

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	1
2	Dizajn Gaborovog filtera	2
3	Izvlačenje značajki pomoću gaborovog filtera	3
3.1	Preprocesiranje uzoraka	4
4	Utjecaj pojedinih parametara	4
4.1	Valna duljina (λ)	4
4.2	Orijentacija (θ)	4
4.3	Fazni pomak (φ)	4
4.4	Omjer dimenzija (γ)	5
4.5	Širina filtera (b)	5
5	Klasifikacija	7
6	Zaključak	7

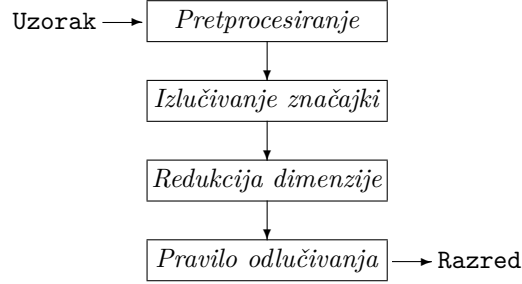
1 Uvod

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 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 računalo. 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 izvlačenje 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).

Model sustava za raspoznavanje uzoraka se može opisati dijagramom 1.



Slika 1: Model sustava za raspoznavanje uzoraka

U 2. odjeljku prikazan je matematički model dvodimenzionalnog gaborovog filtera, u 3. odjeljku objašnjen je način izvlačenja značajki, 4. odjeljak navodi objašnjenja pojedinih parametara i njihov utjecaj na krajnji rezultat, a 5. prikazuje rezultate primjene gaborovog filtera na neke od uzoraka. U 6. odjeljku je objašnjena interpretacija značajki te način korištenja dobivenih značajki u sustavima za raspoznavanje uzoraka, odnosno klasifikacija pomoću izlučenih značajki. Zaključak je dan u 7. odjeljku.

2 Dizajn Gaborovog filtera

Dvodimenzionalna Gaborova funkcija data 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 filtera su izražajnije u domeni frekvencijskog prikaza predstavljenog jednadžbom (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 izvlačenje 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 Izvlačenje značajki pomoću gaborovog filtera

Gaborove značajke se dobivaju konvolucijom klizećeg prozora slike i Gaborovog filtera.

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

$$O(x, y, r_0, \theta_k) = I(x, y) * g(x, y, r_0, \theta_k), \quad (7)$$

pri čemu je $k = 1, 2, 3, 4$. $O(x, y, r_0, \theta_k)$ nazivamo Gaborov prikaz slike $I(x, y)$. Kvaliteta izlučenih značajki ovisi iznimno o parametrima Gaborovog filtera. Naš zadatak u ovom radu je pronaći optimalne parameter Gaborovog filtra za izlučivanje značajki ljudskog lica.

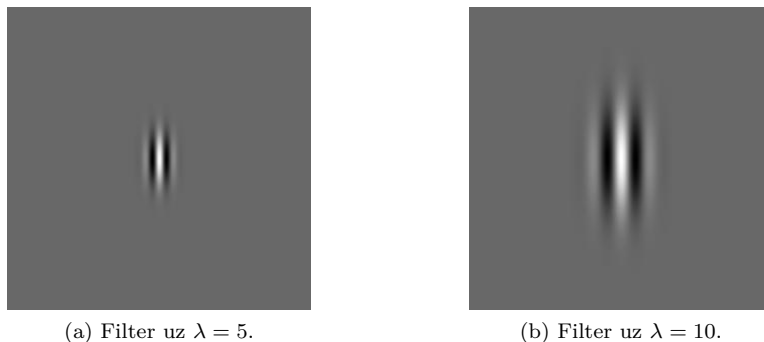
3.1 Preprocesiranje uzoraka

4 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). Promjena parametara jest stvaranje novog filtera.

4.1 Valna duljina (λ)

Valna duljina se odnosi na valnu duljinu kosinusa u Gaborovoj funkciji. Vrijednost je realan broj veći ili jednak 2. Jedinica su pixeli.



