

Metoda odhadu realističnosti otisku prstu

Jan Bíl¹

¹xbilja00@stud.vutbr.cz

ABSTRACT

Cílem této práce je navrhnout a implementovat metodu, které posoudí otisk prstu z pohledu jeho vzhledu pro člověka.

Keywords: fingerprint, biometrics, minutiae, Gabor filtering, local orientation of ridges

ÚVOD

Tato práce dokumentuje navrženou a implementovanou metodu pro odhad realističnosti otisku prstu pro člověka. Jsou popsány techniky, které jsou použity a proč se používají. Také jsou ukázány příklady, které ukazují funkcionalitu metody.

NÁVRH METODY

Navržená metoda vychází z technik, které se používají ke zpracování otisku prstu a jejich identifikaci. Konkrétně se jedná o metody pro rozpoznání singulárních bodů otisku prstu a markantů otisku prstů.

Singulární body jsou body které určují jednu z 5 základních tříd otisku prstu. Rozpoznáváme 2 singulární body: delta a jádro. Bod delta je definován jako bod hřebenu v místě rozbíhání (setkávání) papilárních linií z různých směrů. Tento bod se společně s jeho okolím nazývá singularita typu delta. Bod jádro je definován jako bod ležící na vrcholu nejvnitřnějšího zakřiveného hřebenu. Každý otisk prstu obsahuje právě jedno jádro a žádnou až 2 delty. Pokud tedy není nalezeno jádro, je jich více než jedno nebo je nalezeno více než dvě delty, snižuje to realističnost otisku prstu. Falešně odhalené singulární body také odhalují prudké změny ve směrech papilárních liniích, což také snižuje realističnost otisku.

Druhou metodou je rozpoznávání markantů, což je ukončení nebo rozdělení papilárních linií. Neobvyklý (ať už velmi vysoký nebo nízký) počet těchto markantů naznačuje, že otisk není příliš reálný. Můžeme si například představit nereálný otisk složený z jen jedné zamotané papilární linie. Takový příklad by generoval jen 2 markanty zakončení. Reálné otisky prstů jich mohou obsahovat až 200.

DETEKCE SINGULÁRNÍCH BODŮ

Detekce singulárních bodů je založena na vytvoření pole orientací a výpočtu Poicarého indexu na základě tohoto pole. Celý výpočet je složen z několika kroků. Kazík (2011)

Detekce okrajů otisku prstu

Před samotným výpočtem se určí okraje otisku prstu. To slouží k odstranění falešně detekovaných singulárních bodů na okraji obrazu. Nejdříve se rozšíří linie, aby pokrývaly celý obraz pomocí funkce $cv2.dilate$ a následně se určí okraje této plochy. Ilustrováno v obrázku č. 1

Normalizace

Dalším přípravným krokem je normalizace obrazu. Hlavním účelem normalizace je snížit kolísání hodnot stupňů šedi podél hřebenů a údolí, což usnadňuje následné kroky zpracování.

Určení pole orientací

Pokud je I obraz otisku prstu ve stupních šedi a $I(x,y)$ vyjadřuje intenzitu pixelu v x -tém sloupci a v y -tém řádku a O je orientovaný obraz, potom je lokální orientace hřebenu $O(x,y)$ úhel, který svírají hřebeny v dostatečně malém okolí bodu (x,y) s horizontální osou. Jelikož hřebeny nemají určený směr je úhel $O(x,y)$ z intervalu od 0° do 180° . Kvůli snížení výpočetní náročnosti se orientace nepočítá pro každý

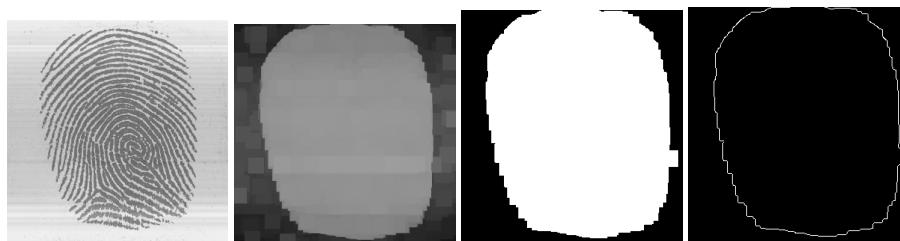


Figure 1. Proces určení hrany otisku

bod, ale pouze pro bloky. Orientovaný obraz je potom matice, jejíž prvky obsahují informaci o lokální orientaci hřebenu. Obraz je rozdělen na nepřekrývající se bloky velikosti $w \times w$, a orientace je určena pro každý blok. Pole orientací je ukázáno na obrázku 2. Použitý algoritmus je popsán v Hong et al. (1998).

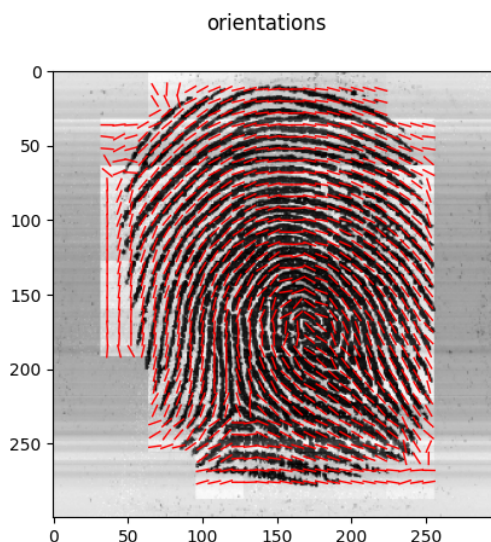


Figure 2. Pole orientací

Poicarého index

Pomocí Poicarého indexu se dají z pole orientací určit singulární body. V podstatě jde o algebraický součet rozdílů orientací okolních bodů. Pokud je tento součet roven určitým hodnotám, detekuje se jako singulární bod typu delta a nebo typu jádro. Ukázka na obrázku 3.

