

6.3 Metódy prahovania založené na štatistikách druhého rádu

Jednou z nevýhod bodovo závislých prahových metód je to, že vychádzajú výlučne zo štatistiky obrazu prvého rádu (histogram). Nasledujúca metóda využíva štatistiky druhého rádu.

Matica plošných šedotónových závislostí (Co-occurrence matrix)

Matica plošných šedotónových závislostí je matica, ktorej prvky (i,j) vyjadrujú relatívnu početnosť výskytu dvojice obrazových bodov, z ktorých jeden má úroveň jasu i a druhý má úroveň jasu j , pričom ich vzájomná vzdialenosť na obraze je d s orientáciou Φ . V závislosti od parametrov d a Φ môžeme vytvoriť veľké množstvo takýchto matíc (viď Obr. 6.4).

Jedna z najčastejšie používaných definícií je

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_{(1,0)} + \mathbf{M}_{(1,\pi/2)} + \mathbf{M}_{(1,\pi)} + \mathbf{M}_{(1,3\pi/2)} \quad (6.22)$$

to znamená, že prvok matice M_{ij} vyjadruje početnosť výskytu bodu obrazu s úrovníou jasu i v 4-okolí obrazového bodu úrovne j . Zaviedol ju Haralick [HaSh73] na analýzu textúr.

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 2 & 3 & 3 \end{pmatrix} \quad P_{1,0+\pi} = \begin{vmatrix} 4 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{vmatrix} \quad P_{1,3\pi/4} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{vmatrix}$$

(a) (b) (c)

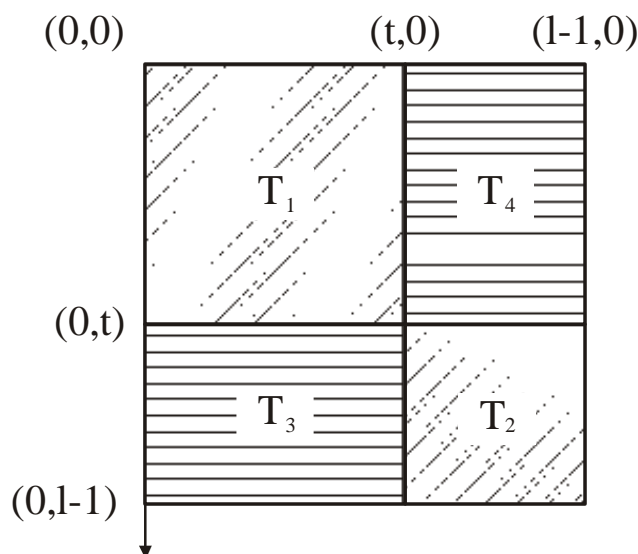
Obr. 6.4. Matica plošných šedotónových závislostí: (a) hodnoty jasu obrazu veľkosti 4x4 pixely, (b) výsledná matica ako súčet dvoch matíc, vzdialenosť $d=1$, orientácia $\Phi=0$ a vzdialenosť $d=1$, orientácia $\Phi=\pi$, (c) matica, vzdialenosť $d=1$, orientácia $\Phi=3\pi/2$

Keďže oblasti objektu a pozadia sú pomerne homogénne, body nachádzajúce sa v ich vnútri budú prispievať predovšetkým k prvkom matice v blízkosti hlavnej diagonály. A opačne, body obrazu, ktoré sa nachádzajú na rozhraní medzi objektom a pozadím,

budú prispievať hlavne k prvkom matice ďalej od hlavnej diagonály. Potom matica M môže slúžiť na vytvorenie dvoch nových histogramov [HaSh73].

Histogram vytvorený z prvkov matice M v blízkosti hlavnej diagonály – oblasti T_1 a T_2 na Obr.6.5. - by mal mať hlboké údolie medzi úrovňami jasu objektu a pozadia. Histogram vytvorený zo zvyšných prvkov matice M – oblasti T_3 a T_4 na Obr.6.5. - by mal vykazovať ostrý vrchol niekde medzi úrovňami jasu objektu a pozadia.

Prahovú hodnotu potom určíme tam, kde sa údolie z prvého histogramu prekrýva s vrcholom druhého histogramu.



Obr. 6.5 Matica plošných šedotónových závislostí rozdelená prahovou hodnotou t na štyri neprekrývajúce sa submatice

Vieme, že kontrast je maximálny v tých miestach obrazu, kde sa stretávajú rôzne typy oblastí. Teda tie $T_{i,j}$, kde body s úrovňami jasu i a j ležia v rôznych typoch oblastí, zodpovedajú za maximálny kontrast a amplitúda kontrastu je párna funkcia rozdielu úrovni jasu $(i-j)$.

Pre danú hodnotu prahu t môžeme vyjadriť priemerný kontrast $C_p(t)$ na obrazový bod v prechodových oblastiach T_3 a T_4 ako

$$C_p(t) = \frac{\sum_{i=0}^t \sum_{j=t+1}^{u_{l-1}} (i-j)^2 \cdot T_{i,j}}{\sum_{i=0}^t \sum_{j=t+1}^{u_{l-1}} T_{i,j}} + \frac{\sum_{i=t+1}^{u_{l-1}} \sum_{j=0}^t (i-j)^2 \cdot T_{i,j}}{\sum_{i=t+1}^{u_{l-1}} \sum_{j=0}^t T_{i,j}} \quad \text{pre } t = (0, 1, \dots, u_{l-2}) \quad (6.23)$$

kde l je počet úrovni jasu obrazu, u_l je úroveň jasu s hodnotou l , $T_{i,j}$ sú jednotlivé hodnoty kookurenčnej matice, ktorá má rozmery $l \times l$.

Uvedená miera nepriamo počíta počet dvojíc bodov v hraničných oblastiach medzi objektom a pozadím. Sem môžeme zaradiť aj mieru vyjadrujúcu entropiu.

Metóda maximálnej entropie v matici plošných šedotónových závislostí

Metóda je založená na predpoklade, že entropia má lokálne maximá v miestach, kde sa skokovo mení hodnota jasu na obraze [TsSh93]. To znamená, že po prekročení takejto hodnoty úrovne jasu nastane pokles entropie.

Postup je nasledovný. Postupne počítame entropiu v oblasti T_1 , pričom oblasť postupne zväčšujeme od veľkosti 1×1 až po $l \times l$. Pokiaľ je oblasť T_1 homogénna, entropia monotónne narastá. Vo chvíli, keď nastane pokles entropie, znamená to, že sme porušili homogenitu oblasti. Zodpovedajúcu hodnotu jasu označíme za prah. Počet prahov, ktoré týmto postupom získame závisí od zvoleného kritéria, ktorým je veľkosť poklesu entropie.



Obr. 6.6. Lena: Segmentácia metódou maximálnej entropie v matici plošných šedotónových závislostí, 7 prahov, t.j. 8 úrovni jasu