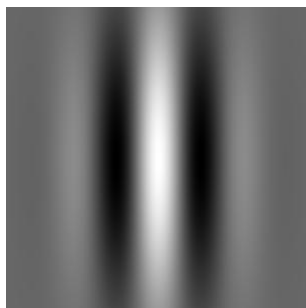
(a) Filter uz $\lambda = 5$.

(b) Filter uz $\lambda = 10$.

Slika 2: Gaborov filter uz različite valne duljine.

Slike Gaborovih filtera uz parametre $\varphi, \theta = 0, b = 1$, i $\gamma = 0.5$ možete vidjeti na slici 2.

Da bi se spriječila pojava neželjenih efekata na rubovima slike, vrijednost valne duljine mora biti manja od $\frac{1}{5}$ veličine slike koja prolazi kroz filter. Filter sa prevelikom valnom duljinom možete vidjeti na slici 3. U datom primjeru filter djeluje na području širine 100 piksela, a filter je širok 30 piksela.



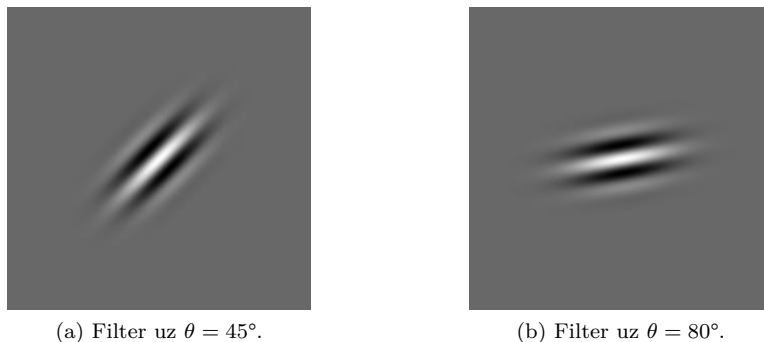
Slika 3: Prikaz filtera uz preveliku valnu duljinu.

4.2 Orijentacija (θ)

Orijentacija određuje kut između normale i paralelnih pruga Gaborovog filtera. Određena je kutom od 0 do 360 stupnjeva. Prikaze Gaborovog filtera sa orijentacijama od 45° , 80° i 0° možete vidjeti na slikama 4a, 4b i 2b.

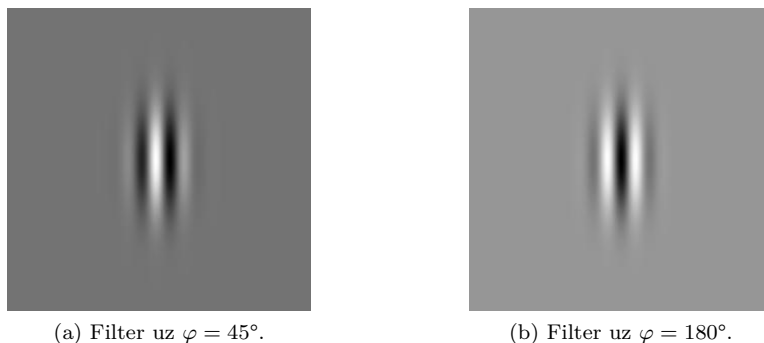
4.3 Fazni pomak (φ)

Ovaj parametar određuje fazni pomak funkcije kosinus unutar Gaborove funkcije. Ispravne vrijednosti su realni brojevi između -180 i 180 stupnjeva. Prikaze



Slika 4: Gaborov filter uz različite orijentacije.

Gaborovog filtera sa fazama od 45° , 180° i 0° možete vidjeti na slikama 5a, 5b i 2b.

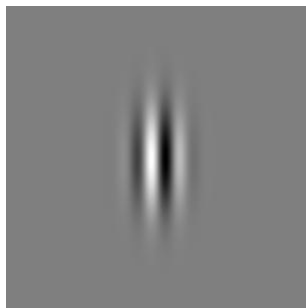


Slika 5: Gaborov filter uz različite faze.

