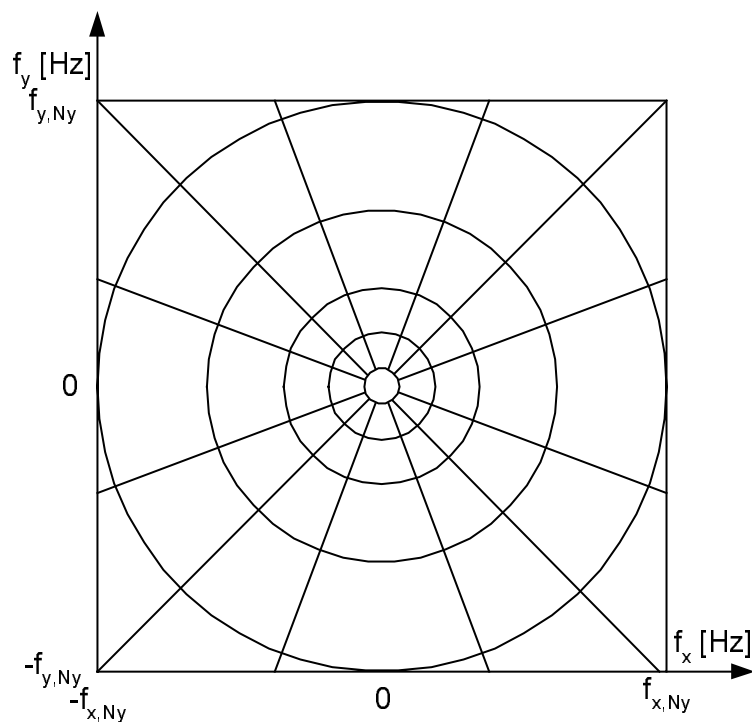


MODELOVÁNÍ SÍTNICE V PROGRAMOVÉM PROSTŘEDÍ MATLAB

Jaroslav Dušek

Katedra radioelektroniky, FEL ČVUT Praha

Pro modelování sítnicového procesu se vychází se z fyziologie oka. Oko má zhruba 120 miliónů světlo citlivých elementů [1,2]. Optický nerv má pak asi 1 milión nervových vláken. Což odpovídá kompresnímu poměru 1:120. Tedy na sítnicové úrovni již dochází k předzpracování obrazové informace do vhodného tvaru pro přenos do vyšších mozkových center. Vysvětlením a modelování procesu sítnicového zpracování obrazu se zabýval Watson [3], který předložil teorii transformační funkci mozkové kůry (CT- Cortex-Transform). Toto modelování vychází z teorie a praktických zkušeností s obrazovými testy. Kde se potvrdilo několik základních fyziologických vlastností očního systému. Především silná citlivost vizuálního systému člověka k detekci hran a některým pásmům obrazových frekvencí. Nejvíce v orientacích 0° a 90° . Co se týče frekvenčních pásem pak je zřejmá důležitost některých pásem. Mezi tyto frekvenční pásma patří základní pásmo se stejnosměrnou složkou jež nese především informaci o jasu scény. Dále jsou důležitá některá vyšší obrazová pásma, která reprezentují detaily. A to pouze ty které je optický systém oka přenést a zobrazit. Podle toho lze také usuzovat na důležitost některých frekvenčních pásem. Zkombinujeme-li frekvenční pásma s orientacemi dostáváme možný model sítnicového zpracování, které je možné implementovat jako banky frekvenčně-orientovaných selektivních filtrů viz obr.1 (frekvenční obrazová doména).



Obr. 1 Schéma banky obrazových filtrů simulujících funkci sítnice

Pro modelování je také důležité přihlédnout k útlumu optické části, který popisuje je podle Nilla [4]:

$$A(f) = (0,2 + 0,45f)e^{-0,18f}$$

Pro banku frekvenčních i orientovaných filtrů byly použity kosinové filtry. Přenosové charakteristiky frekvenční filtry byly navrženy jako oktávové filtry. Počet pásem $K=6$. Hraniční frekvence filtrů:

$$f_k = 2^{-k} \quad k = 1 \dots K - 1.$$

Šířka přechodového pásma filtrů:

$$\Delta f = \frac{2}{3} f_k \quad k = 1 \dots K - 1.$$

Pro základní pásmo byl zvolen Gaussovský filtr:

$$H_k(f) = e^{-(f^2/2\sigma^2)} \quad \text{pro } f < f_k + \frac{\Delta f}{2}$$

$$H_k(f) = 0 \quad \text{pro } f \geq f_k + \frac{\Delta f}{2}$$

$$f_k = 2^{-K+1} \quad \sigma = \frac{1}{3} \left(f_k + \frac{\Delta f}{2} \right)$$

