

4.6. Homomorfná filtrácia

Ak je obraz so širokým dynamickým rozsahom hodnôt (napr. prírodná scéna počas slnečného dňa) zaznamenaný na médium s malým dynamickým rozsahom (napr. film, alebo papier), kontrast obrazu je značne znížený, a to hlavne v tmavých a jasných oblastiach. Jednou možnosťou ako vylepšiť obraz, je znížiť jeho dynamický rozsah a zvýšiť jeho lokálnu prioritu kontrastu, čím sa umožní záznam na médium s malým dynamickým rozsahom.

Jedna metóda vyvinutá pre znižovanie dynamického rozsahu a zvyšovanie lokálneho kontrastu je založená na aplikovaní homomorfného systému pre násobenie do modelu formovania obrazu. Obraz objektu je vytváraný zachytávaním svetla odrazeného od objektu, ktorý bol osvetlený nejakým zdrojom svetla. Jednoduchý model obrazu preto môžeme vyjadriť:

$$f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y) \quad (4.12)$$

kde $i(x, y)$ reprezentuje osvetlenie objektu od zdroja (illumination) a $r(x, y)$ reprezentuje svetlo odrazené od objektu (reflectance). Pri vývoji homomorfných systémov pre zlepšenie obrazu je osvetlenie $i(x, y)$ považované za hlavného prispievateľa do dynamického rozsahu obrazu – predpokladáme, že sa mení pomaly, kým odraz $r(x, y)$ je považovaný za primárneho prispievateľa k lokálnemu kontrastu – mení sa rýchlo. Aplikovaním logaritmickej operácie dosiahneme oddelenie $i(x, y)$ od $r(x, y)$:

$$z(x, y) = \ln f(x, y) = \ln i(x, y) + \ln r(x, y) \quad (4.13)$$

potom použitím Fourierovej transformácie dostaneme

$$\mathfrak{F}\{z(x, y)\} = \mathfrak{F}\{\ln f(x, y)\} = \mathfrak{F}\{\ln i(x, y)\} + \mathfrak{F}\{\ln r(x, y)\} \quad (4.14)$$

alebo

$$Z(u, v) = I(u, v) + R(u, v) \quad (4.15)$$

kde $I(u, v)$ a $R(u, v)$ sú Fourierove transformácie $\ln i(x, y)$ a $\ln r(x, y)$.

Ak upravíme $Z(u, v)$ pomocou funkcie filtra $H(u, v)$ dostaneme nasledovnú rovnicu

$$S(u, v) = H(u, v) \cdot Z(u, v) = H(u, v) \cdot I(u, v) + H(u, v) \cdot R(u, v) \quad (4.16)$$

kde $S(u, v)$ je Fourierová transformácia výsledného obrazu.

Pre priestorovú oblasť dostávame vzťah

$$s(x, y) = \mathfrak{F}^{-1}\{S(u, v)\} = \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v).I(u, v)\} + \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v).R(u, v)\} \quad (4.17)$$

kde

$$\begin{aligned} i'(x, y) &= \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v).I(u, v)\} \\ r'(x, y) &= \mathfrak{F}^{-1}\{H(u, v).R(u, v)\} \end{aligned} \quad (4.18)$$

potom vzťah 1.11 môžeme prepísať do tvaru

$$s(x, y) = i'(x, y) + r'(x, y) \quad (4.19)$$

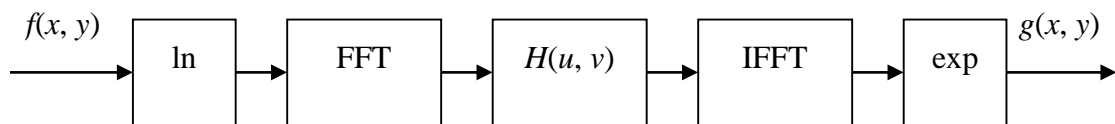
Nakoniec, použitím exponenciálnej funkcie dostaneme upravený požadovaný výsledný obraz $g(x, y)$:

$$g(x, y) = \exp\{s(x, y)\} = \exp\{i'(x, y)\} \cdot \exp\{r'(x, y)\} = i_0(x, y) \cdot r_0(x, y) \quad (4.20)$$

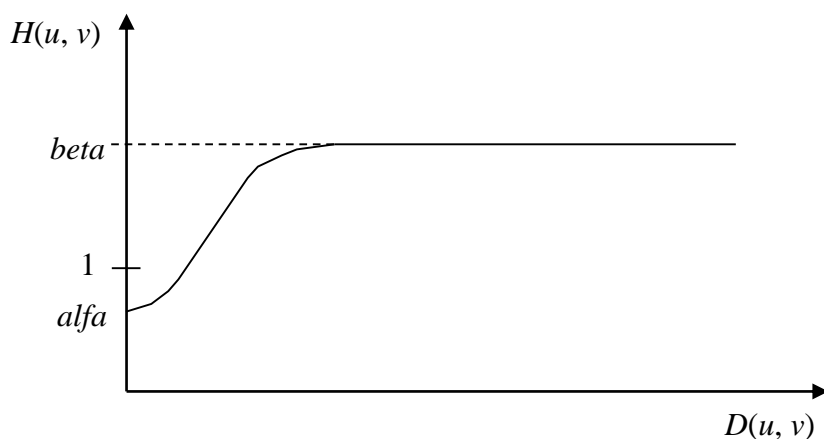
kde

$$\begin{aligned} i_0(x, y) &= \exp\{i'(x, y)\} \\ r_0(x, y) &= \exp\{r'(x, y)\} \end{aligned} \quad (4.21)$$

