Segmentace obrazu

Lukáš Cerman

19. listopadu 2009

1 Úvod

Označme

$$\mathrm{X}_i = \left\{x_1^i, x_2^i, \ldots, x_N^i\right\} \tag{1}$$

rozdíl i-tého snímku od referenčního snímku, kde x_j^i je rozdíl j-tého pixelu, X_i říkáme pozorování (měření). Dále označme

$$\mathrm{S}_i = \left\{s_1^i, s_2^i, \ldots, s_N^i\right\} \tag{2}$$

segmentaci i-tého snímku, kde $s_j^i \in \{0, 1\}$ je segmentace j-tého pixelu, $s_j^i = 0$ značí pozadí, $s_j^i = 1$ značí popředí, s říkáme třída.

Hledáme takovou segmentaci, která maximalizuje pravěpodobnost $p(\mathrm{S}_i, \mathrm{X}_i)$, tedy:

$$S_i^* = \operatorname*{argmax}_{S_i} p(\mathrm{S}_i, \mathrm{X}_i) = \operatorname*{argmax}_{S_i} p(\mathrm{X}_i|\mathrm{S}_i)p(\mathrm{S}_i)\ . \tag{3}$$

Předpokládáme-li nezávislost jednotlivých pixelů, platí dále:

$$S_i^* = \operatorname*{argmax}_{S_i} \prod_j p(x_j^i|s_j^i)p(s_j^i)\ . \tag{4}$$

Z (4) je vidět, že optimální segmentace bude taková, která maximalizuje pravděpodobnost pozorování x_j^i v každém pixelu j, tedy:

$$s_j^i = \begin{cases} 0 & \text{pro} \quad p(x_j^i|s_j^i = 0)p(s_j^i = 0) \geq p(x_j^i|s_j^i = 1)p(s_j^i = 1) \\ 1 & \text{pro} \quad p(x_j^i|s_j^i = 0)p(s_j^i = 0) < p(x_j^i|s_j^i = 1)p(s_j^i = 1) \end{cases}\ . \tag{5}$$

2 Učení

Z předchozí sekce je vidět, že k určení optimální segmentace potřebujeme pravděpodobnosti $p(x_j^i|s_j^i)$ a $p(s_j^i)$. Ty neznáme, ale můžeme se je naučit. Označme ručně pořízené segmentace (trénovací data) jako

$$S_i^t = \{s_1^{t,i}, s_2^{t,i} \ldots, s_N^{t,i}\} \ , \tag{6}$$

kde $i \in \mathrm{T}$, T jsou čísla snímků vybraných pro trénování. Dále označme Q_i^1 množinu pixelů, které jsou v trénovacím snímku i označeny jako popředí:

$$\mathrm{Q}_i^1 = \left\{ j : j \in \{1 \ldots N\}, s_j^{t,i} = 1 \right\} \tag{7}$$

a Q_i^0 množinu pixelů, které jsou v trénovacím snímku i označeny jako pozadí:

$$\mathrm{Q}_i^0 = \left\{ j : j \in \{1 \ldots N\}, s_j^{t,i} = 0 \right\} \ . \tag{8}$$

Pravděpodobnost $p(s = 0)$ určíme jako poměr počtu pixelů na pozadí k celkovovému počtu pixelů v trénovacích datech. Pravděpodobnost $p(s = 1)$ určíme jako poměr počtu pixelů na popředí k celkovovému počtu pixelů v trénovacích datech. Tedy:

$$p(s) = \frac{\sum\limits_{i \in \mathrm{T}} |\mathrm{Q}_i^s|}{|\mathrm{T}|N} \ . \tag{9}$$

Pravděpodobnost $p(x|s = 0)$ budem reprezentovat normalizovaným histogramem rozdílů mezi referenčním snímkem a trénovacími snímky na pixelech v pozadí. Pravděpodobnost $p(x|s = 1)$ budem reprezentovat normalizovaným histogramem rozdílů mezi referenčním snímkem a trénovacími snímky na pixelech v popředí. Tedy:

$$p(x|s) = h_s(x) \ , \tag{10}$$

kde $h_s(x)$ je spočítán z hodnot:

