

VPLYV APLIKÁCIE PRIESTOROVÝCH FILTROV NA KVALITU STATICKÉHO OBRAZU

B. Babušiak

VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra měřicí a řídicí techniky

Abstrakt

Filtrovanie obrazu je jedným zo spôsobov, ktorým sa dá zmeniť kvalita obrazu a zvýrazniť alebo potlačiť určité charakteristické črty v obraze. Dosiahnuť želaný efekt v statickom obraze je prevažne experimentálnou záležitosťou. Za týmto účelom bola v programovom prostredí MATLAB vytvorená veľmi názorná aplikácia, ktorá umožňuje na základe interaktívne zadaných parametrov priestorového filtra zobrazit' výstupný obraz a ďalšou postupnou zmenou týchto parametrov dosiahnuť požadovaný efekt.

1 Definícia diskkrétnej dvojzomernej Fourierovej transformácie

Ak $f(m,n)$ je funkcia dvoch priestorových premenných m a n , potom dvojzozmerná diskrétna Fourierova transformácia funkcie $f(m,n)$ je definovaná nasledujúcim vzťahom

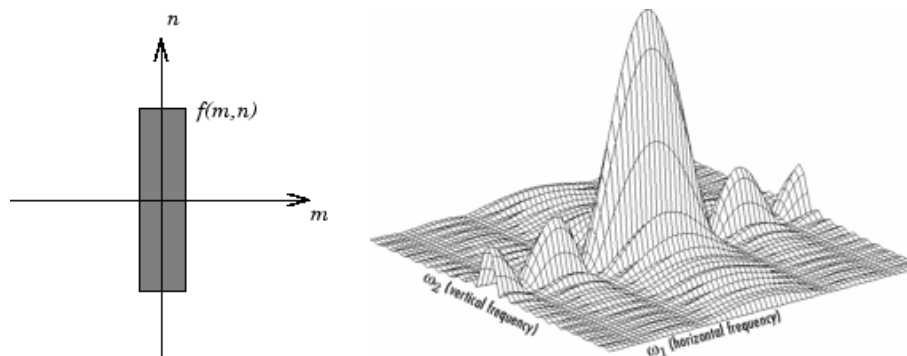
$$F(p,q) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m,n) e^{-j(2\pi/M)pm} e^{-j(2\pi/N)qn} \quad \begin{matrix} p = 0, 1, \dots, M-1 \\ q = 0, 1, \dots, N-1 \end{matrix}$$

Diskrétna funkcia $f(m,n)$ je definovaná iba na konečnom intervale $0 \leq m \leq M-1$ a $0 \leq n \leq N-1$. Premenné p a q sú frekvenčné premenné (priestorové). $F(p,q)$ sa často nazýva reprezentáciou $f(m,n)$ vo frekvenčnej oblasti. $F(p,q)$ je komplexná funkcia, ktorá je periodická. Vzhľadom na periodicitu sa zvyčajne zobrazuje iba rozsah do hodnoty $M/2$ a $N/2$. $F(0,0)$ je sumou všetkých hodnôt $f(m,n)$. Z tohto dôvodu sa $F(0,0)$ nazýva konštantná zložka alebo jednosmerná zložka Fourierovej transformácie. Inverzná transformácia je operácia, ktorú keď aplikujeme na transformovaný obraz získame obraz pôvodný (originálny). Inverzná dvojzozmerná Fourierova transformácia je definovaná vzťahom

$$f(m,n) = \frac{1}{MN} \sum_{p=0}^{M-1} \sum_{q=0}^{N-1} F(p,q) e^{j(2\pi/M)pm} e^{j(2\pi/N)qn} \quad \begin{matrix} m = 0, 1, \dots, M-1 \\ n = 0, 1, \dots, N-1 \end{matrix}$$

2 Vizualizácia Fourierovej transformácie

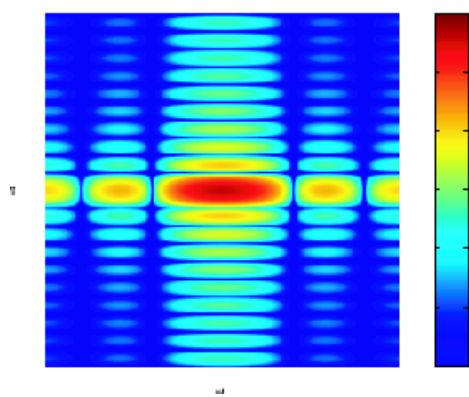
Na ilustráciu môžeme použiť funkciu $f(m,n)$, ktorej hodnota je rovná 1 vo vnútri obdĺžnikovej oblasti a rovná hodnote 0 kdekoli inde (obr. 1).



