

# TEXTURE ANALYSIS USING GABOR FILTERS

Petr CHMELAŘ, Master Degree Programme (4)  
Dept. of Information Systems, FIT, BUT  
E-mail: xchmel04@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Martin Heckel

## ABSTRACT

This paper describes an analysis of texture for similarity based search and retrieval of image data. The image is filtered with a bank of orientation and scale tuned Gabor filters, as described in MPEG-7. The energy and energy deviation in a set of frequency channels are then used as the components of the texture descriptor and saved in a database.

## 1 ÚVOD

Homogenní textura se jeví jako důležitá vizuální vlastnost pro vyhledávání a prohlížení velkých obrazových databází. Libovolný obraz lze považovat za mozaiku homogenních textur, jejichž vlastnosti lze využít pro indexaci obrazových dat. Například prohledáváním databáze leteckých snímků můžeme specifikovat nejen smrkové lesy, ale dokonce identifikovat oblasti, které jsou napadeny kůrovcem. Popis je proveden pomocí vektoru rysů osahující 62 čísel, jak je popsáno v normě ISO/IEC MPEG-7 – Multimedia Content Descriptor Interface – rozhraní pro popis obsahu multimedií, vytvořené skupinou MPEG.

Obrázek je filtrován množinou Gaborových filtrů s různými orientacemi a měřítky. Energie a její směrodatná odchylka v jednotlivých frekvenčních oblastech se poté použijí jako komponenty deskriptoru textury. Množství použitých filtrů je  $5 \cdot 6 = 30$ , kde 5 je počet měřítek a 6 počet orientací. Tímto docílíme precizní popis textury, který je možné použít pro přesné vyhledávání a získávání informací z obrazových databází.

## 2 GABOROVY FILTRY

### 2.1 VYTVOŘENÍ BANKY FILTRŮ

Frekvenční prostor, ze kterého jsou vlastnosti textury v obraze získávány, je rozdělen do 6 pravidelných  $\pi/6$  ( $30^\circ$ ) výsečí v polárních souřadnicích a s rostoucí vzdáleností od středu zvětšujících se pásem. Prostor je normalizován, radiální frekvence  $\omega \in \langle 0, 1 \rangle$ , úhlové frekvence  $\theta \in \langle 0, 2\pi \rangle$ . Jejich dělení lze zapsat jako  $\theta_r = \pi/6 \cdot r$ , kde  $r \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  je úhlový index. Šířka každé z těchto oblastí je potom také  $\pi/6$ .

V radiálním směru, od počátku k okraji, jsou středové frekvence rozděleny do 5 měřítek v oktávové stupnici:  $\omega_s = \omega_0 \cdot 2^{-s}$ , kde  $s \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$  je radiální index a  $\omega_0$  nejvyšší středová frekvence specifikovaná 3/4. Oktávová šířka pásma je zde  $B_s = B_0 \cdot B^{-s}$ ,  $B_0$  je 1/2 největší šířky pásma. Na tyto kanály aplikujeme Gaborův filtr v polárních souřadnicích frekvenční oblasti:

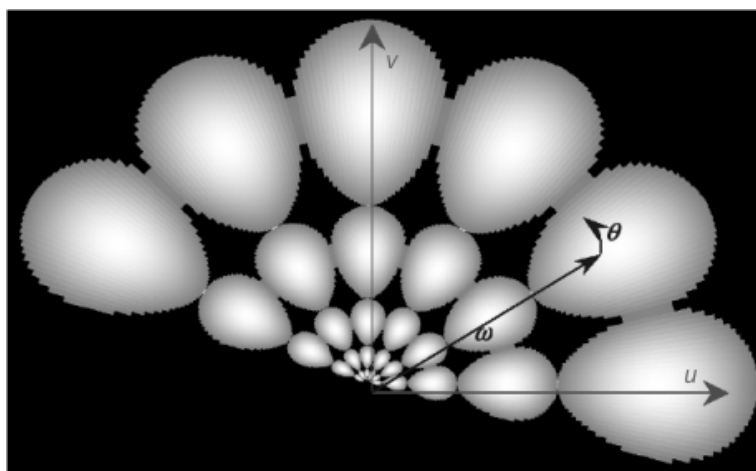
$$G_{P_{s,r}}(\omega, \theta) = \exp\left[\frac{-(\omega - \omega_s)^2}{2\sigma_{\omega_s}^2}\right] \cdot \exp\left[\frac{-(\theta - \theta_r)^2}{2\sigma_{\theta_r}^2}\right] \quad (1)$$

