

Zpracování digitalizovaného obrazu (ZDO) - Segmentace úvod, prahování

Ing. Zdeněk Krňoul, Ph.D.

Katedra Kybernetiky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni



Obsah:

- ▶ 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

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

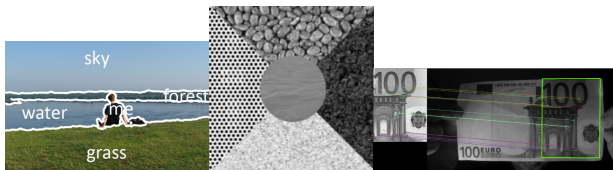
- ▶ požadovaný tvar
- ▶ požadovaná pozice, orientace
- ▶ znám počáteční a koncový bod hranice
- ▶ vztah oblasti k ostatním oblastem s požadovanými vlastnostmi

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

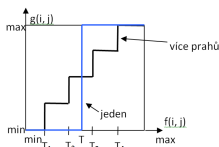


Segmentace - Prahování

- ☺ 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



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 $D_i \cap D_j = \emptyset \text{ } i \neq j$

Modifikace: poloprahování

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

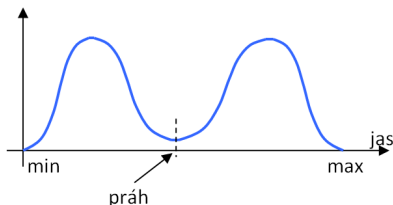
kde D je množina jasů odpovídajících např. více objektům

- ▶ 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*



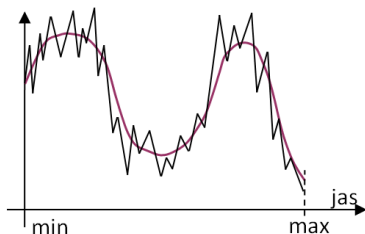
Určení prahu

- ▶ 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 extrémy a ideálně poskytuje bimodální histogram (lokální průměrování - např. Gaussovské okénko nebo filtrace mediánem aj.)

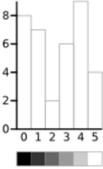
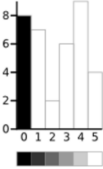
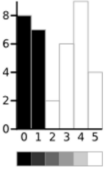
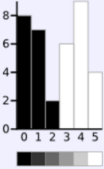
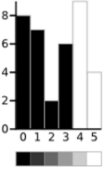
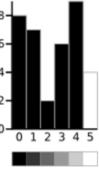


- ▶ technika automatického hledání prahu (Nobuyuki Otsu)
- ▶ princip: diskriminuje dvě třídy (kopce)
- ▶ algoritmus hledá optimální hodnotu prahu T
- ▶ algoritmus nalezne takový práh, který minimalizuje vážený rozptyl σ_W dvou tříd jasů - tj. třídy jasů pozadí b a popředí f) (duálně - můžeme maximalizovat 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 $T = \operatorname{argmin}_{\forall t} \sigma_W^2(t)$ tak, že rozptyl (variance) obou kopců je minimální

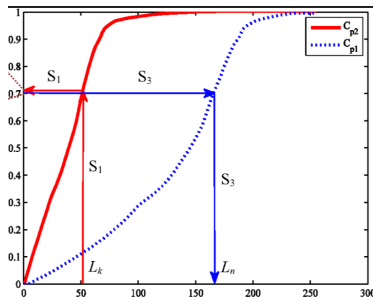
Otsuova metoda - příklad

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

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

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)