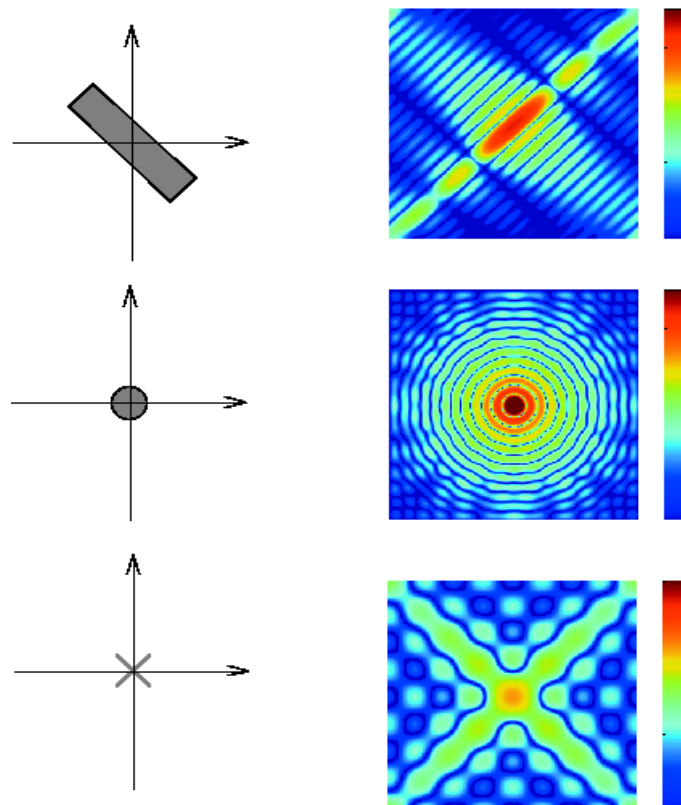
Obrázok 1: Čierny obdĺžnik opísaný funkciou $f(m,n)$ a jeho spektrum (vpravo)

Na obr. 1 je znázornená amplitúda $|F(\omega_1, \omega_2)|$ Fourierovej transformácie obdĺžnikovej funkcie zobrazenej vľavo. Zobrazenie amplitúdy je hlavným spôsobom ako vizualizovať Fourierovu transformáciu. Amplitúdová špička v strede zobrazenia reprezentuje zložku $F(0,0)$, ktorá je sumou všetkých hodnôt funkcie $f(m,n)$. Na zobrazení je možné vidieť, že $F(\omega_1, \omega_2)$ má vyššiu energiu na horizontálnych frekvenciách ako na vertikálnych. To je spôsobené skutočnosťou, že horizontálny rozmer funkcie $f(m,n)$ sú úzke vlny, a naopak vertikálny rozmer funkcie sú široké vlny. Úzke vlny majú vyššiu frekvenciu ako široké vlny.

Ďalším spôsobom ako vizualizovať Fourierovu transformáciu je zobraziť logaritmus koeficientov Fourierovej transformácie $\log|F(\omega_1, \omega_2)|$ v rovine s farebne odstupňovanou amplitúdou spektra. Použitie logaritmu pomáha zvýrazniť detaily Fourierovej transformácie v oblastiach, kde $F(\omega_1, \omega_2)$ je veľmi blízka nule.



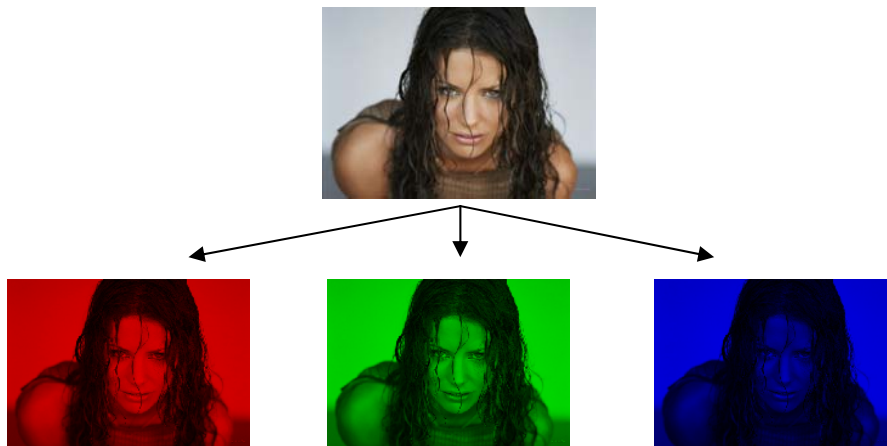
Obrázok 2: Logaritmus koeficientov Fourierovej transformácie obdĺžnikovej funkcie $f(m,n)$



Obrázok 3: Fourierova transformácia ďalších jednoduchých tvarov

3 Postup pri filtrovaní farebného obrazu (24 bit)

- a.) Rozloženie farebného obrazu na jednotlivé farebné vrstvy - červenú (Red), zelenú (Green) a modrú (Blue). Na každú farebnú vrstvu pripadá 8 bitov, čo je 256 jasových úrovní.



