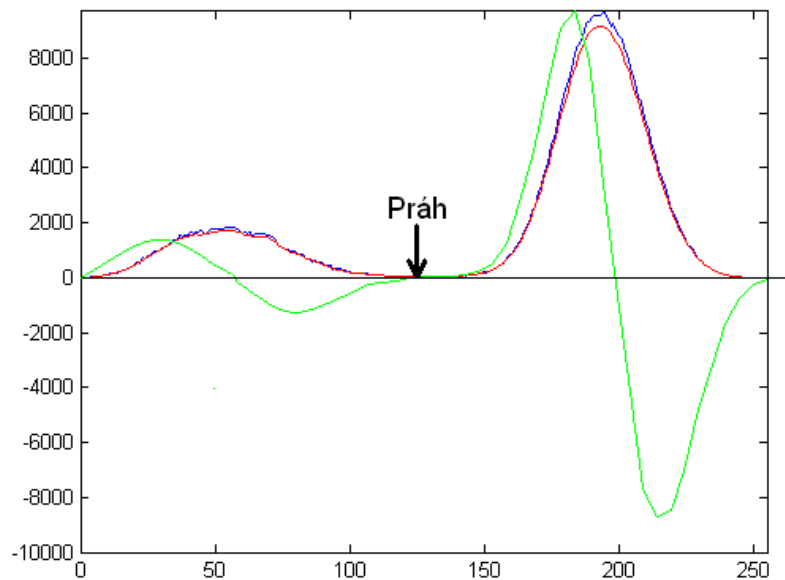




# Automatické určování prahu



- **Analýza obrazového histogramu**
- Pro dvou a více-modální histogramy, hodnoty jasů objektu by měly tvořit jednotlivé módy
- Histogram jako funkce >>> analýza >>> např. použití diferencí:  $y(n) = x(n) - x(n - N)$
- **(-)** maxima a minima histogramu se musí výrazně lišit





# Automatické určování prahu

- **Analýza obrazového histogramu**

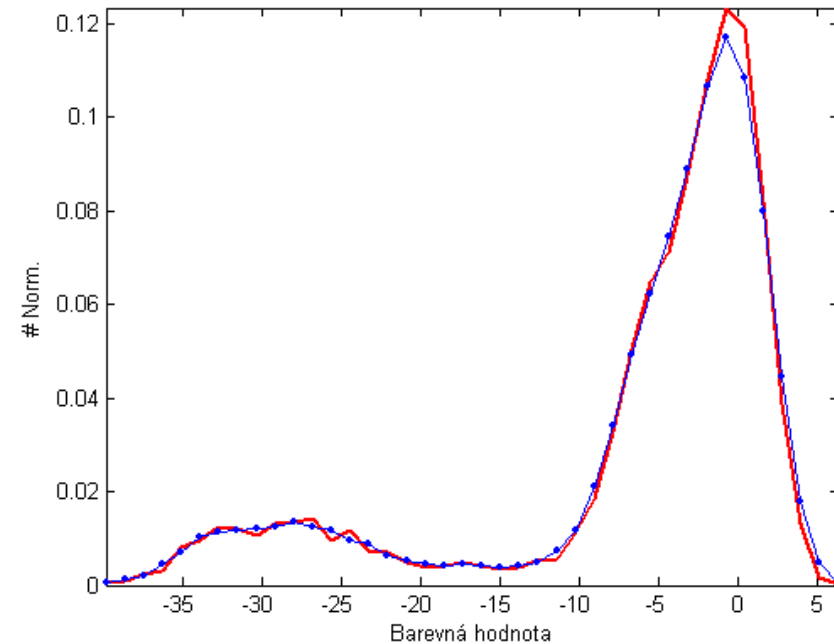
- 1. Fce. popisující histogram

$$h_{vo}(z_i) = P_r \cdot h_r(z_i) + (1 - P_r) \cdot h_k(z_i)$$

$$P_k = 1 - P_r$$

$$h_r(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_r} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i - \mu_r}{\sigma_r}\right)^2\right)$$

$$h_k(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i - \mu_k}{\sigma_k}\right)^2\right)$$



- 2. Odhad  $\mu_r$ ,  $\mu_k$ ,  $\sigma_r$ ,  $\sigma_k$ ,  $P_r$  s pomocí metody nejmenších čtverců

$$\varphi = \sum_i [h_v(z_i) - h_{vo}(z_i)]^2$$

- \* Algoritmus byl vytvořen ve spolupráci s Doc. Ing. Vladimírem Kracíkem, CSc., z katedry aplikované matematiky TUL.