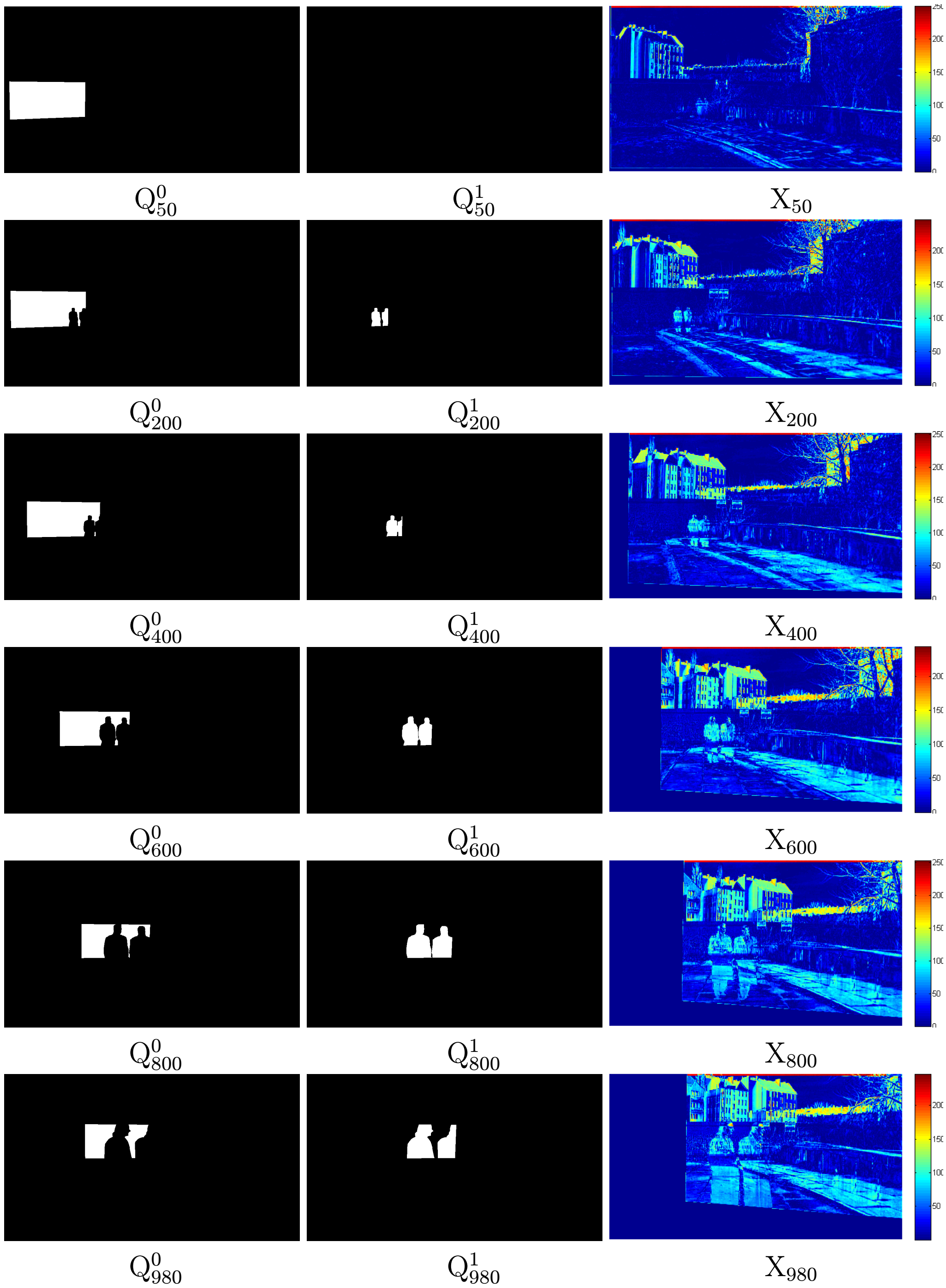
$$x_j^i : j \in \mathrm{Q}_i^s, i \in \mathrm{T} \ . \tag{11}$$