Obrázok 4: Rozklad farebného obrazu na jednotlivé farebné vrstvy R, G, B

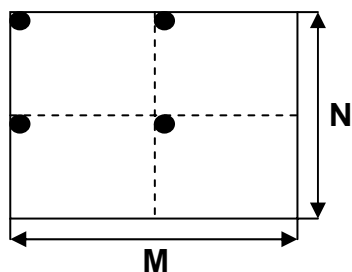
- b.) Aplikácia dvojrozmernej diskkrétnej Fourierovej transformácie (ďalej 2-D DFT) pre každú farebnú vrstvu

Rozmery obrázka: $512 \times 384 \Rightarrow M=512, N=384$

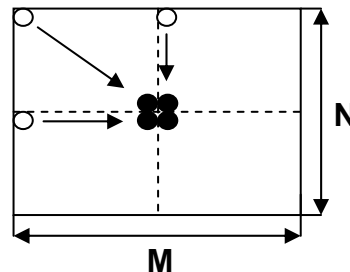
Výpočet 2-D DFT podľa vzťahu

$$F(p, q) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) e^{-j(2\pi/M)pm} e^{-j(2\pi/N)qn} \quad \begin{matrix} p = 0, 1, \dots, M-1 \\ q = 0, 1, \dots, N-1 \end{matrix}$$

Bezprostredne po aplikácii Fourierovej transformácie sa koeficienty $F(0,0)$ zodpovedajúce konštantnej (“jednosmernej”) zložke usporiadajú do horného ľavého rohu podmatíc (obr. 5), ktoré sú symetrické podľa $M/2$ a $N/2$. “Jednosmerná” zložka je na obrázkoch 5 a 6 reprezentovaná čiernym kruhom. Pred zobrazením koeficientov DFT v priestore je vhodné umiestniť “jednosmernú” zložku do stredu spektra ako je to uvedené na obrázku 6.



Obrázok 5: Spôsob umiestnenia spektrálnych zložiek po 2-D DFT

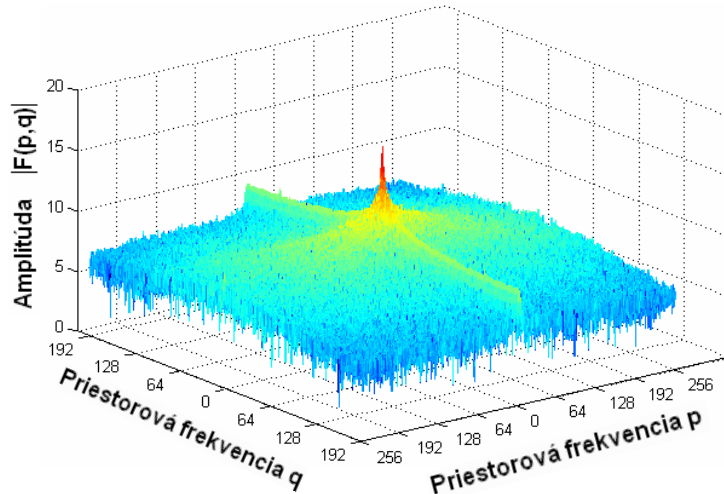


Obrázok 6: Začiatok spektra je umiestnený do centra. Frekvencia narastá smerom od stredu.

