

PRIMENA VREMENSKOG USREDNJAVANJA U PREPOZNAVANJU OBLIKA ŠAKE APPLICATION OF TIME AVERAGING IN RECOGNIZING THE SHAPE OF THE HAND

Aca Đokić, *Tehnički fakultet Čačak*
Vlade Urošević, *Tehnički fakultet Čačak*
Lidija Đokić, *Prirodno matematički fakultet Kragujevac*

Sadržaj - Postoje nekoliko javno publikovanih metoda za verifikaciju oblika šake u literaturi. Sve te metode koje koristimo u cilju utvrđivanja indentiteta korisnika, možemo globalno da podelimo u tri grupe. Prva grupa metoda je zasnovana na utvrđivanju karakterističnih tačaka šake i računanju međusobnog rastojanja tih tačaka, druga grupa metoda koristi realne koordinate karakterističnih tačaka šake u odnosu na pomoćne reperne tačke sistema, dok treća metoda vrši teksturnu ekstrakciju karakterističnih linija šake u cilju poređenja i verifikacije sa već postojećim podacima. Zajedničko za sve prethodne navedene metode verifikacije, je to da u svojoj primeni koriste prostorno usrednavanje. U cilju poboljšanja verifikacije indentiteta korisnika ovaj rad uvodi i vremensko usrednjavanje kombinujući ga sa prostornim usrednjavanjem. Rad prikazuje praktičnu realizaciju ove metode kao i analizu primene ove metode u odnosu na postojeće standardne metode verifikacije oblika šake.

Abstract - There are several publicly declared methods used for verification of the hand-shape in literature. All these methods used to determine the user identity, can be globally divided into three groups. The first group of methods is based on determining the characteristic points of the hand and on calculating the mutual distances between these points, the second group of methods uses real coordinates of characteristic points of the hand in relation to the auxiliary, subsidiary points of the system, while the third method performs texture extraction of the characteristic lines of the hand to compare them and verify them with the already existing data. All the above-mentioned methods of verification use spatial averaging as a mutual characteristic in their application. In order to improve the verification of user identity, this paper introduces the temporal averaging and combines it with spatial averaging and it also shows the practical realization of this method and its analysis in relation to existing standard methods of verification of the hand-shape.

1. PREDSTAVLJANJE

Da bi se pristupilo značajnim i zaštićenim podacima u praksi su razvijene posebne sigurnosne metode.

Prve metode od korisnika zahtevaju da poseduje određeni identifikacioni kod (lozinku) kojom može pristupiti željenim informacijama i podacima.

Druge metode podrazumevaju da se na osnovu posedovanja nekog identifikacionog dokumenta pristupi željenim podacima. Pri tome dokumenta za identifikaciju služe za predstavljanje identiteta osobe koja ga koristi i ujedno služe za ograničavanje operacija i postupaka koje to lice može da uradi. Primeri ovih identifikacionih dokumenata su danas predstavljeni u savremenom obliku elektronskih platnih kartica ili e-ličnih karti.

Nedostatak prve i druge metode identifikacije uz pomoć posedovanja dokumenta, ili koda - lozinki je očigledan. Postojanje mogućnosti lažnog predstavljanja neke druge osobe usled neovlašćenog posedovanja i korišćenja dokumenta svakodnevna je realnost. Zbog toga se danas sve više nameće upotreba nekih od postojećih sigurnosno - biometrijskih sistema.

Biometrijski sistemi za automatsko prepoznavanje pojedinca svoj rad zasnivaju na prikupljanju i merenju nekih od jedinstvenih osobina koje poseduje svako od nas. Biometrijski sistemi [1] za verifikaciju i identifikaciju i dalje u svom radu koriste identifikacioni kod, ali sa tom razlikom što sigurnosni kod kombinuju sa nekim od sledećih biometrijskih podataka: otiskom prstiju, prepoznavanjem oblika dužice oka [2], prepoznavanje položaja i rasporeda krvnih sudova mrežnjače, prepoznavanje glasa, prepoznavanje rukopisa, a u manjoj meri i identifikaciju na osnovu oblika ušne školjke. Za ekstremno visoke zahteve sigurnosnog prepoznavanja u poslednje vreme se koristi i tehnika prepoznavanja DNK uzorka.

