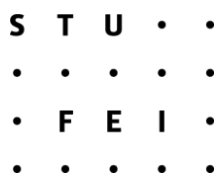


FEI STU



Tímový projekt

DACTYLOS

**Možnosti neurónových sietí v oblasti
automatizovaných daktyloskopických systémov**

Školiace pracovisko:

Ústav informatiky a matematiky

Školiteľ:

Ing. Pavol Marák, Ing. Alexander Hambalík, PhD.

Bratislava 2014

Riešiteľský kolektív

Obsah

Zoznam použitých skratiek	3
Oficiálne zadanie	4
Anotácia tímového projektu:	4
Úlohy:	4
Zadávatel' tímového projektu:	4
Úvod	5
1. Ponuka	6
1.1. Členovia tímu.....	6
1.2. Motivácia	7
1.3. Návrh Riešenia.....	7
1.4. Predpokladané zdroje	8
1.5. Osobný rozvrh členov tímu	8
2. Biometria a odtlačky prstov	9
2.1. Súčasný stav vo svete	9
2.1.1. Súčasnosc' voči histórií.	9
2.1.2. Fyziologický zákon (Pješčak, 1981).....	9
2.1.3. Charakteristika biometrických systémov	9
2.2. Neurónové siete	10
2.3. Klasifikácia papilárnych línií.....	11
2.3.1. Všeobecná klasifikácia	11
2.3.2. Výskyt na území SR.....	12
3. Aplikácia	12
3.1. Predspracovanie	12
3.2. Databáza odtlačkov	15
4. Zhodnotenie výsledkov	15
4.1. Zimný semester	15
5. Literatúra	15
6. Zoznam príloh.....	16
 Obrázok 1: Typy ukončenia	12
Obrázok 2:frekvenčný výskyt ukončení pre SR.....	12
Obrázok 3: Segmentácia - vľavo bez filtra, vpravo po aplikácia filtra	13
Obrázok 4:Orientácia papilárnych línií	13
Obrázok 5: Vľavo spojené okraje PL, vpravo nespojené okraje PL.....	14

Obrázok 6: Porovnanie po binarizácii.....	14
Obrázok 7: Stenčenie papilárnych línií	15

Zoznam použitých skratiek

NS/NN – neural system/neural network

PPI – pixels per inch (pixel na palec)

NIST – National Institute of Standards and Technology

PL – papilárne línie.

Oficiálne zadanie

Anotácia tímového projektu:

Tímový projekt je zameraný na zmapovanie možností využitia neurónových sietí v oblasti automatizovaných daktyloskopických systémov a na základe zistení vytvoriť pilotnú implementáciu softvéru na extrakciu charakteristických vlastností (markantov). Implementácia bude schopná zisťovať vlastnosti jednoduchších, ale najmä komplexných vzorov odtlačku. V prvej fáze je potrebné vykonať prieskum relevantných literárnych zdrojov. Treba sa zamerať sa na tie zdroje, ktoré dokumentujú existujúce možnosti využitia neurónových sietí na rôznych úrovniach spracovania obrazov odtlačkov prstov a štandardné postupy extrakcie charakteristických vlastností odtlačkov. Ideový návrh riešenia má byť vo forme porovnateľných blokových schém vysvetľujúcich základný princíp činnosti zvolených algoritmov. V prípade neurónových sietí je potrebnou súčasťou návrhu špecifikácia architektúry neurónovej siete. Implementácia predpokladá aj využitie grafického užívateľského rozhrania. V poslednej fáze projektu sa vykoná porovnávanie výsledkov implementovaných algoritmov, odhalia sa kritické miesta riešenia a navrhnu sa opatrenia na optimalizáciu algoritmov.

Úlohy:

1. Prieskum možností využitia neurónových sietí v daktyloskopii
2. Identifikovať primárne oblasti ich nasadenia vzhľadom na súčasný technologický stav
3. Navrhnuť, implementovať, pilotne testovať vlastný softvérový systém s grafickým užívateľským rozhraním, ktorý bude realizovať extrakciu charakteristických vlastností odtlačkov konvenčnými metódami a metódami založenými na umelých neurónových sieťach
4. Porovnať výsledky oboch typov metód a sformulovať odporúčania z výsledkov experimentov

Zadávatel' tímového projektu:

- Ing. Pavol Marák
- Ing. Alexander Hambalík, PhD.