3 Optimální segmentace

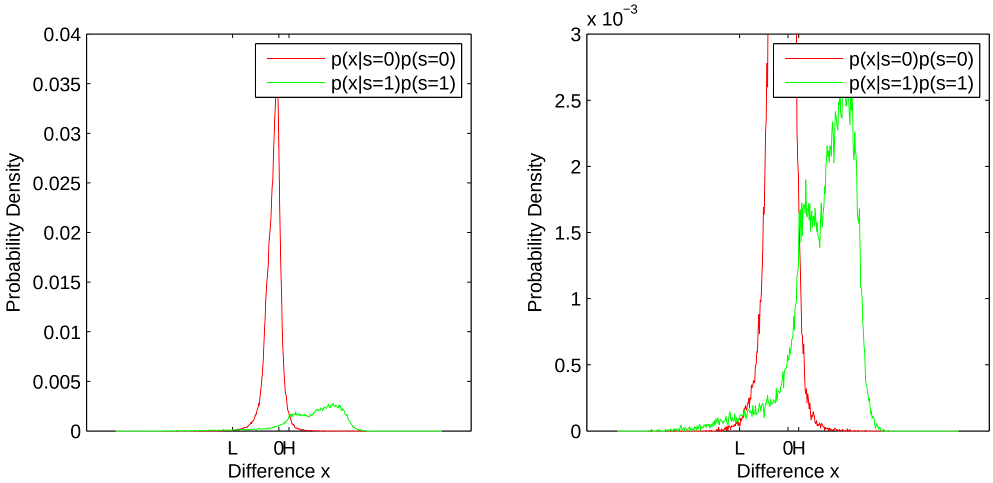
Podle vztahu (5) budeme rozhodovat o zařazení pixelu j v i-tém snímku do pozadí nebo do popředí (tj. volit hodnotu s) tak, aby hodnota pravděpodobnosti:

$$p(x_j^i|s_j^i)p(s_j^i) \tag{12}$$

byla maximální. Z obrázku 2, je vidět, že



Obrázek 1: Trénovací data (pracujeme pouze s hodnotami uvnitř oblasti zájmu, tedy ve vybraném obdélníku na zdi).



Obrázek 2: Pravděpodobnostní model získaný učením z trénovacích dat, $p(x|s)p(s) = h_s(x)p(s)$., graf vpravo má pouze změněné měřítko svislé osy.

Obrázek 3: Výsledná segmentace, vpravo po filtraci.

1. pro hodnoty x_j^i větší než H přiřadíme daný pixel do třídy popředí $(p(x|s = 1)p(s = 1)$ je větší než $p(x|s = 0)p(s = 0))$,
2. pro hodnoty x_j^i menší než L přiřadíme daný pixel do třídy popředí $(p(x|s = 1)p(s = 1)$ je větší než $p(x|s = 0)p(s = 0))$,
3. pro hodnoty x_j^i mezi L a H přiřadíme daný pixel do třídy pozadí, $(p(x|s = 0)p(s = 0)$ je větší než $p(x|s = 1)p(s = 1))$.

Z obrázku 3 je vidět, že výsledná segmentace může obsahovat šum, ten lze odstranit např. filtrací pomocí median filtru (`medfilt2`).

4 Závěr

Segmentaci obrazu lze provést prahováním rozdílu na dvou prazích L a H. Tyto prahy můžeme určit tak, že spočítáme histogramy rozdílů na pozadí a popředí ($h_0(x)$ a $h_1(x)$), které reprezentují pravděpodobnost $p(x|s = 0)$

a $p(x|s=1)$, apriorní pravděpodobnosti $p(s=0)$ a $p(s=1)$ a porovnáme hodnoty $p(x|s=0)p(s=0)$ a $p(x|s=1)p(s=1)$ v grafu.