

# Izlučivanje značajki lica Gaborovim filterom

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

24. listopada 2009.

## Sadržaj

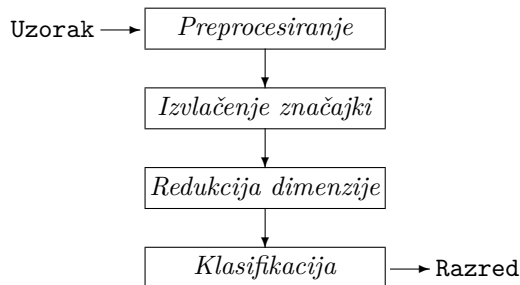
<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Dizajn gaborovog filtera</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Izvlačenje značajki pomoću gaborovog filtera</b>	<b>3</b>
3.1	Preprocesiranje uzoraka . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Primjer primjene</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Utjecaj pojedinih parametara</b>	<b>3</b>
5.1	Valna duljina ( $\lambda$ ) . . . . .	4
5.2	Orijentacija ( $\theta$ ) . . . . .	4
5.3	Fazni pomak ( $\varphi$ ) . . . . .	4
5.4	Omjer dimenzija ( $\gamma$ ) . . . . .	4
5.5	Širina filtera ( $b$ ) . . . . .	4
<b>6</b>	<b>Klasifikacija</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>Zaključak</b>	<b>5</b>
<b>A</b>	<b>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X playground</b>	<b>6</b>
A.1	O novim redovima . . . . .	6
A.2	Korištenje TODO i FUJ naredbi . . . . .	6
A.3	O pisanju matematičkih izraza . . . . .	6
A.4	O literaturi . . . . .	7

## Za raspraviti

- Je li naslov ok? Je li ok spomenuti “raspoznavanje lica” ili “lice” u samom naslovu?

# 1 Uvod

Sustav za raspoznavanje uzoraka se može opisati dijagramom 1.



Slika 1: Dijagram sustava za raspoznavanje uzoraka

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).

U 2. odjeljku prikazan je matematički model dvodimenzionalnog gaborovog filtera, u 3. odjeljku objašnjen je način izvlačenja značajki, 4. odjeljak prikazuje rezultate primjene gaborovog filtera na neke od uzoraka, a 5. navodi objašnjenja pojedinih parametara i njihov utjecaj na krajnji rezultat. 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.<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>TODO: Prešturo... Doraditi nakon što budemo znali što ćemo uopće pisati...

## 2 Dizajn gaborovog filtera

<sup>(2)</sup> Osnovna funkcijska forma 2D Gaborovog filtera definirana u prostornoj i prostorno-frekvencijskoj domeni određena je sa (Huang et al., 2005):

<sup>(2)</sup>TODO: Provjeriti je li sve ok (formule)

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_{xy}^2} e^{-\left(\frac{x'^2 + y'^2}{2\sigma_{xy}^2}\right)} \times \left( e^{2\pi i r_0 x'} - e^{-\frac{r_0^2}{2\sigma_{uv}^2}} \right), \quad (1)$$

pri čemu su

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

gdje je  $\sigma_{xy}$  standardna devijacija Gaussove omotnice<sup>(3)</sup> koja karakterizira pros-

<sup>(3)</sup>TODO: Gaussian envelope?

torni obujam i širinu filtera. 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  $\theta$ :

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

$$\tan \theta = \frac{v_0}{u_0}. \quad (3)$$

Frekvencija i odabir orijentacije Gaborovog filtera su izražajnije u domeni frekvencijskog prikaza predstavljenog jednačbom (4) koja određuje koliko filter utječe na svaku frekvencijsku komponentu ulazne slike.

$$G(u, v) = \exp \left( -\frac{(u - u_0)^2 + (v - v_0)^2}{2\sigma_{uv}^2} \right) - \exp \left( -\frac{r_0^2}{2\sigma_{uv}^2} \right), \quad (4)$$

$$\sigma_{uv} = \frac{1}{2\pi\sigma_{xy}}. \quad (5)$$

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

### 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 data je sa:

$$O(x, y, r_0, \theta_k) = I(x, y) * g(x, y, r_0, \theta_k), \quad (6)$$

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

<sup>(4)</sup>TODO: Treba nastaviti...

#### 3.1 Preprocesiranje uzoraka

<sup>(5)</sup>

<sup>(5)</sup>TODO: Izvući iz (Bhuiyan and Liu, 2007)

### 4 Primjer primjene

Izvući iz [http://matlabserver.cs.rug.nl/edgedetectionweb/web/edgedetection\\_examples.html](http://matlabserver.cs.rug.nl/edgedetectionweb/web/edgedetection_examples.html)

### 5 Utjecaj pojedinih parametara

Gaborov filter definiraju valna duljina ( $\lambda$ ), orijentacija ( $\theta$ ), fazni pomak ( $\varphi$ ), omjer dimenzija (engl. *aspect ratio*) ( $\gamma$ ) i širina filtera (engl. *bandwidth*) ( $b$ ) (Petkov and Wieling, 2008). Promjena parametara jest stvaranje novog filtera.<sup>(6)</sup>

<sup>(6)</sup>TODO: Ovo provjeriti da nisam pokupio nešto karakteristično isključivo za onaj program iz onog HTML-a čiji je link naveden dolje u literaturi

## 5.1 Valna duljina ( $\lambda$ )

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

Uz  $\lambda = 2$ , ne bi se smjela koristiti kombinacija  $\varphi = \pm 90$  jer u tom slučaju Gaborova funkcija je uzrokovana u svojim nul-prijelazima<sup>(7)</sup>. Da bi se spriječila pojava neželjenih efekata na rubovima slike, vrijednost valne duljine mora biti manja od  $\frac{1}{5}$  veličine ulazne slike.<sup>(8)</sup>

<sup>(7)</sup>TODO: “sampled in its zero crossings”?