Riešiteľský kolektív:

1. Róbert Mokráš (BIS)
2. Tibor Pethő (BIS)
3. Miloslav Kriško (BIS)
4. Katarína Hanzlová (BIS)
5. Ľudovít Kollman (BIS)
6. Gergely Czakó (BIS)
7. Khaled Jamal Raddawi

Úvod

Tento projekt vznikol vzhľadom nato, že identifikácia osôb na základe daktyloskopických metód, je v dnešnom svete čím viac používaná. Rozhodli sme sa preto, že vytvoríme aplikáciu na extrakciu charakteristických vlastností (markantov). Chceme pritom preskúmať možné využitie neurónových sietí na oblasť automatizovaných daktyloskopických systémov a na tomto základe vytvoriť pilotnú implementáciu softvéru. Neurónové siete majú využitie vo viacerých odvetviach, avšak nikto presne nešpecifikoval využitie na daktyloskopické účely. Chceme vytvoriť jednoduchú, prehľadnú a najmä užívateľsky prívetivú aplikáciu, aby s ňou vedeli narábať ľudia bez výraznejších komplikácií.

1. Ponuka

1.1.Členovia tímu

Bc. Róbert Mokráš

Bakalárska práca	<i>Softvérové spracovanie odtlačkov prstov</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, Html, UML, OpenCV</i>

Úloha v tíme: vývojár

Bc. Tibor Pethő

Bakalárska práca	<i>Štatistická analýza RSA generátora</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, Html, CSS, UML</i>

Úloha v tíme: vývojár

Bc. Ľudovít Kollman

Bakalárska práca	<i>Adaptívna steganografia a metóda MELSBR</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, C#, UML, Latex</i>

Úloha v tíme: vývojár

Bc. Gergely Czakó

Bakalárska práca	<i>Použitie rôznych heuristických metód pri lúštení klasických šifier</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, Html, UML, Latex</i>

Úloha v tíme: vývojár

Bc. Miloslav Kriško

Bakalárska práca	<i>Hyper-heuristiky na nastavenie genetických algoritmov pri lúštení klasických šifier</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, Html, UML, Latex</i>

Úloha v tíme: reportér

Bc. Katarína Hanzlová

Bakalárska práca	<i>Steganografická metóda generovania obrázka</i>
Inžinierske predmety súvisiace s témou	<i>Biometria, Strojové učenie a neurónové siete, Počítačová grafika</i>
Počítačové znalosti	<i>C/C++, Java, Html, UML, Latex</i>

Úloha v tíme: manažér

Bc. Khaled Jamal Raddawi Bachelor in Communications Technology Engineering. MAMOUN PRIVATE UNIVERSITY FOR SCIENCE & TECHNOLOGY, Faculty of Engineering and Technology, Syrian Arab Republic.

Úloha v tíme: tester

1.2.Motivácia

Motiváciou k vypracovaniu projektu s názvom *Možnosti neurónových sietí v oblasti automatizovaných daktyloskopických systémov* je čoraz vyšší záujem o biometrickú bezpečnosť, konkrétne o odtlačky prstov. ktoré sa využívajú ako pri identifikácii osoby. Ďalšou motiváciou je zahrnutie neurónových sietí do softvéru pre spracovanie odtlačkov prstov, čím môžeme dosiahnuť vyššiu rýchlosť identifikovania markantov a zároveň väčší počet korektne odhalených markantov. Hlavnou motiváciou k vypracovaniu tohto projektu je to, že sa púšťame do nového spôsobu softvérového vyhľadávania markantov, ktorý doposiaľ nebol nikým implementovaný a ani dôkladne preskúmaný.

1.3.Návrh Riešenia

1. Preskúmať možnosti aplikovania neurónových sietí na odtlačky prstov.
2. Pre zvýšenie kvality odtlačku prsta aplikovať na obrázok obrazové predspracovanie, ktoré sa skladá:
 - a. Segmentácia daktyloskopického vzoru (odstránenie pozadia od popredia)
 - b. Normalizácia Histogramu odtlačku prsta (zvýraznenie papilárnych línií)
 - c. Gáborov filter (doplnenie poškodených častí), ktorý má ako vstupné parametre smerovú a frekvenčnú mapu odtlačku prsta
 - d. Binarizácia daktyloskopického vzoru (priradenie pixelom hodnotu 0 alebo 255)
 - e. Zúženie hrúbky papilárnych línií (papilárne línie sa zúžia na 1 pixel)
3. Vyhľadávanie markantov za pomoci neurónových sietí.
4. Testovanie softvéru a porovnávanie s doterajšími metódami pre vyhľadávanie markantov.
5. Vytvorenie grafického rozhrania pre softvér na spracovanie odtlačkov prstov.

1.4.Predpokladané zdroje

Pre spustenie softvéru určeného na detekciu markantov za pomoci neurónových sietí nám bude z hľadiska hardvéru postačovať obyčajný stolový počítač alebo notebook. Program bude bežať pod operačným systémom Windows XP (a vyššie) a bude vytváraný v programovacom jazyku C++ za pomoci knižnice OpenCV vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio 2010 (a vyššie). Nakoniec bude potrebná databáza odtlačkov prstov pre natrénovanie a testovanie neurónových sietí.

1.5.Osobný rozvrh členov tímu

	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Pondelok			Počítačová grafika			
Utorok			Účtovníctvo			
Streda				SUNS		
Štvrtok	Podnikový manažment			ŠKS		
Piatok		Teória kódovania				

13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
Teória kódovania		Počítačová grafika					
Účtovníctvo		SUNS		Podnikový manažment		Podnikový manažment	
Podnikový manažment							
ŠKS							

Prednáška – zelený blok.

Cvičenie – modrý blok

Podnikový manažment utorok 13:00 – 15:00 Bc. Tibor Pethő, Bc. Katarína Hanzlová

Podnikový manažment utorok 17:00 – 19:00 Bc. Gergey Czako

Podnikový manažment utorok 19:00 – 21:00 Bc. Miloslav Kriško, Bc. Ľudovít Kollman

Účtovníctvo Bc. Róbert Mokráš

2. Biometria a odtlačky prstov

2.1. Súčasný stav vo svete

2.1.1. Súčasnosť voči histórii.

V súčasnosti žijeme v pokročilej dobe, kde vlastníctvo informácií a údajov predstavuje mnohokrát určitú výhodu pre majiteľa. Kvôli tomu vzniká obava, že by chcel niekto k týmto údajom neoprávnene pristúpiť. Krádež dát z počítača môže mať katastrofálny dopad na existenciu firmu alebo jednotlivca. Navyše v dnešnej dobe prostredníctvom biometrie, dokážeme pristúpiť do určitých kancelárií, budov, trezorov alebo sa dokážeme, ich pomocou pristúpiť k zariadeniam, serverom a údajom.

2.1.2. Fyziologický zákon (Pješčak, 1981)

- Nie sú na svete dvaja jedinci, ktorí by mali rovnaké obrazce papilárnych línií.
- Obrazce papilárnych línií zostávajú po celý život rovnaké a nemenné.
- Papilárne línie sú neodstrániteľné, pokiaľ nie je odstránená zárodočná vrstva kože.

2.1.3. Charakteristika biometrických systémov

Pracuje jedným z dvoch režimov

- Identifikácia – proces, v ktorom hľadáme správnu identitu medzi mnohými identitami v databáze. Je to porovnávanie „jedna ku N“. Biometrické dáta, ktoré poskytujeme systému sa porovnávajú postupne so vzormi v databáze až kým sa nenájde vyhovujúci vzor.
- Verifikácia – postup, spočívajúci v overení biometrickej črty jednotlivca s jedným vzorom v databáze biometrického systému. Je to porovnanie „jedna k jednej“ a vypovedá o tom, či je osoba tá, ktorou tvrdí, že je. Užívateľ predloží svoju identitu napr. pomocou PIN alebo hesla a tá sa potom overí porovnaním biometrických dát.

