

# Zpracování digitalizovaného obrazu (ZDO) - Segmentace úvod, prahování

Ing. Zdeněk Krňoul, Ph.D.

Katedra Kybernetiky  
Fakulta aplikovaných věd  
Západočeská univerzita v Plzni

Podpořeno: ESF projekt Západočeské univerzity v Plzni  
reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_015/0002287



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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS



- ▶ Definice úlohy segmentace
- ▶ Základní segmentační techniky
- ▶ Segmentace prahováním
- ▶ Techniky určení prahu



**VSTUP:** INTENZITNÍ OBRAZ

**VÝSTUP:** OBRAZ ROZČLENĚNÝ NA ČÁSTI, KTERÉ MAJÍ  
SOUVISLOST S OBJEKTY REÁLNÉHO SVĚTA

Kompletní segmentace:

- ▶ vytvořené oblasti jednoznačně korespondují s objekty ve vstupním obraze
- ▶ obecně nezbytná spolupráce s vyšší úrovní zpracování, tj. využití znalostí o řešeném problému
- ▶ v případě, kdy je obraz tvořen kontrastními objekty na pozadí konstantního jasu – dobré výsledky kompletní segmentace již i na této úrovni zpracování obrazu

*Příklad: text, krevní buňky, počítání šroubků*



## Částečná segmentace:

- ▶ vytvořené oblasti jsou homogenní vzhledem k určitým zvoleným vlastnostem (jas, barva, textura, apod.)
- ▶ oblasti se obecně mohou překrývat
- ▶ je třeba aplikovat další postupy na vyšší úrovni zpracování

*Příklad: scéna s polem a lesem při pohledu z okna – po segmentaci neodpovídá objektu jedna oblast*



# Segmentace - Znalost úlohy

Pro segmentaci se využívá znalost o řešeném problému čím více, tím lépe, možnosti jsou:

- ▶ požadovaný tvar
- ▶ požadovaná pozice, orientace
- ▶ znám počáteční a koncový bod hranice
- ▶ vztah oblasti k ostatním oblastem s požadovanými vlastnostmi

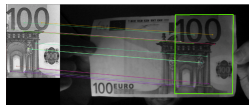
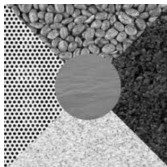
*Příklady:*

- ▶ *hledání lodí na moři*
- ▶ *typické vlastnosti železničních tratí, dálnic (např. maximální zakřivení, ap.)*
- ▶ *řeky se neprotínají*
- ▶ *a jiné*



# Segmentace - Segmentační techniky

- ▶ techniky založené na analýze jasů – prahování
- ▶ určování / hledání hranic oblastí (Aktivní kotury, ...)
- ▶ vytváření oblastí (Split and merge; MRF; Graph-cut )
- ▶ srovnávání se vzorem (Template/keypoint matching)
- ▶ texturní segmentace (Gabor filtry, ...)
- ▶ segmentace popisem (modelem) tvaru a vzhledu (ASM, AMM, ...)
- ▶ různé kombinace



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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

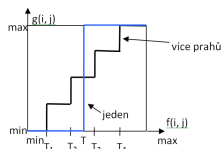


# Segmentace - Prahování

- ☺ nejjednodušší a nejstarší metoda segmentace
- ☺ nejčastěji používaná
- ☺ nenáročná hardwarová realizace
- ☺ nejrychlejší metoda, lze provádět v reálném čase
- ☹ volba prahu – úloha, kterou lze obecně jen velmi obtížně provádět automaticky
- ☹ lze použít pouze na určitou třídu obrazů (objekty a pozadí jsou jasově snadno rozlišitelné)

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

$T$  – práh ( threshold ) – předem určená konstanta



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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS



Modifikace: prahování s množinou známých jasů

$$g(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{pro } f(i, j) \in D \\ 1 & \text{jinak} \end{cases} \quad (2)$$

kde  $D$  je množina jasů odpovídajících pozadí

*Např. snímky krevních buněk – cytoplazma se jeví v určitém intervalu jasů, pozadí je světlejší, jádro je tmavší*

Modifikace: prahování více prahy

$$g(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{pro } f(i, j) \in D_1 \\ 2 & \text{pro } f(i, j) \in D_2 \\ \vdots & \\ n & \text{pro } f(i, j) \in D_n \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad (3)$$

kde  $D_i \cap D_j = \emptyset \quad i \neq j$





## Modifikace: poloprahování

$$g(i, j) = \begin{cases} f(i, j) & \text{pro } f(i, j) \in D \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad (4)$$

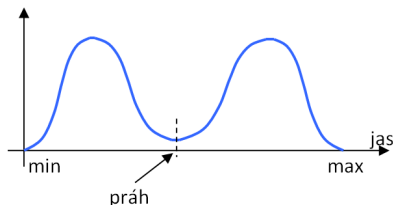
kde  $D$  je množina jasů odpovídajících např. více objektům

- ▶ odstraníme pozadí, v objektech však zachováme rozložení jasů např. se používá při vizuálním hodnocení výsledků člověkem
- ▶  $f(i, j)$  **nemusí** být pouze jasová funkce (např. hodnota gradientu, lokální texturní vlastnosti, hloubková mapa, barva – RGB, hue, saturace ap.)
- ▶ *demo*



