

Biometrija in samodejno prepoznavanje prstnih odtisov ter njihova uporaba v industriji

Marko Kočevar¹, Zdravko Kačič², Amor Chowdhury¹, Bojan Kotnik¹

¹Margento R&D d.o.o., Gosposvetska cesta 84, 2000 Maribor, Slovenija

²Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija

marko.kocevar@margento.com

Biometrics and Automated Fingerprint System in their Industrial Applications

This paper describes an overview of Biometrics and Automated Fingerprint Recognition System (AFIS) and their industry applications. Biometrics is one of the ways of identifying and verifying the identity of individuals. The introductory Section provides the importance of biometrics and its most reliable physical feature – the identification of persons on the basis of fingerprints. Next, a system for automatic fingerprint recognition is presented and described. In recent years, the fingerprint image is the most popular and reliable process for personal identification. The identification of persons on the basis of fingerprint is one of the most important in industry in the future, because technological devices, applications, machines and other security systems to protect the individual are growing very quickly. We will also present examples of the use of automatic fingerprint recognition in the industry.

Kratek pregled prispevka

Članek podaja pregled biometrije in sistema za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov ter njeno uporaba v industriji. Biometrija je eden izmed načinov ugotavljanja oz. preverjanje identitete. V uvodnem poglavju predstavimo pomen biometrije in njeno najbolj zanesljivo fizično značilnost – prepoznavanje oseb na podlagi prstnih odtisov. Nato bomo predstavili in opisali sistem za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov. Podoba prstnega odtisa je v zadnjih letih najbolj razširjen in zanesljiv postopek za osebno identifikacijo in verifikacijo. Zaradi hitro rastočih tehnoloških naprav, aplikacij, strojev in drugih varnostnih sistemov za zaščito posameznika, je prepoznavanje oseb na podlagi prstnega odtisa ena izmed pomembnih priložnosti v industriji. Predstavili bomo tudi primere uporabe sistema za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov v industriji.

1 Uvod

Zaradi vse večjih zahtev po avtomatiziranosti, natančnosti in hitremu ugotavljanju identitete posameznika, se je biometrični sistem za prepoznavo oseb zelo dobro uveljavil in je vedno bolj prisoten v našem vsakdanjem življenju. Prednost biometričnih značilnosti je naslednja:

- so edinstvene,
- neprenosljive na drugo osebo,
- ne da se jih izgubiti in pozabiti,
- posameznik jih težko skrije ali spremeni,
- itd.

V uvodnem poglavju predstavimo pomen biometrije in njeno najbolj zanesljivo fizično značilnost – prepoznavanje oseb na podlagi prstnih odtisov. Nato bomo predstavili sistem za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov in njegova uporaba v industriji. V eksperimentalnih rezultatih bomo prikazali praktični prikaz sistema za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov.

1.1 Biometrija

Biometrija je veda, ki se ukvarja z prepoznavo oseb na podlagi njihovih telesnih, fizioloških in vedenjskih značilnosti. Vsak posameznik ima te značilnosti stalne in edinstvene, na podlagi katerih se ugotavlja njegova identiteta.

Biometrija se danes uporablja za identifikacijo ljudi glede na njihove značilnosti. Biometrija sodi v tisto skupino, ki temelji na "tistem, kar oseba je" (njegove vedenjske in fizične lastnosti). Takšen način preverjanja ima velike prsnosti napram ostalim, kot so npr. magnetne kartice, ki se lahko izgubijo, ukradejo, posodijo, osebna gesla se pozabijo, razkrijejo, ipd. Biometrične značilnosti ostanejo (vsaj načeloma) večne in se ne morejo izgubiti ali pozabiti, težko jih je reproducirati oz. prenesti na drugo osebo. Biometrija prav zato v sodobnem svetu pridobiva na pomenu, družbe pa so se glede dolgoročnega odnosa do biometrije znašle pred pomembnimi odločitvami. Uporaba biometrije vsekakor narašča in jo lahko zasledimo v številnih dejavnostih, kjer se uporablja za različne

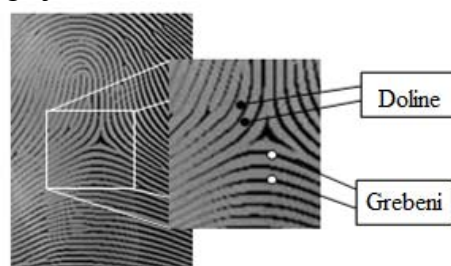
namene: obramba, nacionalna varnost, obveščevalna dejavnost, upravljanje zaporov, ukrepi na državnih mejah, potni listi, bančne in finančne institucije, informacijski sistemi, ipd. Poznamo dve vrsti preverjanja oseb:

- **Identifikacija** (določanje osebe na podlagi njenih biometričnih podatkov)
- **Verifikacija** (ali je oseba za katero se izdaja res ta oseba)

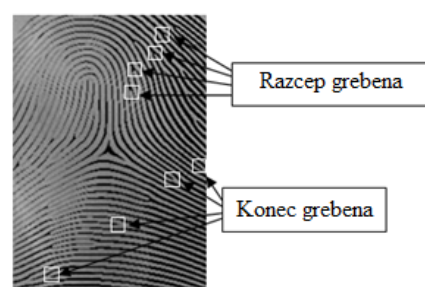
Biometrične metode delimo v dve skupini: fiziološke ali telesne (prstni odtis, obraz, vzorec šarenice, geometrija roke, itd.) in vedenjske (podpis, glas, tipkanje).

1.2 Prstni odtis

Prstni odtis je biometrična fiziološka značilnost, na katerem temelji verifikacija in identifikacija oseb. Med vsemi biometričnimi značilnostmi (šarenica, obraz, glas, dlan, itd.), spada prstni odtis v najvišjo stopnjo zanesljivosti [1]. Površina prstnega odtisa je sestavljena iz grebenov (črne črte) in dolin (bele črte), glej sliko 1.



Slika 1: Grebeni in doline na površini prstnega odtisa



Slika 2: Točki minucij, kjer se greben konča in kjer se grebena zaključijo

Najbolj znane značilnosti prstnega odtisa se imenujejo minucije [1]. Najbolj uporabni sta dve vrsti minucij (slika 2):

- zaključek minucij: kjer se greben konča in
- razcep minucij: kjer se greben razcepi v dva grebena.

2 Sistem za samodejno prepoznavanje prstnega odtisa

Sistem za samodejno prepoznavanje prstnega odtisa je sestavljen iz naslednjih korakov: zajemanje slike prstnega odtisa, izboljšanje slike prstnega odtisa, izločanje značilk prstnega odtisa, ujemanje značilk prstnega odtisa in klasifikacija značilk prstnega odtisa.

2.1 Zajemanje slike prstnega odtisa

Za zajemanje slike prstnega odtisa se uporabljajo dve tehniki [1]:

- Statično zajemanje slike: na površini okenca senzorja, ki je enake velikosti kot prstni odtis pritisnemo prst za toliko časa, kolikor je potrebno za zajem slike (slika 3).
- Drugi način zajemanja je uporaba pravokotnega okenca, ki ima enako širino kot slika in le nekaj točk višine, preko katerega navpično potegnemo s prstom (slika 4).



Slika 3. Senzor za statično zajemanje prstnega odtisa



Slika 4. Senzor na poteg

2.2 Izboljšanje slike prstnega odtisa

Slika zajetega prstnega odtisa mora biti izboljšana, da se poveča natančnost prepoznave posameznika. Problem je, da so prsti izpostavljeni mnogim nalogam, zato so lahko umazani, vlažni, suhi, obrabljeni, itd [5]. Sliko prstnega odtisa je potrebno zato izboljšati, da lahko jasno določimo strukturo grebenov in dolin. Izboljšanje slike prstnega odtisa lahko

opravimo v prostorski domeni, frekvenčni domeni in s kombinacijo obeh domen [1].

Tehnike v prostorski domeni vključujejo prostorsko konvolucijo z maskami filtra, ki je dokaj preprosta tehnika. Zaradi računskih razlogov morajo biti uporabljene maske majhne v prostorskem obsegu.

Znano je, da je množenje točke s točko v Fourierjevi domeni enako kot konvolucija v prostorski domeni (Gonzales in Woods, 1992). Za računanje konvolucij lahko v frekvenčni domeni uporabimo filtre na celotni sliki in ne samo na majhnem območju, kot v prostorski domeni.

2.3 Izločanje značilk

Prstni odtisi so sestavljeni iz edinstvenih vzorcev grebenov (dvignjena območja) in dolin (prostor med grebeni). Identifikacija temelji ponavadi na točkah minucij, ki se nahajajo na grebenih. Minucija je točka, kjer se greben konča (konec grebena) ali pa se razcepi (razcep grebena), kot je prikazano na sliki 2. Vsaki minuciji je dodeljena informacija, kot je vrsta, lokacija in smer. Algoritmi za zaznavanje minucij morajo učinkovito in natančno locirati točke minucij. Za zaznavanje minucij obstaja okoli štiri kategorij algoritmov [1].