Popis krokov činnosti biometrického systému (Dessimoz et al.2005,)

- **Snímanie** – prvou činnosťou biometrického systému, ktorá je digitalizuje snímaný objekt (pokožku, sieťnicu oka, hlas) pomocou vstupného zariadenia – snímača.
- **Počiatkové spracovanie dát** – spočíva v normalizácii, odstránení nežiadúcich artefaktov alebo eliminácii zdrojov poškodenia dát. V prípade obrazu odtlačku prstu sa vykonáva korekcia rotácie odtlačku alebo stenčenie čiar.
- Z upravených dát sa v procese **extrakcie črt** vyberú len kritické časti, ktoré sa budú využívať na porovnávanie. Z týchto dát sa nedá jednoducho zrekonštruovať pôvodný zosnímaný obsah.
- Vo fáze **finálneho spracovania** (Maltoni et al.,2009) prejdú extrahované dáta procesom korekcie, ktorý tak pripraví dáta na klasifikáciu a porovnávanie.
- V ďalšej fáze sa z príslušných údajov **vytvárajú vzory** resp. používateľské modely pre účely budúceho porovnania identity a ukladajú sa do databázy. Zosnímané odtlačky prejdú cez fázu kontroly kvality a extrakciu črt. Z týchto črt sa následne vytvorí spomínaný vzor. Je dôležité aby bol úsporný a zároveň jedinečný.

- **Fáza výpočtu prahovej hodnoty** môže byť chápaná ako nastavenie určitej systémovej hranice, ktorú musí pravdepodobnosť zhody medzi dvomi biometrickými údajmi prekonať, aby bolo možné osobu rozpoznať.
- **Porovnanie vzoru so zosnímanými údajmi** je jedným z najdôležitejších procesov systému. Jeho výsledkom je skóre určujúce pravdepodobnosť zhody. Aby sa redukoval čas potrebný na nájdenie príslušného vzoru v databáze tak sa zavádzajú klasifikačné techniky, pomocou ktorých nemusíme prehľadať celú databázu, ale len jej časť.

2.2.Neurónové siete

Neurónová sieť je výpočtový model, zostavený na základe abstrakcie vlastností biologických nervových systémov. Základnou časťou neurónovej siete je model neurónu s N vstupmi a M výstupmi, ktorý spracúva informáciu podľa určitých pravidiel.

2.2.1. Rozdelenie podľa architektúry

- Perceptón
- Viacvrstvová sieť
- Rekurentná sieť
- Hopfieldova sieť
- Kohonenova sieť
- Radial base

Každá zo spomínaných architektúr je vhodná na iný typ úloh.

2.2.2. Vlastnosti

Základnou vlastnosťou neurónových sietí je schopnosť abstrakcie pravidiel medzi vstupnými a výstupnými hodnotami prezentovanými vo vhodnej forme a následnou aplikáciou získaných pravidiel na akékoľvek vstupné hodnoty. Neurónové siete sa využívajú v regulačnej a simulačnej technike. Proces abstrakcie sa nazýva učenie, a môže prebiehať s učiteľom alebo bez učiteľa. Počas tohto procesu sa aktualizujú hodnoty váhových spojení. V literatúre je popísaných niekoľko učiacich algoritmov. Po ukončení učenia, sa už hodnoty váh nemenia a sieť produkuje výstupy podľa uvedeného pravidla aplikovaného na vstupné hodnoty.

2.2.3. Využitie

- Rozpoznávanie vzoriek – obrázkov (fotky, odtlačky, zreničky, atď...), písma
- Univerzálny systémový invertor – dokáž zmeniť funkciu $F(x)$ na $\frac{1}{F(x)}$ aj takých, čo sa inak matematicky nedajú.
- Univerzálny systémový aproximátor – vie napodobniť správanie každého systému ako fyzikálneho tak i masovú psychológiu trhu
- Umelá inteligencia - hlavne podpora rozhodovania, rozpoznávanie signálov, v tomto prípade sa kombinuje s klasickými počítačovými algoritmami, pričom neurónová sieť častejšie len premieňa údaje, ktoré klasická binárna logika nespracuje na údaje ktoré spracuje. Čisté umelé inteligencie založené len na neurónových sieťach sa ukázali ako nepraktické.