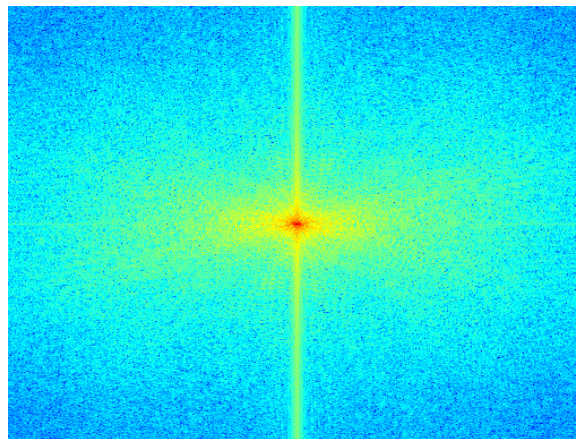
c.) Vizualizácia Fourierovej transformácie v priestore a v rovine

Koeficienty Fourierovej transformácie $F(p,q)$ sú komplexné čísla. Na zobrazenie amplitúdy koeficientov Fourierovej transformácie v priestore je potrebné vypočítať absolútnu hodnotu koeficientov:

$$|F(p,q)| = \sqrt{\text{Re}\{F(p,q)\}^2 + \text{Im}\{F(p,q)\}^2}$$



Obrázok 7: Zobrazenie Fourierovej transformácie v priestore pre červenú vrstvu R



Obrázok 8: Zobrazenie Fourierovej transformácie v rovine pre červenú vrstvu R

d.) Filtrovanie obrazu podľa zvoleného typu filtra

Filtrovanie obrazu je realizované vynásobením koeficientov frekvenčného spektra obrazu s koeficientmi filtra príslušného typu a následným aplikovaním inverznej transformácie k získaniu výsledného filtrovaného obrazu.

Proces filtrovania môžeme znázorniť rovnicou

$$I_{FIL}(m,n) = T^{-1}[T(p,q) \cdot H(p,q)]$$

kde $I_{FIL}(m,n)$ je filtrovaný obraz, $H(p,q)$ je prenosová funkcia filtra, $T(p,q)$ je transformovaný obraz (spektrum), $T^{-1}[\]$ predstavuje inverznú 2-D DFT.

Vynásobenie $T(p, q) \cdot H(p, q)$ je uskutočnené metódou bod-po-bode. Takže, $T(0,0)$ je vynásobený s $H(0,0)$, potom $T(0,1)$ je vynásobené s $H(0,1)$...atď. Výsledné produkty sú umiestnené do matice na rovnakú (m,n) pozíciu.

e.) Spätná 2-D DFT po aplikácii filtra pre každú farebnú vrstvu

Výpočet koeficientov $f(m,n)$ spätnou DFT podľa definičného vzťahu

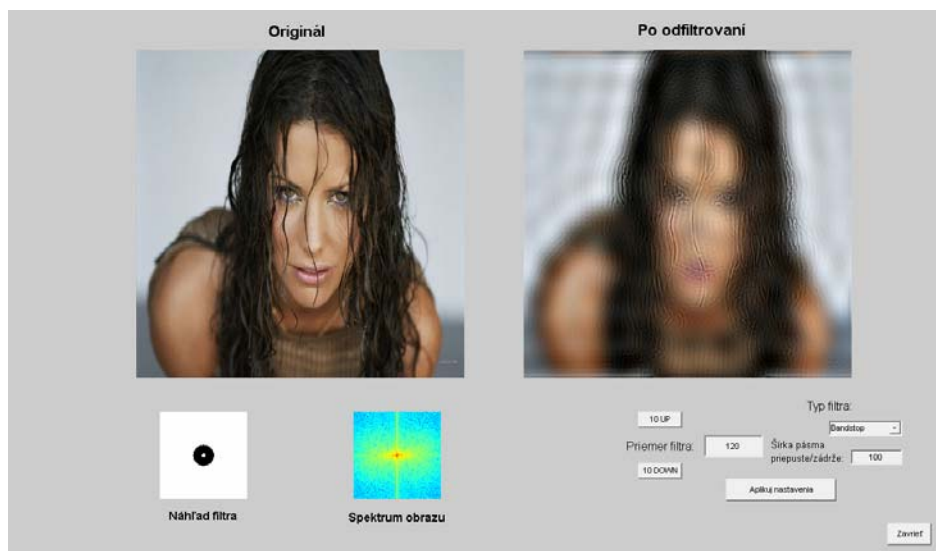
$$f(m,n) = \frac{1}{MN} \sum_{p=0}^{M-1} \sum_{q=0}^{N-1} F(p,q) e^{j(2\pi/M)pm} e^{j(2\pi/N)qn} \quad \begin{matrix} m = 0, 1, \dots, M-1 \\ n = 0, 1, \dots, N-1 \end{matrix}$$

f.) Zlúčenie zrekonštruovaných vrstiev R, G, B do farebného obrazu

Zlúčenie červenej, zelenej a modrej vrstvy (každá má osem bitov) do farebného obrazu (24-bit).