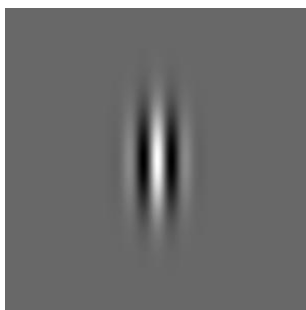
Vrijednosti 0° i 180° odgovaraju središnje-simetričnim funkcijama, a -90° i 90° anti-simetričnim funkcijama (primjer filtera se može vidjeti na slici 6). Svi ostali slučajevi odgovaraju asimetričnim funkcijama.

4.4 Omjer dimenzija (γ)

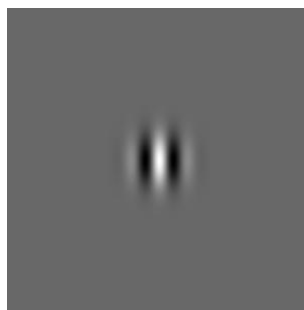
Parametar, koji se preciznije naziva prostorni omjer dimenzija, koji određuje eliptičnost Gaborove funkcije. Za $\gamma = 1$, eliptičnost se svodi na krug. Za $\gamma < 1$ funkcija je izdužena u smjeru paralelnom s paralelnim prugama funkcije. Primjer filtera sa različitim omjerima dimenzija se može vidjeti na slici 7.



Slika 6: Filter uz fazu od 90° (anti-simetrija).



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



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

Slika 7: Gaborov filter uz različite omjere dimenzija.

4.5 Širina filtera (b)

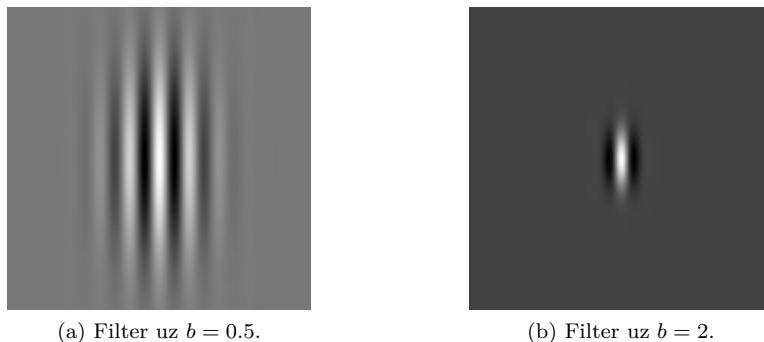
Prostorna širina filtera b (u oktavama) Gaborovog filtera je povezana sa omjerom $\frac{\sigma}{\lambda}$, pri čemu su σ i λ standardna devijacija Gaussovog umnoška Gaborove funkcije i valna duljina. Definirana je sa:

$$b = \log_2 \left(\frac{\frac{\sigma}{\lambda} \pi + \sqrt{\frac{\ln 2}{2}}}{\frac{\sigma}{\lambda} \pi - \sqrt{\frac{\ln 2}{2}}} \right), \quad (8)$$

$$\frac{\sigma}{\lambda} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\ln 2}{2}} \cdot \frac{2^b + 1}{2^b - 1}. \quad (9)$$

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 8a i 8b. Na prethodnim primjerima korištena je širina filtera od $b = 1$.



Slika 8: Gaborov filter uz različite širine.

5 Klasifikacija

U našem radu za klasifikaciju biti će korišteni gotovi klasifikatori dostupni na internetu u obliku programskih knjižnica. Upotrijebiti ćemo najmanje dva različita klasifikatora.

6 Zaključak

Korištenje Gaborovog filtra ima dobru podlogu u biološkim osnovama vida sisavaca i očekujemo da će mo upotrebom različitih klasifikatora i automatiziranom optimizacijom parametara postići uspjeh u klasifikaciji dobivenih uzoraka.

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.