2.2.4. Výhody

- Paralelné spracovanie informácií, umožňujúce pri vhodnom hardvéri rozdeliť výpočet na niekoľko súbežných procesorov.
- Nevyžaduje akúkoľvek informáciu o štruktúre procesu, na ktorý je aplikovaný.
- Zahŕňa v sebe možnosť adaptácie na zmenu parametrov, pokiaľ sa aplikuje aj s učiacim algoritmom.
- Je vhodné pre úlohy identifikácie, aproximácie, klasifikácie a triedenia vzorov.
- Siete sú rýchle ak sa implementujú bez učiaceho algoritmu.
- Umožňuje abstrahovať riadiace pravidlá iného regulátora (napr. človeka, alebo regulátora s dlhými výpočtovými časmi) a nahradiť ich.
- Poskytujú redukciu rozmeru dát do menej rozmerného priestoru.
- Sú univerzálnym aproximátorom, schopným aproximovať akúkoľvek spojitú funkciu s ľubovoľnou presnosťou.

2.2.5. Nevýhody

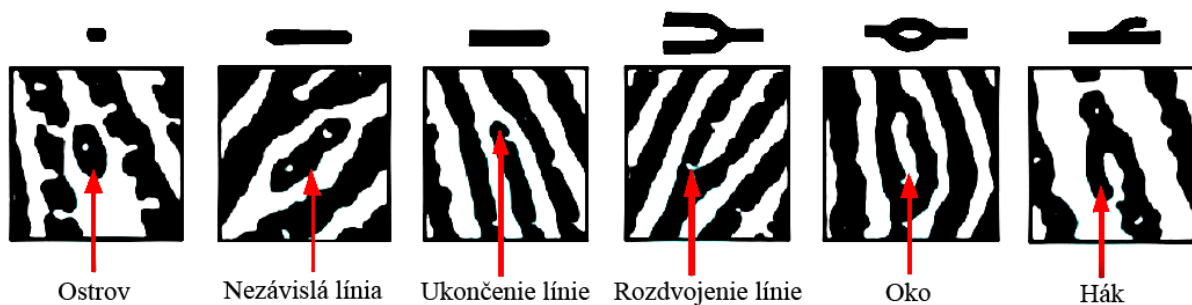
- Nie je vypracovaná žiadna metodika pre návrh architektúry siete a voľbu funkcií opisujúcich neurón. Pri implementácii sa preto postupuje metódou pokus-omyl, čo zvyšuje časové nároky riešenia.
- Nie je vhodný pre systémy vyžadujúce presné riešenie (na to sú ale lepšie lineárne systémy, s ktorými sa neurónová sieť dá kombinovať).
- Učenie trvá zvyčajne dlho (menej pri gradientových metódach, viac pri mutácii). Existujú *neuro-fuzzy* systémy, ktoré sa učia enormne rýchlo

2.2.6. Využitie neurónových sietí pre spracovanie odtlačkov

Tento bod je úlohou tímového projektu. Naša predstava spočíva v implementácii predspracovania k vytvoreniu tzv. validačnej zložky pre ns. Ďalej by do neurónovej siete ideologicky mal vstupovať neupravený obrázok odtlačku prstu a následne by sme mali dostať rovnaký výstup, ako keď ho manuálne podrobíme predspracovaniu a všetkými ďalšími krokmi.

2.3. Klasifikácia papilárnych línií

2.3.1. Všeobecná klasifikácia



Obrázok 1: Typy ukončenia

2.3.2. Výskyt na území SR

Minutiae name	Shape	Frequency of occurrence in % (Slovak population)
Bifurcation		43,02
Ending		35,94
Short ridge		6,94
Lake/Eye		3,67
Overlap		3,29
Point		2,84
Break		2,76
Bridge		0,84
Crossbar		0,78
Opposite bifurcations		0,17
Dock		0,13
Trifurcation		0,07