4 Aplikácia na filtrovanie obrazu v prostredí MATLAB

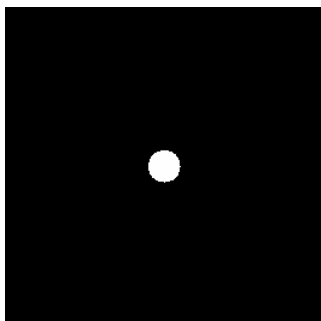
Vyššie opísaný postup filtrovania obrazu pomocou 2D-DFT som implementoval do aplikácie, ktorá bola vytvorená v programovom prostredí MATLAB. Aplikácia umožňuje podľa interaktívne zadaných parametrov pozorovať vplyv použitého filtra na obrázok. Plynulou zmenou parametrov filtra s následným zobrazením obrázku po odfiltrovaní je možné pomerne rýchlo dosiahnuť požadovaný efekt. Vzhľad aplikácie je zobrazený na obrázku 9. Pri filtrovaní obrazu je možné si vybrať z nasledujúcich typov filtra: dolná priepusť, horná priepusť, pásmová priepusť a pásmová zádrž.



Obrázok 9: Aplikácia na filtrovanie obrazu v prostredí MATLAB. Zobrazený je originálny obraz a vedľa obraz po aplikácii filtra podľa zadaných parametrov. Na obrázok bol použitý filter typu pásmová zádrž, ktorý zvyrazňuje ostré prechody a spôsobuje splývanie plôch s podobnou jasovou úrovňou.

5 Ukážky jednotlivých typov filtrov

a.) aplikácia 2-D filtra typu dolná priepusť



Obr. 10 a: 2-D ideálny dolnopriepustný filter. Biela plocha je priepustné pásmo, čierna je nepriepustné pásmo.

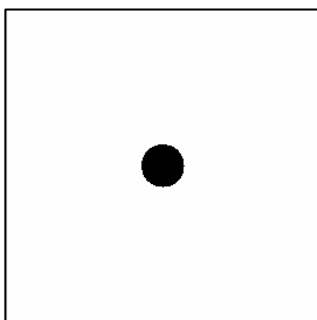


Obr. 10 b: Filtrovaný obraz s použitím ideálneho dolnopriepustného filtra.

Efekt: spĺyvanie plôch s podobnou jasovou úrovňou

Použitie: využíva sa na rozmazanie obrazu (blur)

b.) aplikácia 2-D filtra typu horná priepusť



Obr. 11 a: 2-D ideálny hornopriepustný filter. Biela plocha je priepustné pásmo, čierna je nepriepustné pásmo.



Obr. 11 b: Filtrovaný obraz s použitím ideálneho hornopriepustného filtra.

Použitie: zvyrazňovanie hrán, využíva na zaostrenie obrazu (sharpen)

c.) aplikácia 2-D filtra typu pásmová priepusť



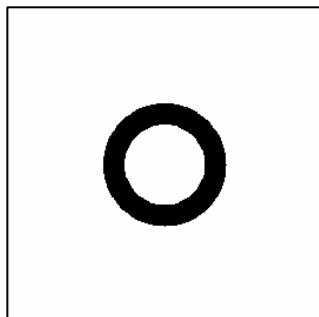
Obr. 12 a: 2-D ideálny filter pásmová priepusť. Biela plocha je priepustné pásmo, čierna je nepriepustné pásmo.



Obr. 12 b: Filtrovaný obraz s použitím ideálneho filtra pásmová priepusť.

Použitie: zvyrazňovanie malých plôch, detekcia plôch s určitou jasovou úrovňou

d.) aplikácia 2-D filtra typu pásmová zádrž



Obr. 13 a: 2-D ideálny filter pásmová zádrž. Biela plocha je priepustné pásmo, čierna je nepriepustné pásmo.



Obr. 13 b: Filtrovaný obraz s použitím ideálneho filtra pásmová zádrž.

Použitie: rozmazávanie malých plôch, splývanie plôch s podobnou jasovou úrovňou

Podpora projektu

Práca na projekte a príspevku bola podporovaná grantom Biomedicínske inženýrske systémy III – 2007, Interní grantová agentúra, označení: BI 4557021

Literatúra

- [1] Scott E Umbaugh: Computer vision and image processing, Prentice-Hall NJ, 1999
- [2] MATLAB Image Processing Toolbox:
<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/>
- [3] Hrianka, M.: Spracovanie a analýza obrazu, skriptá, Žilinská Univerzita v Žiline, 2004

Branko Babušiak

Adresa:

Katedra mēřicí a řídící techniky

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Vysoká škola báňská - Technická universita Ostrava

tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba

Czech Republic

E-mail:

branko.babusiak@vsb.cz