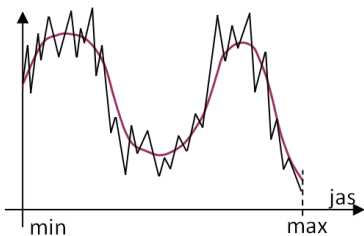
# Určení prahu

- ▶ v základu segmentace prahováním používá práh jako vstupní parametr (je znám)
- ▶ vstupním informací algoritmu hledání prahu je často histogram
- ▶ otázka je, jak tento práh určit **automaticky**?; můžeme použít techniku "pokus omyl" nebo;
- ▶ ideální je tzv. bimodální histogram (dostatečně vzdálené 2 maxima)
- ▶ pak v tomto případě bimodálního obrazu (histogramu) lze určit prahovou hodnotu jako hodnotu mezi dvěma kopci;



## Vyhlazování histogramu:

- ▶ hledáme lokální minimum mezi dvěma největšími dostatečně vzdálenými lokálními maximy
- ▶ ale často nelze rozhodnout jednoznačně o významu lokálních maxim a minim
- ▶ vyhlazování potlačuje lokální extrémů a ideálně poskytuje bimodální histogram (lokální průměrování - např. Gaussovské okénko nebo filtrace mediánem aj. )



- ▶ technika automatického hledání prahu (Nobuyuki Otsu)
- ▶ princip: diskriminuje dvě třídy (kopce)
- ▶ algoritmus hledá optimální hodnotu prahu  $T$
- ▶ algoritmus nalezne takový práh, který minimalizuje vážený rozptyl  $\sigma_W$  dvou tříd jasů - tj. třídy jasů pozadí  $b$  a popředí  $f$  (duálně - můžeme maximalizovat rozptyl jednotlivých tříd)



# Otsuova metoda - automatické určení prahu

- ▶  $\sigma_W^2(t) = W_b(t)\sigma_b^2(t) + W_f(t)\sigma_f^2(t)$
- ▶ kde je váha:  
$$W_b(t) = \sum_{i=1}^t P(i)$$
$$W_f(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i)$$
- ▶  $M_b(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{W_b(t)}$   $M_f(t) = \sum_{i=t+1}^I \frac{iP(i)}{W_f(t)}$
- ▶  $\sigma_b^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - M_b(t)]^2 \frac{P(i)}{W_b(t)}$   
 $\sigma_f^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - M_f(t)]^2 \frac{P(i)}{W_f(t)}$
- ▶ a nalezneme práh  $T = \underset{t}{\operatorname{argmin}} \sigma_W^2(t)$  tak, že rozptyl (variance) obou kopců je minimální



Threshold	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5
<b>Weight, Background</b>	$W_b = 0$	$W_b = 0.222$	$W_b = 0.4167$	$W_b = 0.4722$	$W_b = 0.6389$	$W_b = 0.8889$
<b>Mean, Background</b>	$M_b = 0$	$M_b = 0$	$M_b = 0.4667$	$M_b = 0.6471$	$M_b = 1.2609$	$M_b = 2.0313$
<b>Variance, Background</b>	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0$	$\sigma_b^2 = 0.2489$	$\sigma_b^2 = 0.4637$	$\sigma_b^2 = 1.4102$	$\sigma_b^2 = 2.5303$
<b>Weight, Foreground</b>	$W_f = 1$	$W_f = 0.7778$	$W_f = 0.5833$	$W_f = 0.5278$	$W_f = 0.3611$	$W_f = 0.1111$
<b>Mean, Foreground</b>	$M_f = 2.3611$	$M_f = 3.0357$	$M_f = 3.7143$	$M_f = 3.8947$	$M_f = 4.3077$	$M_f = 5.000$
<b>Variance, Foreground</b>	$\sigma_f^2 = 3.1196$	$\sigma_f^2 = 1.9639$	$\sigma_f^2 = 0.7755$	$\sigma_f^2 = 0.5152$	$\sigma_f^2 = 0.2130$	$\sigma_f^2 = 0$
<b>Within Class Variance</b>	$\sigma_w^2 = 3.1196$	$\sigma_w^2 = 1.5268$	$\sigma_w^2 = 0.5561$	$\sigma_w^2 = 0.4909$	$\sigma_w^2 = 0.9779$	$\sigma_w^2 = 2.2491$

Obrázek: zdroj: <http://computervisionwithvaibhav.blogspot.cz>



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



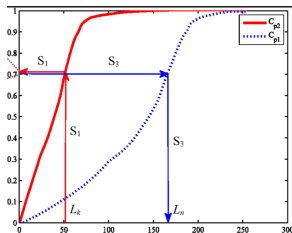
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS



# Procentní prahování

- ▶ máme apriorní znalost o tom, kolik procent plochy obrazu pokrývají objekty
- ▶ např. průměrné pokrytí plochy stránky textem se pohybuje kolem 5 %
- ▶ práh potom nastavíme tak, aby právě tolik procent obrazových bodů mělo barvu objektů, zbytek barvu pozadí
- ▶ viz obr. kumulativní histogram pro 2x různě nasvícenou scénu, objekt pokrývá 70 %



# Adaptivní prahování - Adaptive thresholding

- ▶ jedna globální hodnota prahu nemusí být vhodná pro určité případy
- ▶ obrázek může mít různé světelné podmínky v různých místech
- ▶ v tomto případě adaptivní prahování vypočítává práh pro malé regiony obrázku (posuvné okénko - sliding window)







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



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS