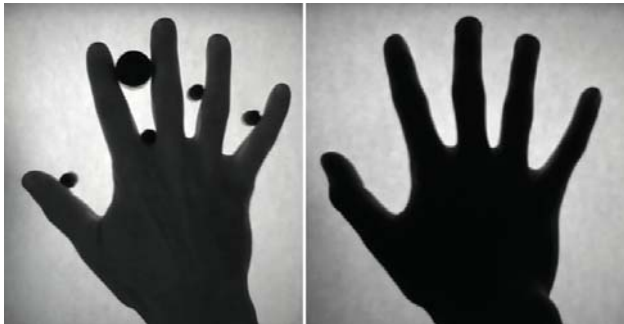
Svaki od prethodno nabrojanih metoda koristi svoje karakteristične parametre i postupke za identifikaciju. U praksi prepoznavanje dužice oka i otiska prstiju daje najbolje rezultate gledajući dva osnovna parametara za ocenu kvaliteta, FAR (engl. False Acceptance Rate) - broj prihvaćenih lažnih uzoraka u odnosu na ukupan broj uzoraka i FRR (engl. False Rejection Rate) - broj odbačenih ispravnih uzoraka u odnosu na ukupan broj uzoraka. Cilj svakog kvalitetnog sistema za identifikaciju je postići što nižu vrednost za FAR i FRR.

Za razliku od svih prethodno pobrojanih metoda koje su u manjoj ili većoj meri zahtevne, raspoznavanje osoba preko

oblika šake spada u nenametljive tehnike. Zbog te svoje osobine u praksi nema problema oko prihvatanja ove tehnike kao načina lične identifikacije.

Šaka bilo kog čoveka poseduje jedinstvene indentifikacione osobine. Dužina prsta, oblik prsta, debljina, kao i njihov relativni položaj čine skup podataka koji omogućavaju identifikaciju svakog pojedinca u određenoj populaciji. Raniji uređaji za akviziciju podataka su te podatke prikupljali uz pomoć elektro-mehaničkih davača dok se danas za te potrebe koriste digitalne kamere i skeneri.

Tradicionalni sistemi za verifikaciju oblika šake u svom radu koriste ankerske tačke (engl. peg) koje ograničavaju mogućnost postavljanja šake i prstiju u nepravilan položaj [3, 4, 5, 6]. Drugi sistemi nemaju ankerske tačke [6, 7, 8] već u svom radu za orijentaciju položaja šake koriste tehniku upisivanja minimalnog kruga - za orijentaciju dlana, pa na osnovu te orijentacije određuju središnju liniju pojedinačnog prsta i njegovo ekstrahovanje iz oblika šake.



Slika 1: Sistem sa ankerima-peg, i bez njih peg-free

I prvi i drugi sistem imaju svoje mane i prednosti. Prvi sistem, koji koristi ankerske tačke, ima prednosti jer su vrednosti FAR i FRR-a niže, dok mu je mana što deo populacije, (oko 2%), zbog raznih odstupanja u veličini, deformaciji, ili zbog nekog drugog uzroka, nije u mogućnosti da koristi ovakve akvizicijske sisteme [7, 8].

2. OPIS PRIMENJENE APARATURE

01 Slike šake prikupljamo uz pomoć digitalne CCD kamere od 3 megapiksela koju postavljamo u odgovarajući položaj iznad same šake.

02 Sama radna površina na koju postavljamo šaku je deo projekcione ploče klasičnog grafoskopa, na kojoj su ugrađene ankerske tačke.

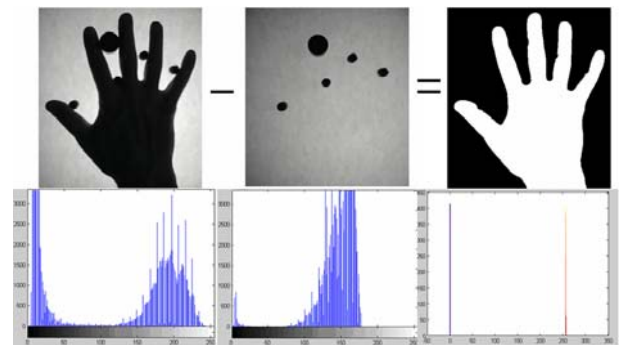
03 Programski interfejs, kojim prikupljamo podatke, je urađen u C# sa odgovarajućim linkom ka SQL bazi podataka. Pri tome se prikupljanje slika vrši u seriji od po dve/četiri/šest slika po jednoj sesiji.

04 Razvojni sistem obrade slike je urađen u MATLAB-u. MATLAB je odabran, jer dopušta konformni rad u poslovima analize i grafičkog prikaza. Za razvoj komercijalne verzije korišćiće se dostupni mikrokontroleri sa odgovarajućim mikrokodom.

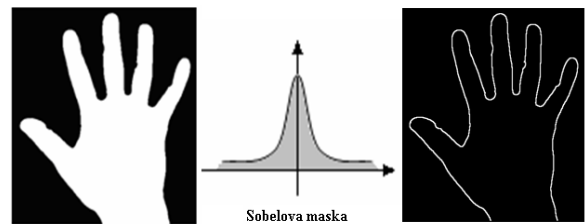
3. OPIS POSTUPAKA

Ustaljeni načini detekcije oblika i utvrđivanja značajnih tačaka šake podrazumevaju sledeću obradnu šemu slike šake

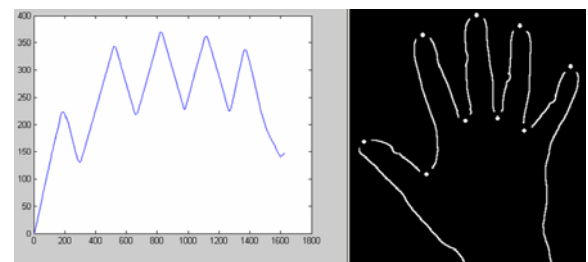
1. Skenira / fotografiše se šaka.
2. Vršiti se predprocesorska obrada slike. U okviru ovog koraka određuje se thresholding slike, oduzimanje slike pozadine i njena binarizacija.
3. Sledi korak u kome se određuju ivice (engl. edge detect) šake. Ova operacija se izvodi upotrebom raznih filtera razvijenih za ovu namenu Sobel, Laplace, Robert, Prewitt, FreiChen, Canny.
4. Određuju se karakteristične tačke procesom "obilaska" ivica šake u kome se koristi dijagram rastojanja sa ekstrahovanjem prsta i njegovom rotacijom.
5. Utvrđuju se potrebne mere i rastojanja.
6. Na osnovu dobijenih podataka vrši se ocenjivanje slike uzorka.



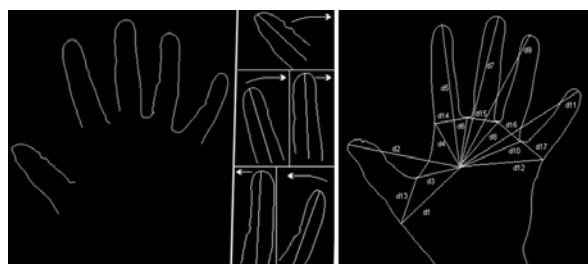
Slika 2: Slika šake i pozadine sa prikazom histograma pre i posle primene operacije 1 i 2



Slika 3: Primena Sobelove maske na detekciji ivica šake



Slika 4: Određivanje karakterističnih tačaka na osnovu procesa "obilaska" i dijagrama rastojanja



Slika 5: Ekstrahcija i rotacija prstiju sa određivanjem mere rastojanja

Prvi predprocesorski koraci obrade slike, uključuju primenu metoda za poboljšanje slike. Globalno metode se dele u dve klase. Prvu klasu čine operacije koje se odnose na same piksele (point operators), a drugu klasu sačinjavaju metode koje se odnose na prostorne operacije (spatial operations) tj. operacije koje se odnose na oblike koje pikseli kreiraju.

Većina postupaka obrade slike imaju za cilj uklanjanje šuma. Pri tome se pod šumom podrazumeva nagla nekontrolisana promena nekih karakteristika slike: nivoa intenziteta osvetljenja, boje, teksture,... Obično šum nastaje u sensorima, u prenosnom sistemu ali i pri procesu snimanja podataka. Praktično, u slici šum se manifestuje u postojanju piksela koji ne odražavaju sadržaj slike, pri čemu se oni jasno izdvajaju i razlikuju od susednih piksela.