Standardní odchylky (velikosti) jednotlivých filtrů stanovíme tak, aby se dotýkaly na 1/2 svého maxima. Pro úhlovou orientaci se jedná o konstantní hodnotu  $\sigma_{\theta_r} = \pi/12/\sqrt{2\ln(2)}$ . Pro radiální směr závisí odchylky na šířce pásma - vzorec (2), následovaný ilustrací Tab. 1:

$$\sigma_{\omega_s} = \frac{B_s}{\sqrt{2\ln(2)}} \quad (2)$$

**Tab. 1:** Parametry oktávové stupnice filtru v radiálním směru

$s$	0	1	2	3	4
$\omega_s$	3/4	3/8	3/16	3/32	3/64
$B_s$	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32
$\sigma_{\omega_s}$	$1/4\sqrt{2\ln(2)}$	$1/8\sqrt{2\ln(2)}$	$1/16\sqrt{2\ln(2)}$	$1/32\sqrt{2\ln(2)}$	$1/64\sqrt{2\ln(2)}$



**Obr. 1:** 5 · 6 Gaborových filtrů ve frekvenční rovině

## 2.2 FILTRACE A ZÍSKÁNÍ KOEFICIENTŮ DESKRIPTORU

Filtrace obrazu je provedena násobením obrazu transformovaného pomocí 2D diskretní Fourierovy transformace v polárních souřadnicích  $F(\omega, \theta)$  a každým filtrem z banky, čímž získáme koeficient  $p_i$  (3), kde  $i=6 \cdot s+r+1$ , který ještě normujeme logaritmem  $e_i = \log_{10}[1 + p_i]$ .

$$p_i = \int_{\omega=0}^1 \int_{\theta=0}^{2\pi} [G_{P_{s,r}}(\omega, \theta) \cdot P(\omega, \theta)]^2 \quad (3)$$

Nultý koeficient  $e_i$  reprezentuje energii (střední hodnotu) 2D DFT vstupního obrazu. Dalších 31 koeficientů můžeme získat pomocí směrodatné odchylky energií obdobně.

### 2.3 VYHLEDÁVÁNÍ V OBRAZOVÝCH DATABÁZÍCH

Pro experimentální vyhledávání je použito album textur P. Brodatze [5]. Obrázky velikosti 512×512 jsou rozděleny na 16 nepřekrývajících se oblastí velikosti 128×128 a pro každou provedena analýza s výsledným vektorem  $v$  obsahující 62 hodnot, který uložíme do databáze. Při vyhledávání libovolné části textury s deskriptorem  $v_1$  spočítáme pro všechny fragmenty  $v_2$  v databázi vzdálenost od hledaného obrázku takto:

$$D(v_1, v_2) = \sum_i d_i(v_1, v_2), \text{ kde } d_i(v_1, v_2) = \left| \frac{v_1[i] - v_2[i]}{\alpha(i)} \right| \quad (4)$$

zde  $\alpha(i)$  je střední odchylka hodnot na pozici  $i$  v celé databázi.

Po zhodnocení počtu nalezených zbylých fragmentů původní textury  $f_1$  v 16 nejbližších, stanovíme úspěšnost hledání jako poměr:  $f_1/16$ .

## 3 ZÁVĚR

Bylo experimentálně prokázáno [2], že nejlepších výsledků pro analýzu textury se dosahuje právě využitím Gaborových filtrů. Jejich síla je zejména ve schopnosti zachytit rysy v různých směrech a velikostech frekvenční charakteristiky. Metoda je nejcitlivější na nízké frekvence v blízkosti středu obrazu, což odpovídá i lidskému vnímání.

Teoretických využití této metody v technické praxi je nespočet, přesto věřím, že její hlavní přínos leží v budoucnosti a to nejen proto, že byla vybrána pro normu MPEG-7, která sice přesně definuje jak má popis multimediálních dat vypadat, ale její implementace je stále ve stádiu vývoje.

## LITERATURA

- [1] Yong, M. R., Munchurl, K., Ho, K. K., Manjunath, B. S., Jinwood, K.: MPEG-7 Homogenous Texture Descriptor, June 2001, ETRI Journal, Volume 23, Number 2
- [2] Manjunath, B. S., Ma, W. Y.: Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data, August 1996, IEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 18, No. 8
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N4358: Information technology – Multimedia content description interface – Part 3: Visual, July 2001 (Sydney)
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11N5525: MPEG-7 Overview, March 2003, Pattaya
- [5] Brodatz, P.: Textures: a photographic album for artists and designers, 1966, Dover Publications Inc. 1966, ISBN 0-40699-7
- [6] Heckel, M.: Vyhledávání v obrazových datech podle obsahu, 2001, Brno