

Izlučivanje značajki lica Gaborovim filterom

Tomislav Reicher Krešimir Antolić Igor Belša
Marko Ivanković Ivan Krišto Maja Legac
Tomislav Novak

26. listopada 2009.

Sadržaj

1	Uvod	2
2	Dizajn Gaborovog filtera	3
3	Utjecaj pojedinih parametara	4
3.1	Valna duljina (λ)	4
3.2	Orijentacija (θ)	5
3.3	Fazni pomak (φ)	5
3.4	Omjer dimenzija (γ)	6
3.5	Širina filtera (b)	6
4	Izlučivanje značajki pomoću gaborovog filtera	8
5	Klasifikacija	9
6	Zaključak	10

1 Uvod

Raspoznavanje uzoraka je znanstvena disciplina iz područja računarskih znanosti čiji je cilj klasifikacija ili razvrstavanje objekata u jedan od brojnih razreda ili klasa. Iako su područja uporabe brojna u ovom radu koncentracija je na raspoznavanju vizulanih uzoraka. Točnije, radi se o raspoznavanju lica.

Raspoznavanje lica uključuje računalno prepoznavanje indentiteta na temelju značajki dobivenih obradom slika lica. Iako ljudima lak zadatak, prepoznavanje lica i njihova klasifikacija je veoma zahtjevan posao za računalno. Zadatak postaje tim zahtjevniji ako su lica slikana pod različitim osvjetljenjem, različitim kutovima ili ako osobe na slikama nemaju uvijek isti izraz lica.

Kao osnovna motivacija za korištenje Gaborovog filtera za izlučivanje značajki je veza sa biološkim osobinama vida kod sisavaca čiji su receptori osjetljivi na orijentaciju te imaju karakteristične prostorne frekvencije. Gaborov filter može iskoristiti vizualne osobine kao što su lokalizacija prostora, selekcija orijentacije i karakteristike prostorne frekvencije (Bhuiyan and Liu, 2007).

U 2. odjeljku prikazan je matematički model dvodimenzionalnog Gaborovog filtra, 3. odjeljak navodi objašnjenja pojedinih parametara i njihov utjecaj na krajnji rezultat, u 4. odjeljku objašnjen je način izvlačenja značajki, u 5. odjeljku su opisani daljni koraci u raspoznavanju lica, a zaključak je dan u 6. odjeljku.

2 Dizajn Gaborovog filtera

Dvodimenzionalna Gaborova funkcija dana je kao (Petkov and Wieling, 2008):

$$g_{\lambda, \theta, \varphi, \sigma, \gamma}(x, y) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \varphi\right), \quad (1)$$

pri čemu su

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta + y \sin \theta, \\ y' &= -x \sin \theta + y \cos \theta. \end{aligned}$$

Frekvencija i odabir orijentacije Gaborovog filtra su izražajnije u domeni frekvencijskog prikaza predstavljenog Gaborovom funkcijom (2) koja određuje koliko filter utječe na svaku frekvencijsku komponentu ulazne slike.

$$G(u, v) = \exp\left(-\frac{(u - u_0)^2 + (v - v_0)^2}{2\sigma_{uv}^2}\right) - \exp\left(-\frac{r_0^2}{2\sigma_{uv}^2}\right), \quad (2)$$

$$\sigma_{uv} = \frac{1}{2\pi\sigma_{xy}}. \quad (3)$$

Parametri (u_0, v_0) definiraju prostornu frekvenciju sinusoidalnog vala u ravnini koji također može biti izražen polarnim koordinatama kao radialna frekvencija r_0 i orijentacija θ :

$$r_0^2 = u_0^2 + v_0^2, \quad (4)$$

$$\tan \theta = \frac{v_0}{u_0}. \quad (5)$$

Osobina Gaborovog filtera definirana je radijalnom frekvencijom r_0 , orijentacijom i širinom filtera.

Ako je svrha filtera izlučivanje značajki lica, zanimaju nas četiri orijentacije (Huang et al., 2005):

$$\theta_k = \frac{\pi(k-1)}{4}, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (6)$$

Orijentacije se odnose na oblu konturu lica, oči i usta koji se nalaze u skoro horizontalnoj ravnini, te nos koji je u vertikalnoj ravnini.