reprezentujú osvetlenie objektu od zdroja a svetlo odrazené od objektu výsledného obrazu. Bloková schéma homomorfného filtra je znázornená na obrázku 4.23. Priebeh homomorfného filtra $H(u, v)$ je znázornený na obrázku 4.24. Z priebehu funkcie filtra vidieť, že $\mathfrak{F}\{\ln i(x, y)\}$ utlmíme z dôvodu zníženia dynamického rozsahu a $\mathfrak{F}\{\ln r(x, y)\}$ zvýrazníme pre zvýšenie lokálneho kontrastu. V navrhovanom programe si môžeme meniť hodnoty parametrov *alfa* a *beta*. Užívateľ si tiež môže v programe vybrať z troch typov homomorfných funkcií filtra $H(u, v)$.



Obr. 4.23 Bloková schéma homomorfného filtra



Obr. 4.24 Priebeh homomorfnjej funkcie filtra $H(u, v)$. $D(u, v)$ je vzdialenosť od počiatku súradnicového systému (Obr. 4.11, kap. 4.4).

Nech rozmer obrázka pre homomorfnú filtráciu je $M \times M$ a stred obrázka je daný súradnicou $(M/2, M/2)$, potom $D(u, v)$ vypočítame podľa vzťahu

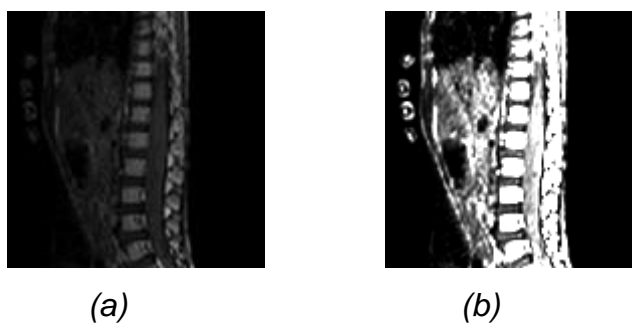
$$D(u, v) = \sqrt{(u - M/2)^2 + (v - M/2)^2} \quad (4.22)$$

$D(u, v)$ reprezentuje vzdialenosť obrazových bodov od stredu obrazu.

Dolnopriepustný filter prepočítame na hornopriepustný filter použitím jednoduchého vzťahu

$$H_{hp}(u, v) = 1 - H_{lp}(u, v) \quad (4.23)$$

Funkčné hodnoty $H_{hp}(u, v)$, ktoré sú z intervalu $(0, 1)$ prepočítame na interval $(alfa, beta)$. Takto upravenú funkciu filtra $H_{hp}(u, v)$ použijeme na výpočet $S(u, v)$ vo vzorci 4.22. Na obrázku 4.25 je znázornený príklad k homomorfnjej filtrácii.

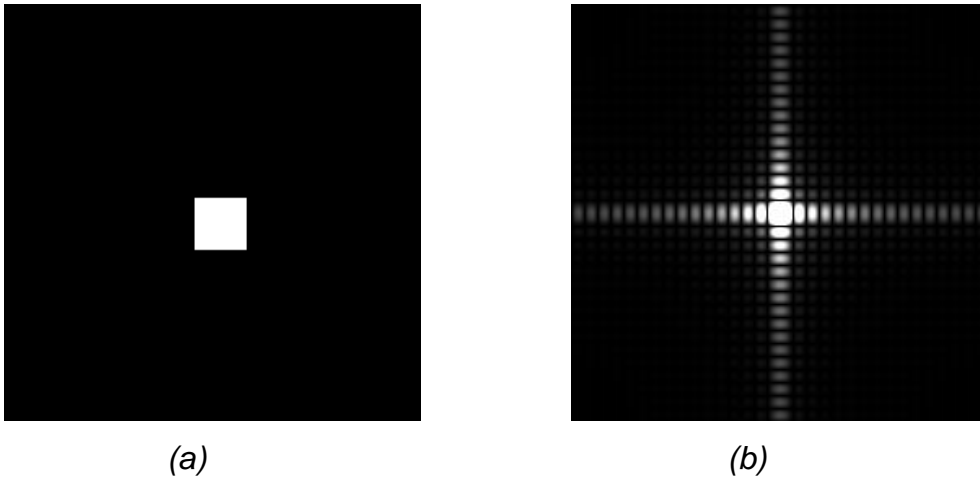


Obr. 4.25 (a) Originálny obraz 128×128 . (b) Obraz po použití homomorfnjej filtrácie, Butterworthov filter.

Programová aplikácia umožňuje zobrazíť spektrum vybraného obrazu. Na výpočet spektra sa používa rýchla Fourierova transformácia po riadkoch a stĺpcoch. Vzťahy pre výpočet priamej a spätnej diskkrétnej Fourierovej transformácie sú

$$\begin{aligned} X(k) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot k \cdot n} \\ x(n) &= \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \cdot e^{j \cdot \frac{2\pi}{N} \cdot k \cdot n} \end{aligned} \quad (4.24)$$

Príklad zobrazenia spektra je na obrázku 4.26:



Obr. 4.26 (a) Originálny obraz. (b) Spektrum obrazu.