Obrázok 2: frekvenčný výskyt ukončení pre SR

3. Aplikácia

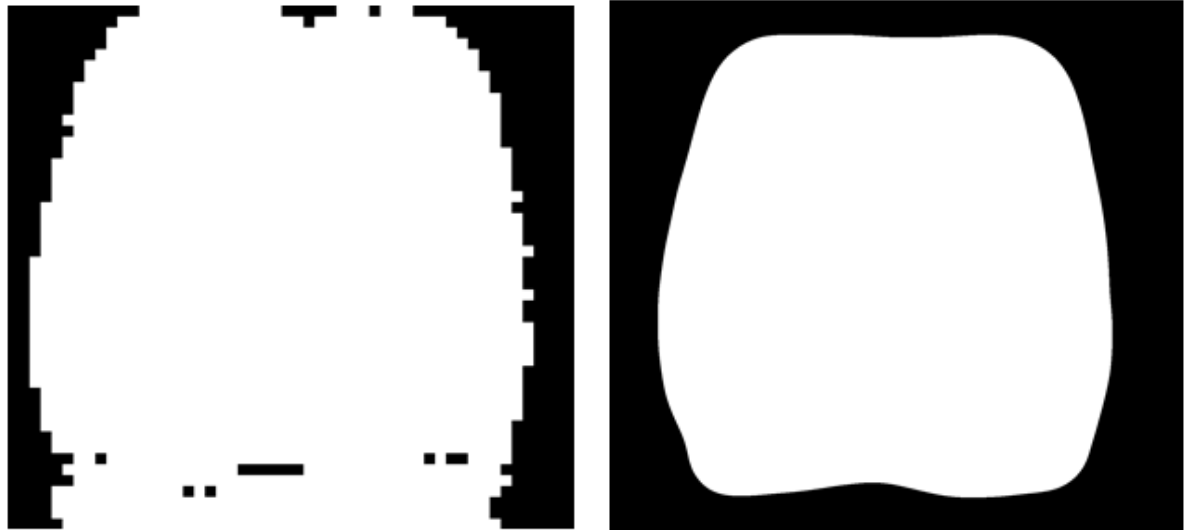
Inštalácia bez aplikácie neuronových sietí:

Aplikácia je podrobnejšie popísaná v prílohe (6.1). Na jej plnohodnotné fungovanie je potrebný OS Windows 7 a novší, .NET Framework 4.0.2 a vyšší, všetky .dll súbory, ktoré sa nachádzajú v priečinku dll, ktorý sa musí nachádzať v priečinku kde je .exe súbor (teda, všetky .dll súbory aj .exe v rovnakom priečinku).

3.1. Predspracovanie

Najdôležitejšou časťou aplikácie je práve predspracovanie, ktoré slúži na prípravu odtlačku prstu, aby sa dalo ďalej používať na testovanie. V tejto fáze projektu, bude slúžiť ako príprava dát pre natréňovanie neurónových sietí. Podrobnejšie jednotlivé funkcie sú popísané v prílohe (6.2 a 6.3).

3.1.1. **Segmentácia**- proces oddelenia odtlačku prsta od nežiaduceho pozadia. Pozadie sa vyznačuje svetlejšou farbou, kde môžu byť zanechané odtlačky prachu alebo rôzne nečistoty pri skenovaní. Tým pádom je v pozadí menšia intenzita striedania tmavších a bledších pixelov. Naopak pri popredí (samotnom odtlačku) je väčšie striedanie tmavších pixelov (vrcholy) a bledších pixelov (údolia). Vďaka tejto premenlivosti jednoducho rozlíšime pozadie od popredia.



Obrázok 3: Segmentácia - vľavo bez filtra, vpravo po aplikácii filtra

3.1.2. Orientačná mapa

Ako najdôležitejšia časť obrazového predspracovania je Gáborov filter, ktorý pozostáva zo smerovej mapy odtlačku prsta. Smerovú mapu sme si vytvorili tak, že sme obrázok rozdelili na bloky 31x31, v ktorých sme si vypočítali orientáciu papilárnej línie. Bloky musia mať nepárnu hodnotu. Orientáciu sme si vypočítali tak, že sme si vypočítali gradienty (kolmé vektory na papilárne línie) v ose x a y za pomoci funkcie Sobel().

Dostávame maticu, do ktorej sa uložili smery blokov. Orientácie je v intervale $\langle 0, \pi \rangle$.



Obrázok 4: Orientácia papilárnych línií

- 3.1.3. **Gáborov filter** – viacej krát sa stretne s odtlačkom prsta, ktorý nie je v 100% kvalite. Koža môže byť príliš zošúchaná alebo inak mechanicky či chemicky poškodená. Alebo sa môže stať, že pri snímaní odtlačku sa vyvíja nadmerný tlak, čím sa nám spájajú PL. Pre opätovné spojenie a zvýraznenie PL sa používa práve tento filter.