- Prva kategorija metod temelji na izločanju minucij neposredno iz sivinske slike, brez uporabe binarizacije in obdelave tanjšanja robov.
- Druga kategorija temelji na izločanju minucij iz binarne slike vzorcev
- Tretja kategorija temelji na izločanju minucij z metodo strojnega učenja
- Četrta kategorija temelji na izločanju minucij iz binarnega skeleta

Na osnovi izločenih minucij se nato ustvari predloga, ki je potrebna za naslednji korak ujemanja dveh prstnih odtisov na podlagi minucij.

2.4 Ujemanje

Algoritem za ujemanje prstnega odtisa primerja dva odtisa in vrne bodisi stopnjo podobnosti (izid med 0 in 1) ali binarno odločitev (ujemanje/neujemanje). Nekateri algoritmi delujejo neposredno na sivinski sliki,

večina algoritmov ujemanja pa zahteva vmesni korak, v katerem izločimo minucije.

Sistem za ujemanje minucij odloči, katera izločena minucija iz novega vzorca se ujema ali neujema z predlogo. Za ujemanje obstaja ponavadi neka mejna vrednost. Če je rezultat nad to mejo, je identiteta osebe preverjena, v nasprotnem primeru pa je zavrnjena.

2.5 Klasifikacija

Klasifikacija prstnega odtisa je pomemben korak v sistemu samodejne identifikacije prstnega odtisa [1]. Z klasifikacijo dosežemo zmanjšanje primerjav prstnega odtisa po sistemu ena na ena. Za identifikacijo določene osebe je potrebno primerjati trenutno preverjeni prstni odtis te osebe z vsemi odtisi, ki so shranjeni v podatkovni bazi. Ta baza je lahko zelo velika, tudi do nekaj milijonov prstnih odtisov. V takem primeru traja identifikacija nesprijemljivo dolgo časa, zato je običajna strategija, da razdelimo podatkovno bazo prstnih odtisov v številne bine, ki temeljijo na vnaprej definiranih razredih. Prstni odtis, ki bo identificiran, se primerja samo z prstnim odtisom, ki je v posameznem binu podatkovne baze in na osnovi njegovega razreda. Čeprav se ujemanje prstnega odtisa izvaja ponavadi na lokalnih značilkah (minucijah), temelji klasifikacija na osnovi globalnih značilk (globalne strukture grebena in singularnosti).

2.6 Uporaba prstnega odtisa v industriji

Uporaba biometrije se vse bolj uveljavlja v vseh področjih našega življenja (slika 5):

- **Avtomobilska industrija:** tako imenovani biometrični avti, biometrični motorji (prstni odtis deluje kot ključ za zagon motorja ali avtomobila, alarm, odklenitev avtomobila, itd).
- **Računalniška in mobilna industrija:** čitalci prstnih odtisov v prenosnih računalnikih, mobilnikih, zunanje pomnilniške naprave, tipkovnice, itd.
- **Orožarska industrija:** strelno orožje, ki je zaščiteno na osnovi prstnega odtisa. Lastnik pištole se z preverjanjem prstnega odtisa identificira in tako samo on uporabi strelno orožje.

- **Industrija na področju varnosti:** Prepoznavanje osebe na podlagi prstnih odtisov je najbolj zanesljiva telesna značilnost biometrije, zato se uporablja na objektih in napravah, kjer je potrebna visoka varnost. Najstrožje varovani objekti so že opremljeni z sistemom samodejnega prepoznavanja prstnih odtisov, kjer se oseba identificira ali verificira za vstop v objekt.



Slika 5: a) Biometrični motor; b) biometrični avto; c) računalniške in mobilne biometrične naprave; d) biometrično strelno orožje; e) biometrični sef; f) biometrična kljuka

2.7 Eksperimentalni prikaz

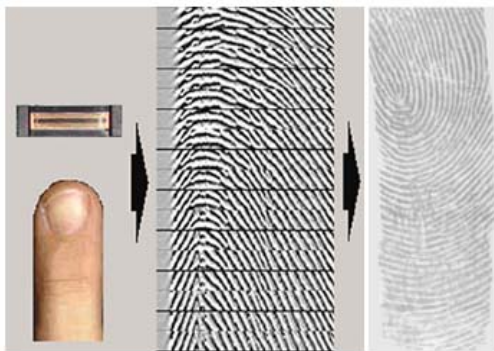
V eksperimentalnem delu smo prikazali praktični postopek korakov sistema za samodejno prepoznavanja prstnih odtisov.