Šumovi su pretežno aditivni:

$$c(x,y) = a(x,y) + k(x,y)$$

gde je a – ulazna slika, k – šum, c – zašumljena slika.

Neki senzori unose tzv. "speckle" šum - multiplikativni šum:

$$c(x,y) = I(x,y) + k(x,y) \times I(x,y)$$

gde je k uniformno raspodeljen slučajan šum sa srednjom vrednošću nula i varijansom $V=\sigma^2$ oko 0,05.

Aditivni šumovi poseduje dve osnovne osobine:

1. Njihov opis odgovara opisu VF signala (nagla promena), dok je uobičajen sadržaj slike opisan pomoću NF signala tj. pripada području "sporih" promena.
2. Šum je nekorelisan sa slikom.

Postojeće tehnike mogu se podeliti na one tehnike koje svoju implementaciju zasnivaju na vremensko-prostornim informacijama i druge, koje su zasnovane na prostornim informacijama o slici. Neizbežna mana svakog prostornog usrednjavanja je narušavanje oštine slike kao i nemogućnost korišćenja filtera na krajevima slike. Zbog ovih loših osobina generalna preporuka je da se koristiti metoda vremensko - prostornog usrednjavanja gde god je to moguće, jer te metode nemaju lošu osobinu da njihovom primenom se gube neke od značajnih informacija o slici.

4. REALIZACIJA PRIGUŠENJA ŠUMA

Prva faza otklanjanja šuma, ili vremensko usrednjavanje, realizovana je u sadejstvu sa akvizicijskim programom za prikupljanje podataka, kao i sa odgovarajućim MATLAB funkcijama.

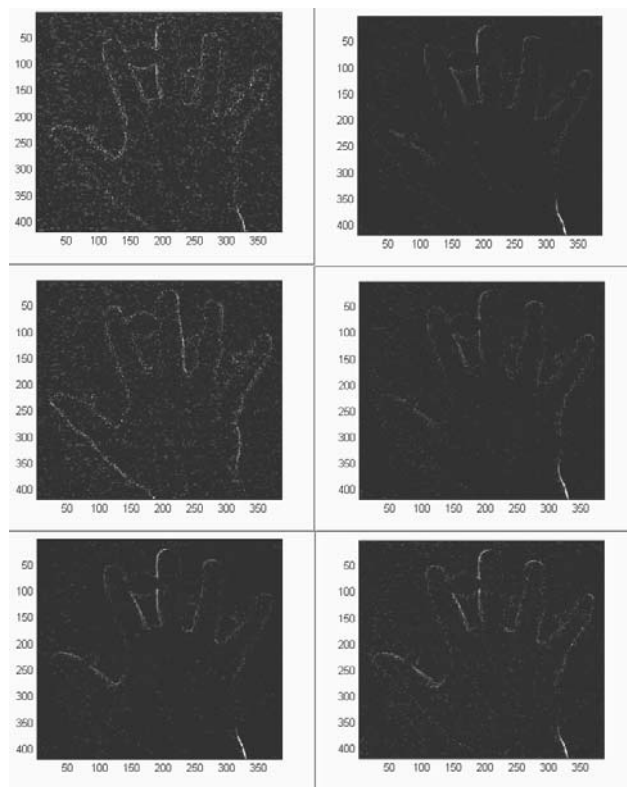
Teorija slučajnih procesa ili slučajnih funkcija vremena nalazi veliku primenu kako u elektrotehnici tako i u računarskim naukama. Jedna od primena ove teorije biće detaljnije iznesena u nastavku teksta.

Za razliku od klasične definicije Poasonove raspodele u matematici, gde je ona funkcija samo promenljive i , ovde imamo funkciju dve promenljive: broja akvizicije tačaka i , te vremenskog intervala t . Broj zahteva je diskretna veličina, dok je vremenski interval kontinualna. To čini drugu razliku jer je standardna Poasonova raspodela strogo diskretna.

Sama akvizicija slika je obavljena u seriji od dve, četiri ili šest slika u sekundi. Treba napomenuti i to da pošto se vrši prikupljanje slika čovečije šake, dominantna boja je crvena, pa će se u daljem radu ostale operacije odnositi samo na ovaj deo spektra slike. Pri tome smo od crvenog dela spektra slike oduzimali, respektivno, pozadinu kao pripremni korak za sledeću fazu obrade slike - ekstrahovanje ivica.