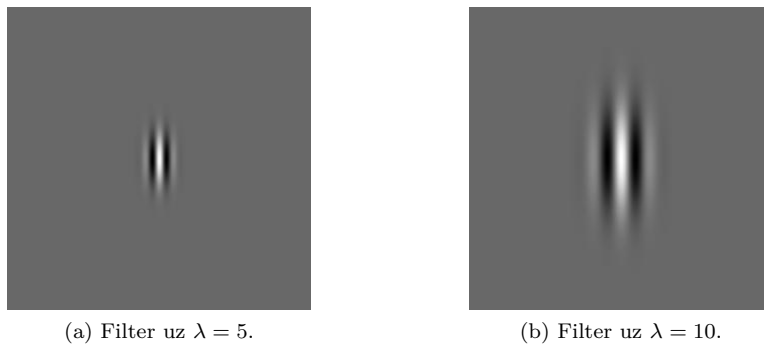
3 Utjecaj pojedinih parametara

Gaborov filter definiraju valna duljina (λ), orijentacija (θ), fazni pomak (φ), omjer dimenzija (engl. *aspect ratio*) (γ) i širina filtera (engl. *bandwidth*) (b) (Petkov and Wieling, 2008).

3.1 Valna duljina (λ)

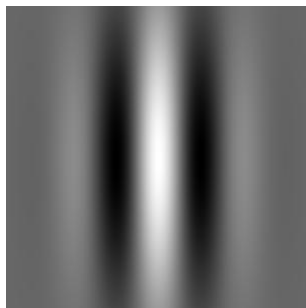
Valna duljina se odnosi na valnu duljinu kosinusa u Gaborovoj funkciji kojom se ujedino definira i prostorna frekvencija na koju će sam Gaborov filter biti osjetljiv. Vrijednost valne duljine realan je broj veći ili jednak 2 koji predstavlja broj slikovnih elemenata (engl. Pixel).

Slike Gaborovih filtera uz parametre $\varphi, \theta = 0, b = 1$, i $\gamma = 0.5$ možete vidjeti na slici 1.



Slika 1: Gaborov filter uz različite valne duljine.

Da bi se spriječila pojava neželjenih efekata na rubovima slike prilikom filtriranja slike Gaborovim filtrom, vrijednost valne duljine mora biti manja od $\frac{1}{5}$ veličine slike koja prolazi kroz filter. Filter sa prevelikom valnom duljinom može se vidjeti na slici 2. U danom primjeru filter djeluje na području širine 100 piksela, a filter je širok 30 piksela.



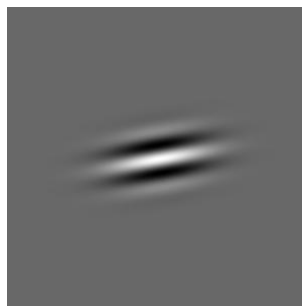
Slika 2: Prikaz filtera uz preveliku valnu duljinu.

3.2 Orijentacija (θ)

Orijentacija određuje kut između normale i paralelnih pruga Gaborovog filtera odnosno kut između normale i smjera rasprostiranja moduliranog sinusnog signala. Određena je kutom od 0 do 360 stupnjeva. Prikaze Gaborovog filtera sa orijentacijama od 45° , 80° i 0° možete vidjeti na slikama 3a, 3b i 1b.



(a) Filter uz $\theta = 45^\circ$.

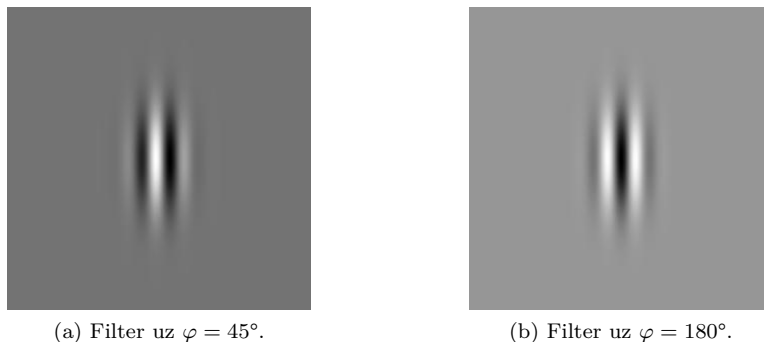


(b) Filter uz $\theta = 80^\circ$.