# Automatické určování prahu

- Analýza obrazového histogramu**

Počáteční nastavení:

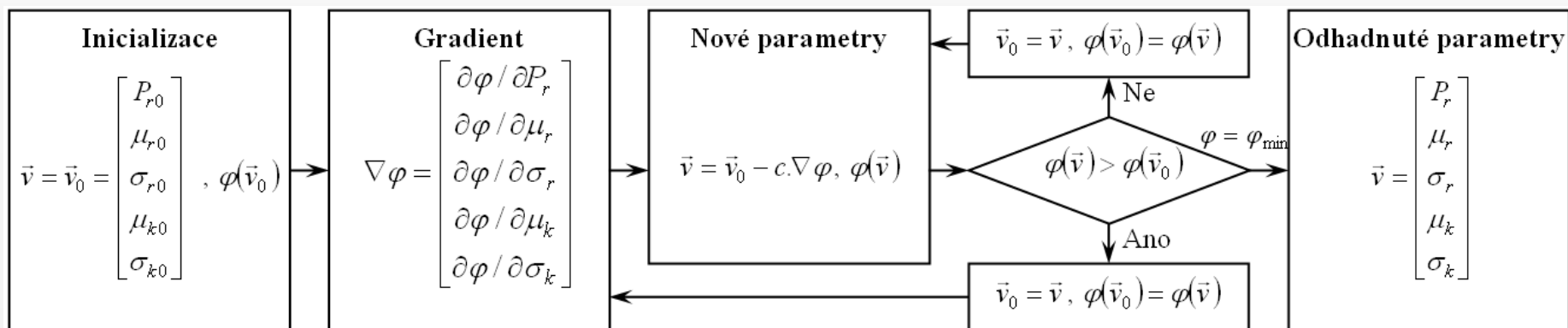
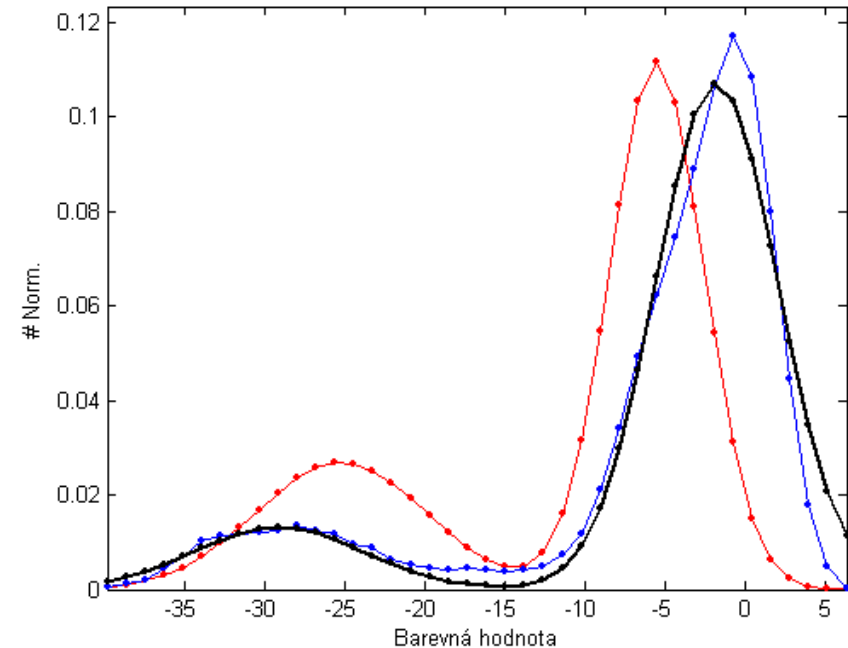
$$P_{r0} = 0.2$$

$$IntH = maH - miH$$

$$\mu_{r0} = \frac{IntH}{4} + miH \quad \sigma_{r0} = \frac{IntH}{9}$$

$$\mu_{k0} = \frac{3.IntH}{4} + miH \quad \sigma_{k0} = \frac{IntH}{16}$$

Algoritmus výpočtu:





# Automatické určování prahu

- Analýza obrazového histogramu

Práh T:

$$T = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

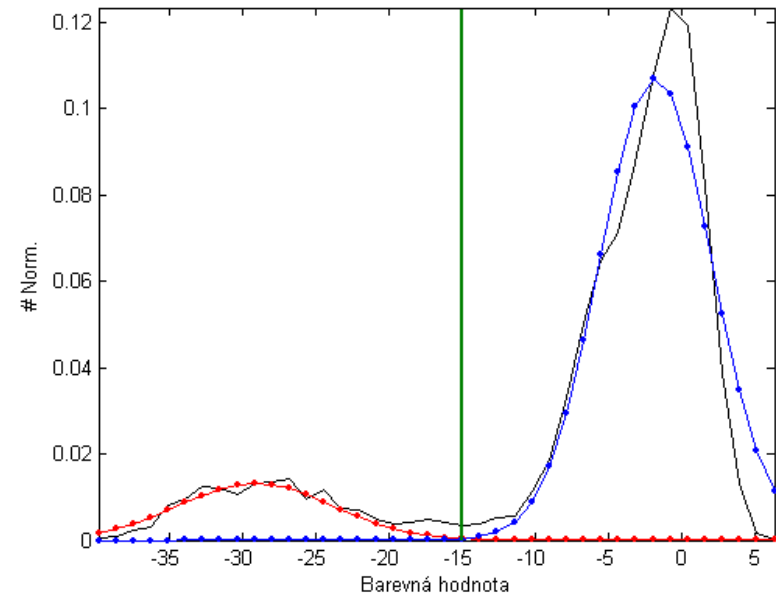
$$a = \sigma_k^2 - \sigma_r^2$$

$$b = 2(\sigma_r^2 \mu_k - \sigma_k^2 \mu_r)$$

$$c = \mu_r^2 \sigma_k^2 - \mu_k^2 \sigma_r^2 + 2 \cdot \sigma_k^2 \sigma_r^2 \cdot \log\left(\frac{\sigma_r(1-P_r)}{\sigma_k P_r}\right)$$

Výpočet prahu

$$\frac{P_r}{\sqrt{2\pi}\sigma_r} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{T - \mu_r}{\sigma_r}\right)^2\right) = \frac{(1-P_r)}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{T - \mu_k}{\sigma_k}\right)^2\right)$$





# Segmentace srovnávání se vzorem



obraz  $f(i,j)$

## Korelační míry

$$C_1(u,v) = \frac{1}{\max_{(i,j) \in V} |f(i+u, j+v) - h(i,j)|}$$

$$C_2(u,v) = \frac{1}{\sum_{(i,j) \in V} |f(i+u, j+v) - h(i,j)|}$$

$$C_3(u,v) = \frac{1}{\sum_{(i,j) \in V} [f(i+u, j+v) - h(i,j)]^2}$$



- Vzor musí být dosti podobný hledanému objektu
- Použití více vzorů >>> různé velikosti a orientace vzorů