Pod pojmom vremensko-prostornih infomacija o slici, podrazumevamo situaciju, u kojoj raspoložemo sekvencom slika $\{a_p[m,n], p=1,2,\dots,P\}$ koje sadrže potpuno iste objekte i predstavljaju različite realizacije istog sadržaja po pitanju šuma.

Najčešći tip šuma koji unose senzori za akviziciju je tip "belog šuma". Upravo za ovakav tip aditivnog šuma najefikasniji način uklanjanja je korišćenje metode vremensko-prostornog usrednjavanja. U detekciji oblika šake šum je pojava piksela na onim mestima gde ne bi trebalo da se pojave. Ova pojava piksela odgovara promenljivoj diskretnog tipa sa određenom verovatnoćom pojavljivanja - Puasonova raspodela po Bernulijevoj šemi.



Slika 6: Prikaz međusobne razlike između četiri slike iste šake u jednoj seriji

Zbog prirode samih senzora (optički prijemnici) ti senzori podležu vrstama šuma karakterističnim za njih same: šot šum i termički šum.

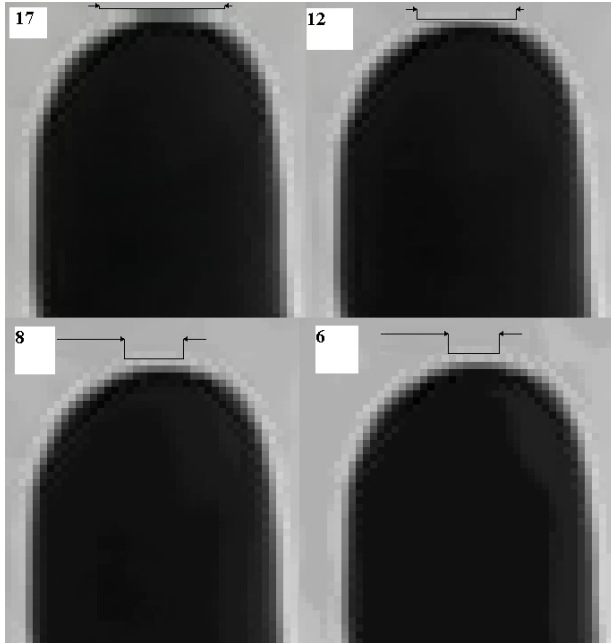
Ako sa $Z = g(X, Y)$ predstavimo transformaciju dvodimenzione slučajne promenljive (X, Y) diskretnog tipa, odnosno pojave piksela na toj lokaciji u skupu R , je tada slučajna promenljiva Z diskretnog tipa sa skupom vrednosti $R_Z = \{z_1, z_2, \dots\}$ i verovatnoćama:

$$p(z_i) = \sum_{\substack{k,m \\ g(x_k, y_m)=z_i}} p(x_k, y_m) \quad (1)$$

Pri tome, ako je šum aktivan, usrednjavanje sekvence pomoću formule

$$a[m, n] = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P a_p[m, n] \quad (2)$$

daje dobar rezultat, jer se tada standardna devijacija smanjuje sa δ na δ/\sqrt{P} .



Slika 7: Prikaz rezultata vremenskog usrednjavanja

Na slici 7. u gornjem levom uglu se nalazi prikaz vrha prsta bez vremenskog usrednjavanja. Značajna oblast vrha prsta, koja se razlikuje po intezitetu osvetljenosti od pozadine, sačinjena je od 17 piksela. Gornji desni prikaz je rezultat primene vremenskog usrednjavanja na paru slika. Značajna oblast je sužena na 12 piksela, (donji levi prikaz) primena na uzorku od četiri slike 8 piksela, (desni donji ugao) primena na seriji od šest slika 6 piksela.

5. SEGMENTACIJA I ODREĐIVANJE IVICA

Posle faze usrednjavanja potrebno je izvršiti segmentaciju slike. Cilj segmentacije je odvajanje slike objekta (šake) od pozadine. Da bi se ova operacija uspešno uradila, neophodno je odrediti vrednosti tresholda. Treshold je neophodan u procesu pretvaranja grayscale slike - sive slike u 255 nijansi, u binary sliku - crno belu sliku. Postoji više metoda kojima se određuje ova vrednosti [3, 4, 5, 9]. Za potrebe ovog rada je najpogodnija histogramaska metoda jer ona daje jasno razdvajanje objekta slike od pozadine. U ovom slučaju se koristi osobina da su histogramske vrednosti za objekat i samu sliku jasno odvojene.