Slika 3: Gaborov filter uz različite orijentacije.

3.3 Fazni pomak (φ)

Ovaj parametar određuje fazni pomak kosinusa unutar Gaborove funkcije. Ispravne vrijednosti su realni brojevi između -180 i 180 stupnjeva. Prikaze Gaborovog filtera sa fazama od 45° , 180° i 0° možete vidjeti na slikama 4a, 4b i 1b.

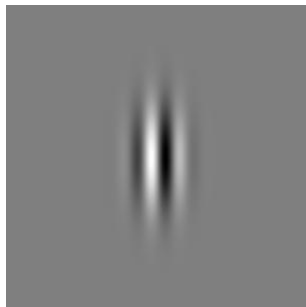


(a) Filter uz $\varphi = 45^\circ$.

(b) Filter uz $\varphi = 180^\circ$.

Slika 4: Gaborov filter uz različite faze.

Vrijednosti 0° i 180° odgovaraju središnje-simetričnim funkcijama, a -90° i 90° anti-simetričnim funkcijama (primjer filtera se može vidjeti na slici 5). Svi ostali slučajevi odgovaraju asimetričnim funkcijama.



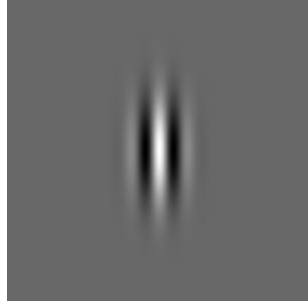
Slika 5: Filter uz fazu od 90° (anti-simetrija).

3.4 Omjer dimenzija (γ)

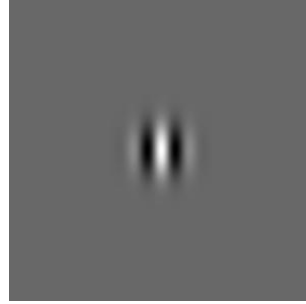
Parametar koji se preciznije naziva prostorni omjer dimenzija, određuje eliptičnost Gaborove funkcije tj. odnos između devijacija Gaussove funkcije u x i y smjeru. Za $\gamma = 1$ eliptičnost se svodi na krug. Za $\gamma < 1$ funkcija je izdužena u smjeru paralelnom s paralelnim prugama funkcije. Primjer filtera sa različitim omjerima dimenzija se može vidjeti na slici 6.

3.5 Širina filtera (b)

Prostorna širina filtera b Gaborovog filtra je povezana sa omjerom $\frac{\sigma}{\lambda}$, pri čemu su σ i λ standardna devijacija Gaussove funkcije i valna duljina kosinusa. Prostorna



(a) Filter uz $\gamma = 0.5$.



(b) Filter uz $\gamma = 1$.

Slika 6: Gaborov filter uz različite omjere dimenzija.

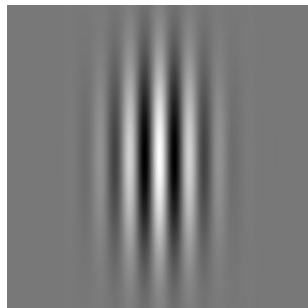
širina definirana je s:

$$b = \log_2 \left(\frac{\frac{\sigma}{\lambda} \pi + \sqrt{\frac{\ln 2}{2}}}{\frac{\sigma}{\lambda} \pi - \sqrt{\frac{\ln 2}{2}}} \right), \quad (7)$$

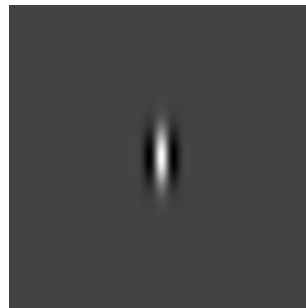
$$\frac{\sigma}{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\ln 2}{2}} \cdot \frac{2^b + 1}{2^b - 1}. \quad (8)$$

Prilikom izvedbe filtra vrijednost σ se ne može direktno odrediti. Ona se može mijenjati samo preko vrijednosti širine filtera, b .