Pro ostatní frekvenční pásma kosinové filtry:

$$H_k(f) = 0 \quad \text{pro } f < f_k - \frac{\Delta f}{2}$$

$$H_k(f) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos \left(\frac{\pi \left(f - f_k + \frac{\Delta f}{2} \right)}{\Delta f} \right) \quad \text{pro } f_k - \frac{\Delta f}{2} \leq f \leq f_k + \frac{\Delta f}{2}$$

$$H_k(f) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \left(\frac{\pi \left(f - f_k + \Delta f \right)}{2\Delta f} \right) \quad \text{pro } f_k - \Delta f \leq f \leq f_k + \Delta f$$

$$H_k(f) = 0 \quad \text{pro } f > f_k + \Delta f$$

Přenosové charakteristiky orientovaných filtrů byly navrženy pro $L=6$ orientací. Přičemž šířka přechodového pásma je:

$$\Delta \Theta = \frac{180}{L}$$

A střední orientace je:

$$\Theta_s(l) = (l-1) \cdot \Delta \Theta - 90 \quad \text{pro } l = 1 \dots L$$

Přenosové funkce orientovaného filtru je pak:

$$G_l(\Theta) = \frac{1}{2} \left(1 + \cos \left(\frac{\pi |\Theta - \Theta_s(l)|}{\Delta \Theta} \right) \right) \quad \text{pro } |\Theta - \Theta_m(l)| \leq \Delta \Theta$$

$$G_l(\Theta) = 0 \quad \text{pro } |\Theta - \Theta_m(l)| > \Delta \Theta$$

Výsledný vyfiltrovaný obraz v daném frekvenčním pásmu s danou orientací lze pak vypočítat:

$$o_{k,l}(x, y) = F^{-1} \{ F \{ i(x, y) \} \cdot H_k(f) \cdot G_l(\Theta) \cdot A(f) \}.$$

Tento model tedy celkově obsahuje 31 filtrů. Pro $L=6$ orientací a $K=6$ frekvenčních pásem by to bylo 36 ale v základním pásmu neuvažujeme orientaci tedy je jich 31 viz obr. 1. Příklad výsledku filtrovaného obrazu je na obr.2



Obr. 2a Originální obraz.



Obr. 2b Filtrovaný obraz pouze orientovaným filtrem 60° , $L=6$.



Obr. 2c Filtrovaný obraz pouze frekvenčním filtrem, $K=4$.



Obr. 2b Filtrovaný obraz frekvenčním a orientovaným filtrem, $L=6$, $K=4$.

pozn.: Obrazky 2c a 2d stejně upraveny přidáním jasů a kontrastu - z tiskových důvodů.

Takto navrhnoutou banku filtrů je možné využít např. jako součást modelu lidského vidění za účelem stanovení kvality obrazu. Jednotlivé filtry lze váhovat koeficienty získanými pomocí subjektivních obrazových testů, tak aby výsledky subjektivních testů a váhované banky filtrů byly korelované.

Tato práce byla podporována grantem GAČR No. 102/02/0133 a grantem MŠMT No. J04/98:212300014.

- [1] Kvapilíková K.: Anatomie a embryologie oka, Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1.vyd., 2000, Brno, s. 206
- [2] Syka J., Voldřich L., Vrabec F.: Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu, Vaicuum, Praha, 1981, s. 322.
- [3] Watson A. B.: The cortex transform: Rapid Computation of Simulated Neural Images. Computer Vision, Graphics and Image Processing 39, 1987, s. 311-327
- [4] Nill n. B.: A visual model weighted cosine transform for image compression and quality assessment. IEEE Transactions on Communications 33 (1985), s. 551-557