Prikazani grafik histograma (slika 2) šake je bimodalnog Gausovog tipa. Segmentacijom delimo sliku u dva seta:

1. Set $G1 = \{I(m, n) : f(m, n) < T\}$ - pikseli objekta
2. Set $G2 = \{I(m, n) : f(m, n) \geq T\}$ - pikseli pozadine (m-broj kolone, n-broj vrste)

Sama realizacija utvrđivanja tresholda se odvija iterativnom metodom. Utvrđuju se prvi i drugi maksimum koji predstavljaju levu i desnu granicu vrednosti tresholda. Zatim se utvrđuje minimum između dva maksimuma upoređivanjem vrednosti histograma. Ovako utvrđeni minimum predstavlja vrednost tresholda.

Za detektovanje ivica šake iskorišćena je Sobelova maska.

6. ORJENTACIJA I EKSTRAKCIJA

Za potrebe razvoja prototipa ovog sistema formirana je baza za 232 korisnika sa po 6 slika u seriji. U samom procesu obrade slike i pored ankerskih tačaka koje su usmeravale korisnike u propisan položaj, dolazilo je do odstupanja od idealnog položaja ($\pm 5^\circ$).

Analizom izdvojenih prstiju i njihove centralne orijentacije, uvida se međusobna zavisnost popunjenosti vertikalnog i horizontalnog histograma u odnosu na sam ugao orijentacije. Momenat slike, Centralni momenat i Centroid čine osnovu određivanja ugla rotacije šake i prstiju. Momenat slike M_{ij} se računa na sledeći način:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y) \quad (3)$$

za $i, j = 0, 1, 2, \dots$

Nulti momenat $M_{00} = \sum_x \sum_y I(x, y)$ predstavlja sumu inteziteta osvetljenja piksela kod binarne slike.

Centroid je definisan sa formulom:

$$\{\bar{x}, \bar{y}\} = \{M_{10} / M_{00}, M_{01} / M_{00}\} \quad (4)$$

Kod binarne slike Centralni momenat je definisan formulom:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q I(x, y) \quad (5)$$

$$\mu_{00} = M_{00},$$

$$\mu_{01} = 0,$$

$$\mu_{10} = 0,$$

$$\mu_{11} = M_{11} - \bar{x}M_{01} = M_{11} - \bar{y}M_{10}, \quad (6)$$

$$\mu_{20} = M_{20} - \bar{x}M_{10},$$

$$\mu_{02} = M_{02} - \bar{y}M_{01},$$

Potrebni podaci o orijentaciji slike koja zavisi od ugla, mogu da se dobiju na osnovu centralnih momenata (Papoulis, 1991.):

$$\mu'_{20} = \mu_{20} / \mu_{00} = M_{20} / M_{00} - \bar{x}^2,$$

$$\mu'_{02} = \mu_{02} / \mu_{00} = M_{02} / M_{00} - \bar{y}^2, \quad (7)$$

$$\mu'_{11} = \mu_{11} / \mu_{00} = M_{11} / M_{00} - \bar{x}\bar{y},$$

Ugao orijentacije koji primenjujemo na ekstrahovanim prstima je onda iskazan izrazom:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{2\mu'_{11}}{\mu'_{20} - \mu'_{02}}\right)$$

Ovde treba napomenuti da u predfazi računanja Centralnih momenta prstiju, se mora odbaciti 10% dužine isečaka prstiju u smeru od korena prema vrhu prsta, jer u tom delu dužine postoje i lažne karakteristične tačke registrovane usled nesavršenosti merne aparature.