Obrázok 5: Vľavo spojené okraje PL, vpravo nespojené okraje PL

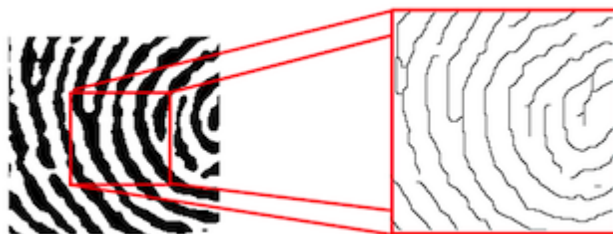
- 3.1.4. **Binarizácia**- Pre správne extrahovanie markantov z odtlačku prsta potrebujeme zaručiť, aby mali pixli hodnotu 0 alebo 255 (biely a čierny). Výstup z Gáborovho filtra za použitia smerovej mapy nám dáva už zväčša čiernobiely výstup, ale na niektorých miestach sa ešte môžu vyskytnúť odtiene sivej farby. V odtlačku sa ponechajú pixli čiernej a bielej farby a pixlom, ktoré majú farby v odtieni šedej sa priradí buď čierna alebo biela farba. Poznáme dva druhy binarizácie a to adaptívna binarizácia a globálna binarizácia. Binarizácie sú podrobnejšie popísané v prílohe (6.3)



Obrázok 6: Porovnanie po binarizácii

- 3.1.5. **Thinning (Stenšovanie)** - Posledným krokom obrazového predspracovania je stenčenie papilárnych línií. Je to krok, kedy sa všetky papilárne línie zúžia na jedno-pixlovú dĺžku.

Tento krok je potrebný pre správne fungovanie algoritmov určených na vyhľadávanie markantov. Stenčením papilárnych línií nám môžu vzniknúť falošné markanty a taktiež sa menia súradnice týchto markantov. Pretože papilárne línie majú rôznu hrúbku, nemôžeme použiť algoritmus, ktorý nám tieto papilárne línie stenčí naraz. Výsledkom by bola rôzna hrúbka papilárnych línií. Stenčenie papilárnych línií sa aplikuje postupne, aby sme vždy dostali jedno-pixlovú dĺžku.



Obrázok 7: Stenčenie papilárnych línií

3.2. Databáza odtlačkov

V rámci testovania aplikácie využívame databázu NIST Special Database 27/a. Táto databáza obsahuje odtlačky rozmerov 500 a 1000 ppi. Využívame túto databázu z dôvodu voľného bezplatného prístupu, pričom na naše testy je rozmer odtlačkov vyhovujúci. Link na stiahnutie databázi:

<http://www.nist.gov/itl/iad/ig/sd27a.cfm>

4. Zhodnotenie výsledkov

4.1. Zimný semester

V rámci zimného semestra sme dokončili predspracovanie v aplikácii. Čo nám ďalej umožňuje prejsť na implementáciu neurónových sietí. Problémom avšak ešte ostávajú vhodné parametre, ktoré potrebujeme v rámci ns zaradiť ako validačné. Tento problém, momentálne odstraňujú tester s manažérkou, ktorý testujú rôzne nastavenia aby sme dosiahli požadovaný výsledok. Na testovanie používame rôzne obrázky, ktoré boli nájdené z google, NIST Special Database 27/a. Výsledky doposiaľ získané sú prospešné, lebo sme zistili, že naše predspracovanie je spravené správne. Skúšali sme aj implementáciu ns, avšak ani vzorové príklady nevychádzali pre nás z neznámych dôvodov. Na tento problém sa taktiež začal zapájať aj Ing. Pavol Marák spolu s našimi vývojármi, špeciálne určenými na ns.

5. Literatúra

- 5.1. Bakalárska práca: Rozpoznávanie a spracovanie odtlačkov prstov pomocou informačných technológií [autor: Ing. Pavol Marák]
- 5.2. Bakalárska práca: Softvérové spracovanie odtlačkov prstov [autor: Bc. Róbert Mokráš]

6. Zoznam príloh

- 6.1. Používateľská dokumentácia
- 6.2. Technická dokumentácia
- 6.3. Bakalárska práca Róbert Mokráš
- 6.4. Investigation into the Impact of False Minutiae Points on Fingerprint Matching