2.8 Zajemanje slike

Sliko prstnega odtisa smo zajeli s termičnim snezorjem na poteg (slika 6).

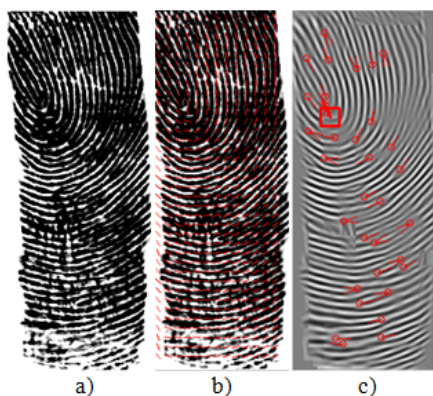
2.9 Izboljšanje slike in izločanje značilk

Sliko prstnega odtisa smo izboljšali z popularnim Hongovim algoritmom [2]. S postopkom normalizacije smo zajeto sivinsko sliko $im(i,j)$ normalizirali, da smo dobili enokomerno vrednost pikselov sivine v sliki prstnega odtisa.



Slika 6: Zajemanje prstnega odtisa s senzorjem na poteg

Slika 7.a prikazuje normalizirano sliko prstnega odtisa, slika 7.b prikazuje smer grebenov v normalizirani sliki, ki smo ga določili na osnovi gradientne metode z Sobel algoritmom [3]. Slika 7.c pa prikazuje izboljšano sliko z Gaborjevimi filtri [2].



Slika 7: a) normalizirana slika; b) smer grebenov v normalizirani sliki; c) Izboljšana slika prstnega odtisa in izločene minucije

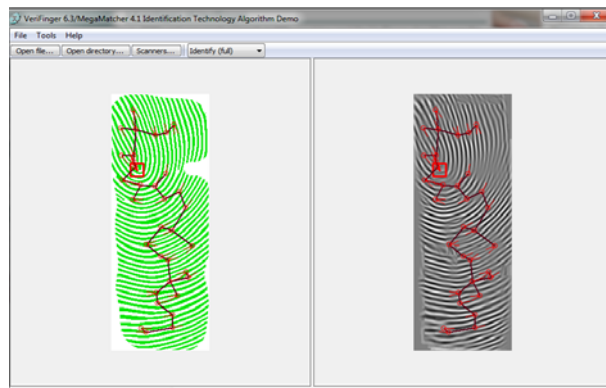
2.10 Ujemanje značilk

Ujemanje dveh prstnih odtisov na osnovi minucij smo opravili z Verifinger SDK [4].

3 Zaključek

Članek podaja pregled biometrične prepoznavne osebe na podlagi prstnega odtisa in njegova uporaba v industriji. Biometrična prepoznavna, zaradi vse večjih zahtev po hitrem, natančnem in avtomatiziranem ugotavljanju identitete posameznika oseb, zelo hitro prodira v vsakdanji način življenja ljudi in bo v prihodnosti prisotna na vseh področjih, kjer je potrebna identifikacija in verifikacija. Med vsemi biometričnimi lastnostmi spada prstni odtis

med najbolj zanesljive in natančne značilnosti. Vendar pa je lahko zaradi slabe kvalitete prstnega odtisa uspešnost sistema za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov manjša oz napačna. Izboljšanje slike prstnega odtisa je zato ključni korak v sistemu za samodejno prepoznavanje prstnih odtisov.



Slika 8: Prikaz enako povezanih minucij v sliki prstnega odtisa

4 Literatura

- [1] Maltoni D, Maio D, and Jain A K, "Handbook of Fingerprint Recognition," Second Edition, Springer-Verlag New York, Inc., 2009.
- [2] L. Hong, Y. Wan and A. K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithms and Performance Evaluation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, 1998.
- [3] Spletna stran wikipedia, dosegljivo na: http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator (zadnji obisk: dne 6.2.2013)
- [4] <http://www.neurotechnology.com/verifinger.html> (zadnji obisk: dne 19.2.2013)
- [5] M. Kočevar, Z. Kačič, A. Chowdhury, B. Kotnik, Izboljšanje popačene slike prstnega odtisa z Gaborjevimi filtri in ocenjevanje kvalitete slike, ERK konferenca, 2012

5 Zahvala

Sem mladi raziskovalec iz gospodarstva – generacija 2010, ki me delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Kot mladi raziskovalec sem nastopil z delom dne 1.2.2011 v Margento R&D, družba za raziskave in razvoj elektronskega plačevanja in transakcijskih rešitev d.o.o.