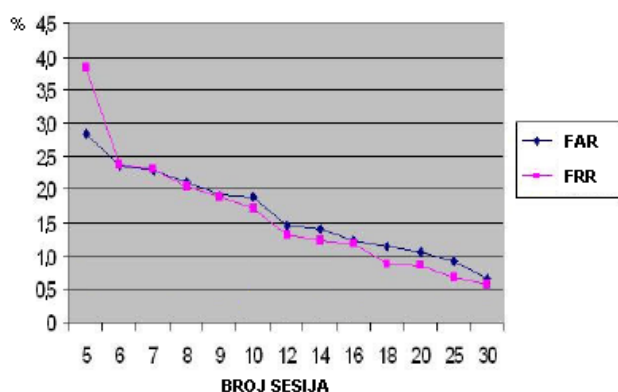
7. OCENJIVANJE

Nakon određivanja ugla rotacije pojedinačno za svaki prst, potrebno je odrediti i Centralni momemat (M_{00}) šake po istom principu kao i za prste. Od centra šake treba odmeriti sva rastojanja (slika 5.) uneti ih zatim u bazu i poslati na ocenu.

Generalno, u svakom bimetrijskom sigurnosnom sistemu se biometrijski podaci na pogodan način transformišu u odgovarajući vektor [8, 9, 10, 11]. Ovde je korišćen vektor sa šesnaest dimenzija [$x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} \dots x_{i16}$], pri čemu i označava broj sesija.

Za dozvoljenu grešku prihvatanja je odabrana prosečna debljina ivice šake, dobijene u prethodnom procesu detektovanja ivice šake (tačka 5), pri čemu se sve vrednosti koje su veće od prosečne debljine šake odbacuju. Ukoliko odmereni vektor prođe proces verifikacije koristi se za utvrđivanje nove srednje vrednosti sledeće sesije.

U toku rada formirana je baza za 232 korisnika sa po 6 slika u seriji, za srednjoškolsku populaciju učenika. Broj serija je varirao u zavisnosti od frekvencije pristupa sistemu. Za ocenu FAR i FRR-a su odabrani samo oni korisnici koji su imali pet i više pristupa sistemu (uslov je ispunilo 163 korisnika).



Slika 8: Prikaz zavisnosti FAR i FRR od broja sesija

8. RAZVOJ

U toku same obrade slike u fazi njenog usrednjavanja, a prilikom utvrđivanja razlika slika prikupljenih u pojedinačnim sesijama, zapažena je pojava nastanka razlika slika u regionu ivice šake. Ova pojava bi mogla biti tema u budućim radovima, jer može postati osnova za razvoj novih metoda utvrđivanja ivica objekata u slici.

LITERATURA

- [1] Arun Ross A.K.Jain and Salil Prabhakar, *An introduction to biometric recognition*, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image and Video-Based Biometrics, 14, (2004).
- [2] S. Sanderson, J. Erbetta, *Authentication for secure environments based on iris scanning technology*, IEE Colloquium on Visual Biometrics, (2000).
- [3] R. Zunkel, *Hand Geometry Based Authentication*, Biometrics: Personal Identification in Networked Society, A. Jain, R. Bolle, and S.Pankanti (Eds.) Kluwer Academic Publishers, (1998).
- [4] A. K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic, Boston, Mass, USA, (1999).
- [5] A.K. Jain, A. Ross, and S. Pankanti, *A Prototype Hand Geometry-based Verification System*, 2nd International Conference on Audio- and Video-based biometric Person Authentication, Pp. 166–171 (Mar 1999).
- [6] L. Wong and P. Shi, *Peg-free hand geometry recognition using hierarchical geometry and shape matching*, IAPR Workshop on Machine Vision Applications, pages 281–284, (2002).
- [7] W. Xiong, C. Xu, and S. H. Ong, *Peg-free human hand shape analysis and recognition*, Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP '05), Volume 2:77–80, (March 18-23 2005).
- [8] Pavan K Rudravaram and Venu Govindaraju, *Peg-Free Hand Geometry Verification System*, Center for Unified Biometrics and Sensors (CUBS), University at Buffalo, New York, USA (2004).
- [9] Mehmet Sezgin and Bulent Sankur, *Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation*, Journal of Electronic Imaging 13(1), 146–165 (January 2004). [doi:10.1117/1.1631315](https://doi.org/10.1117/1.1631315)
- [10] Sanchez-Reillo, R. Sanchez-Avila and C. Gonzales-Marcos A., *Biometric Identification Through Hand Geometry Measurements*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (October 2000).
- [11] R. Sanchez-Reillo, *Hand geometry pattern recognition through Gaussian mixture modeling*, in 15th International Conference on Pattern Recognition, Vol1.2, Pp. 937-940 (Sep, 2000).