<sup>(8)</sup>TODO: Dodati slike!

## 5.2 Orijentacija ( $\theta$ )

Orijentacija određuje kut između normale i paralelnih pruga Gaborovog filtera.<sup>(9)</sup> Određena je kutom od 0 do 360 stupnjeva.<sup>(10)</sup>

<sup>(9)</sup>TODO: Što je normala, a što su te pruge... nisam uspio skužiti...

## 5.3 Fazni pomak ( $\varphi$ )

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

Vrijednosti 0 i 180 odgovaraju središnje-simetričnim funkcijama, a  $-90$  i  $90$  anti-simetričnim funkcijama. Svi ostali slučajevi odgovaraju asimetričnim funkcijama.<sup>(11)</sup>

<sup>(10)</sup>TODO: Dodati slike kao primjere različitih orijentacija

<sup>(11)</sup>TODO: Slikee

## 5.4 Omjer dimenzija ( $\gamma$ )

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<sup>(12)</sup>.<sup>(13)</sup>

<sup>(12)</sup>TODO: Opet te paralelne pruge!

## 5.5 Širina filtera ( $b$ )

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

<sup>(13)</sup>TODO: Opet... slikee...

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

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

Vrijednost  $\sigma$  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,  $\sigma$  veća, *the support of the Gabor function and the number of visible parallel excitatory and inhibitory stripe zones*.<sup>(14)</sup>

<sup>(14)</sup>TODO: WTF!? Ovo ne mogu prevesti... iz slika i pojma širine bi se dalo zaključiti, no nisam siguran što te pruge i zone predstavljaju

## 6 Klasifikacija

## 7 Zaključak

### 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](http://matlabserver.cs.rug.nl/edgedetectionweb/web/edgedetection_params.html).

## A $\text{\LaTeX}$ playground

Ovdje se možete igrati sa  $\text{\LaTeX}$ -om. Ideja je da igranjem u ovome dijelu naučite nešto korisno oko  $\text{\LaTeX}$ -a tako da vam oni koji znaju  $\text{\LaTeX}$  tu ostave koji koristan primjer uporabe. Uglavnom, uvijek se igrajte s  $\text{\LaTeX}$ -om, jer igranje bez  $\text{\LaTeX}$ -a nije sigurno igranje.

### A.1 O novim redovima

Dokument dijelimo na paragrafe. Tekst unutar paragrafa se ne razlama. Ilitiga, ako napišete:

Želim ovo u prvom,  
ovo u drugom,  
a ovo u trećem, i da je blizu udaljena od                      daleko.

Dobiti će te: *Želim ovo u prvom, ovo u drugom, a ovo u trećem, i da je blizu udaljena od daleko.*

Ako želite novi red unutar paragrafa, morat će te dodati `\` na kraj red ili komandu `\newline`. I to je ružno...

Ako želite preći u novi paragraf dovoljno je ostaviti jedan prazan red između prošlog i novog paragrafa, tj.:

Prvi paragraf.

Drugi paragraf.

### A.2 Korištenje TODO i FUJ naredbi

Za potrebe ovog rada, dodane su `\TODO{}` i `\FUJ{}` naredbe. Služe da bi popljuvali<sup>(15)</sup> nečije djelo ili napisali što još treba napraviti<sup>(16)</sup>.

U argumente ovih naredbi, tj. sadržaj `TODO`-a možete ugurati sam kod. Npr. recimo.<sup>(17)</sup> No, ovdje neće proći stvari kao više linijski programski kod i sl.

<sup>(15)</sup> FUJ: Kako ružna riječ

<sup>(16)</sup> TODO: Navedi primjer korištenja! :D

### A.3 O pisanju matematičkih izraza

Ako želite naučiti koristiti  $\text{\LaTeX}$  za ono što ovaj podnaslov spominje, trebati će vam neki tutorial ili knjiga (a ima ih masu... i to besplatnih!). Ja ću samo navesti par osnova.

Primjer izraza koji se nalazi u posebnom bloku, i još je centriran:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Napisao sam: `$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$`

<sup>(17)</sup> TODO:  $\text{\LaTeX}$ , ovo je *naglašeno*; ili malo matematike  $\int_a^b x^2 dx$

Ovo je jedan način zapisa. Mogli smo koristiti:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (9)$$

Napisao sam:

```
\begin{equation}
x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}
\label{rjesenje-kvadratne-jed}
\end{equation}
```

Na ovaj drugi način izrazi se numeriraju i možemo se lako referencirati na njih, npr. (9). Referenciramo se ne bilo koji `\label{}` pomoću naredbe `\ref{}`, npr. `\ref{rjesenje-kvadratne-jed}`.

Evo neka stranica sa par zanimljivih primjera koje najvjerojatnije nikad nećete imati priliku primjeniti, <http://www.personal.ceu.hu/tex/cookbook.html> te još malo filozofije o svemu tome <http://www.math.uiuc.edu/~hildebr/tex/displays.html>.

Btw. ako gledate source, možda se pitate zašto uvijek stavljam “~” nakon točke. Radi se o tome da L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X nakon svake točke stavi malo više razmaka, jer misli da se radi o početku nove rečenice. Ako mu stavimo tildu, onda taj razmak bude onakav kakav bi trebao biti.

## A.4 O literaturi

Literaturu izvlačite sa `citeseerxa` ili `google schoolara` jer vam oni odmah daju i `bibtex` članka koji samo kopirate u file *literatura.bib*.

Primjer citiranja: `\citep{Yang04facerecognition}`.