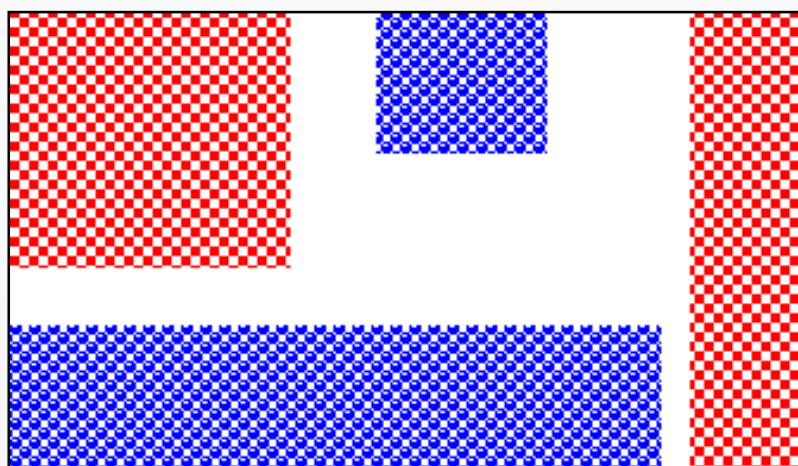




# Segmentace srovnávání se vzorem



- Využití textury



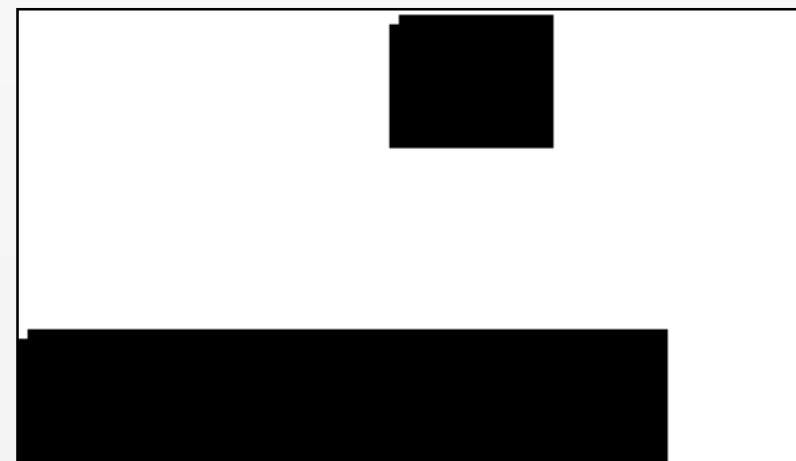
vstupní obraz



vzory



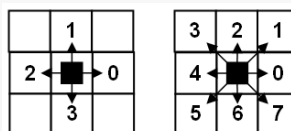
výsledek po segmentaci



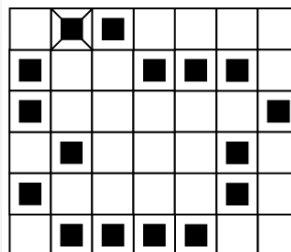


# Segmentace s využitím hran

- Řetězové kódy (Freemanovi) >>> použití pro popis hranice objektu, pořízení hranice objektu např. pomocí hranových detektorů
- Posloupnost symbolů vytvořených při procházení hranice objektu v předem daných orientacích
- Problém šum v obraze >>> vyhlazení hranic, aproximování hranice vhodnou křivkou
- 1. difference řetězového kódu modulo 4 nebo modulo 8 >>> posloupnost čísel >>> relativní směr postupující po hranici oblasti, počet změn směru o 90(45) stupňů