Širina filtera se određuje kao realni pozitivni broj. Što je širina manja, σ je veća i povećava se broj naglašavajućih i prigušavajućih pruga Gaborovog filtera. Primjere filtera sa različitim širinama možete vidjeti na slikama 7a i 7b. Na prethodnim primjerima korištena je širina filtera od $b = 1$.



(a) Filter uz $b = 0.5$.



(b) Filter uz $b = 2$.

Slika 7: Gaborov filter uz različite širine.

4 Izlučivanje značajki pomoću gaborovog filtera

Osnovna ideja korištenja Gaborovog filtra pri raspoznavanju je filtriranje početne slike filtrom s ciljem izlučivanja značajki za kasniju klasifikaciju. Odziv Gaborovog filtra osjetljiv je na lokalnu prostornu frekvenciju i odgovarajuću orijentaciju ulaznog signala, odnosno slike, pa pod pretpostavkom da su Gaborovim filtrom izlučene odgovarajuće frekvencije i orijentacije moguće je raspoznavati različite osobe temeljem slika njihovih lica.

Izlaz Gaborovog filtra dobiva se konvolucijom klizećeg prozora slike i Gaborove funkcije.

Neka je $I(x, y)$ slika. Konvolucija slike $I(x, y)$ i Gaborove funkcije dana je sa:

$$O(x, y, r_0, \theta_k) = I(x, y) * g(x, y, r_0, \theta_k), \quad (9)$$

pri čemu je $k = 1, 2, 3, 4$. $O(x, y, r_0, \theta_k)$ nazivamo Gaborov prikaz slike $I(x, y)$.

Rezultantna funkcija je kompleksna funkcija s realnim i imaginarnim dijelom. Prilikom filtriranja ulazne slike Gaborovim filterima različitih frekvencija i orijentacije nastaje skup kompleksnih funkcija koje se tada grupiraju u odgovarajući vektor značajki. Vektor značajki nije nužno ograničen na prikaz pomoću kompleksnih brojeva te ga je moguće prikazati i kao vektor amplituda odnosno vektora faza rezultatnih funkcija nastalih filtriranjem. Kvaliteta izlučenih značajki ovisi iznimno o parametrima Gaborovog filtera te je naš zadatak u ovom radu je pronaći optimalne parametre Gaborovog filtra za izlučivanje značajki ljudskog lica.

5 Klasifikacija

Nakon izlučivanja značajki Gaborovim filtrom dobiven je vektor značajki koji se koristi za klasifikaciju. Kako je dobiveni vektor visoke dimenzionalnosti potrebno je izvršiti redukciju prostora značajki na nižedimenzijski prostor. Neke od metoda koje se pritom koriste su linearna diskriminanta analiza (engl. Linear Discriminant Analysis) i analiza glavnih komponenti (engl. Principal Component Analysis). Za klasifikaciju vektora značajki dostupno je mnogo različitih klasifikatora poput neuralnih mreža, stroja s potpornim vektorima i sl. te će se u okviru ovog rada ispitati učinkovitost različitih metoda klasifikacije kako bi se pronašla ona s najvećom uspješnošću.

6 Zaključak

Korištenje Gaborovog filtra ima dobru podlogu u biološkim osnovama vida sisavaca te se očekuje da će se njegovom upotrebom, korištenjem različitih klasifikatora i automatiziranom optimizacijom parametara postići uspjeh u raspoznavanju lica različitih osoba.

Literatura

- Al-Amin Bhuiyan and Chang Liu, Hong. On face recognition using gabor filters. *World Academy of Science, Engineering and Technology 28 2007*, 2007.
- J.G. Daugman. Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters. *Journal of the Optical Society of America A*, 2(7):1160–1169, 1985.
- L.L. Huang, A. Shimizu, and H. Kobatake. Robust face detection using Gabor filter features. *Pattern Recognition Letters*, 26(11):1641–1649, 2005.
- Nicolai Petkov and Martijn Wieling. *Gabor filter for image processing and computer vision*. University of Groningen, 2008. http://matlabserver.cs.rug.nl/edgedetectionweb/web/edgedetection_params.html.