- Pro čtyř-okolí a osmi-okolí



0700756544431321

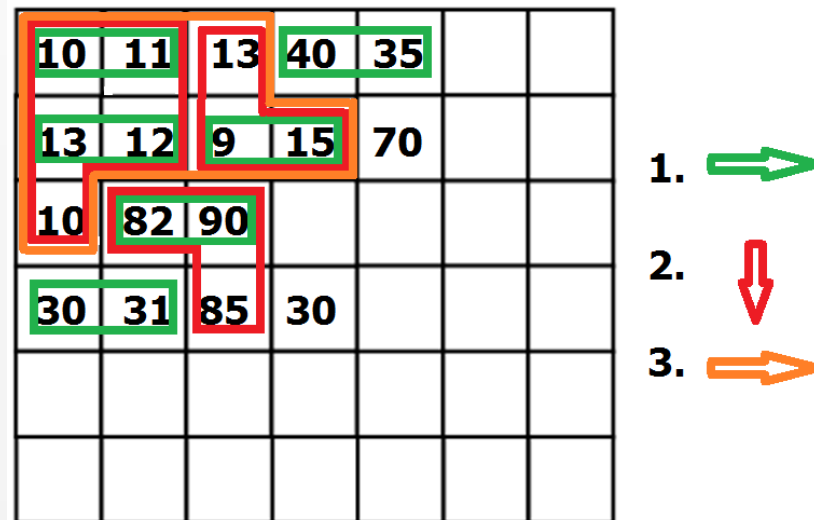




# Segmentace narůstáním oblastí

- Rozdělení obrazu do maximálních homogenních oblastí
- Homogenita – podobný jas, textura, barva...
- 1) počáteční rozdělení obrazu -> velké množství malých oblastí (pixel)
- 2) kritérium pro spojování oblastí
- 3) spojování oblastí dle kritéria, konec -> pokud již nic nelze spojit

Př. Kritérium -> rozdíl průměrné hodnoty jasů dvou sousedních oblastí  $< 5$







# Identifikace oblastí



- Před popisem oblastí je nutné provést identifikaci oblastí

## Barvení oblastí:

- každá oblast v obraze je označena unikátním číslem
- nejvyšší číslo může (nemusí) udávat počet oblastí
- dvě různé oblasti nesmí být označeny stejným číslem





# Barvení oblastí

- 1. Průchod obrazu od shora dolů, z leva do prava

$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$
$(i, j-1)$	$(i, j)$	

- 2. Při kolizi barev uložení do tabulky ekvivalencí, např.: 1 sousedí s 2 atd.

1		2
1		2
1	1	?

- 3. Druhý průchod obrazem, přebarvení sousedních bodů dle tabulky ekvivalencí





# Barvení oblastí

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Binární obraz po segmentaci**





# Barvení oblastí

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	3	0	4	0
0	5	5	5	2	2	2	0	0	3	0	0	4	0
0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	4	0
0	6	6	5	5	2	2	2	2	2	2	4	4	0
0	0	0	0	5	5	5	2	2	2	2	2	4	0
0	7	7	0	0	0	5	0	2	0	0	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

První průchod





# Barvení oblastí

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	3	3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Druhý průchod





# Popis oblastí - Výpočet těžiště oblasti

- Obecný moment stupně p+q pro obraz velikosti M x N:

$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q g(x, y)$$

- Souřadnice těžiště oblasti:  $m_{00}$  - velikost

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

- Př.: pro barvu 2:

$$m_{00} = 3, m_{10} = 28, m_{01} = 4, x_t = 9.33 \text{ (9)}, y_t = 1.33 \text{ (1)}$$

(0,0)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	2	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	3	3	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(13,7)



# Popis oblastí – skalární popis

- **Velikost:** počet obrazových elementů (pixelů), které oblast obsahuje, skutečná velikost objektu >>> pokud je znám převod pixel na m
- **Eulerovo číslo (genus):** z počtu souvislých oblastí  $S$  a počtu děr  $N$ , nemění se při použití geometrických transformací obrazu

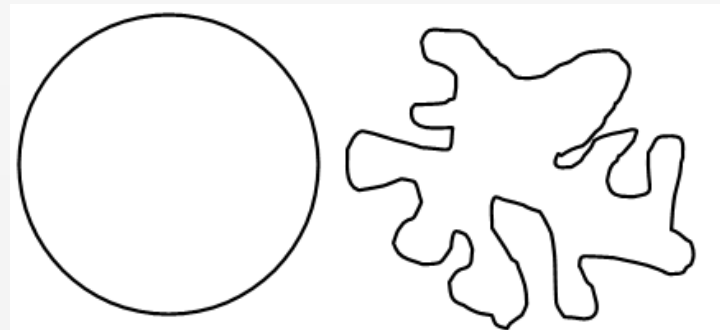
$$E = S - N$$

- **Projekce:**

$$\text{horizontální: } p(x) = \sum_{y=0}^{M-1} f(x, y) \quad \text{vertikální: } p(y) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x, y)$$

- **Nekompaktnost:**

$$\text{nekompaktnost} = \frac{(\text{délka hranice oblasti})^2}{\text{velikost}}$$



kompaktní objekt    nekompaktní objekt