Výsledek

Výsledné singulární body jsou ještě filtrovány, aby se odstranily falešné nálezy. Singularity, které jsou příliš blízko okraji obrazu nebo okraji otisku prstu jsou odstraněny. Singulární bod, který je velmi blízko jinému singulárnímu bodu je brán jako jeden a ten samý singulární bod. Pro některé snímky se detekují 2 jádra nad sebou. Tyto detekce se též berou jako jedna. Poté se na základě počtu a pozice singulárních bodů určuje realističnost. Pokud je nalezeno více jader nebo žádné jádro, více než 2 delty, případně pokud jsou delty nad jádrem nebo je nějaký singulární bod velmi vysoko nebo nízko ve snímku, snižuje se výsledná realističnost.

1 DETEKCE MARKANTŮ

Detekce markantů opět probíhá v několika krocích. Nejdříve se obraz binarizuje, tedy obsahuje jen černé a bílé body a následně jsou linie ztenčeny na velikost jediného pixelu. Z takto upraveného obrazu jsou detekovány markanty. Kazík (2011)



Figure 3. Detekované singulární body (bílý čtvereček je jádro, černý delta)

1.1 Skeletonizace

Tenčení binarizovaného obrazu je založeno na algoritmech, které zpravidla zkoumají osmiokolí bodu a vyhodnocují, které pixely mohou být smazány a ty, které naopak patří ztenčené hraně. V práci je tenčení prováděno pomocí Pavlidisova algoritmu tenčení Pavlidis (1980). Ukázka skeletonizace je na obrázku 4.



Figure 4. Ztenčení papilárních linií na 1 pixel

Detekce markantů

Ze skeletonizovaného obrazu se dají lehce určit markanty. Pokud pixel patří ztenčené papilární linii má právě jednoho bílého souseda, jde o zakončení, pokud jich obsahuje více než 3, jde o rozdělení. Takto detekované markanty se ještě filtrují, aby se neidentifikovali na hranách obrazu (použitá hrana otisku) a na krátkých výbězcích či liniích. Ukázáno na obrázku 5.



Figure 5. Detekované markanty (bílé čtverečky)

Výsledek

Na základě počtu nalezených a odfiltrovaných markantů se může snížit realističnost otisku, pokud obsahuje příliš málo nebo příliš mnoho markantů.

2 IMPLEMENTACE

Popsané metody jsou implementovány v jazyce Python. Je používána knihovna OpenCV, numpy, fingerprint_enhancer a imageio. Pomocí funkcí cv2.Dilate a cv2.Canny je vypočítána hrana obrazu. Funkce *normalize* provádí normalizaci. Hlavní funkce počítající pole orientací je *estimateOrientations*. Tyto 2 funkce jsou převzaty z tohoto repozitáře. Funkce *calculateSingularities* vypočítá Poicarého index a singulární body. Funkce *sing_norm* na jejich základě počítá, zda odpovídají reálnému otisku. Binarizace otisku je provedena pomocí funkce *enhance_Fingerprint* od Utkarsh-Deshmukh. A konečně funkce *Pavlidis_algo* a *showMarkants* provedou skeletonizaci a výpočet markantů.

3 EXPERIMENTY

Vývoj, testování a experimenty byly prováděny s poskytnutou sadou otisků prstů. Tato sada obsahuje 4 typy obrazů včetně synteticky vytvořených. Dále byly využity ještě otisky prstů dostupné k aplikaci Verifinger. Cílem experimentů bylo nastavit filtrování tak, aby se správně identifikovali singulární body a nedocházelo k falešným detekcím, které by detekovaly nerealističnost otisku na reálném otisku. Dále byly vyhodnoceny otisky s umělým poškozením, především zakrytí jádra a nebo jeho zkopírování. Také bylo zkoumáno, v jakém rozmezí se pohybuje počet detekovaných markantů u reálných otisků.

Výsledky

V rámci experimentů se zjistilo, že je složité nastavit parametry pro výpočet okrajů obrazu pro všechny typy obrazů vzhledem k odlišnosti úrovní šedé v otisku prstu i v pozadí. Proto se pro každou skupinu otisků používaly trochu jiné, aby okraje otisku odpovídaly. To se ukázalo jako klíčové, jelikož na okrajích otisků se generuje velké množství falešných singulárních bodů. Z experimentů je dobře vidět že na nereálně vypadajícím otisku, jaký je na obrázku 6 je nejen jádro detekováno dvakrát, ale též prudká změna směru papíráčkových linií způsobila detekci markantu. Také poškozený otisk může být detekován jako nerealistický (obr. 7), pokud je zakryto jádro. Nevýhodou je, že se nevygenerují žádné singulární body na okraji, protože díra je detekována jako hrana a v jejím okolí se singularity nezaznamenávají. Pokud tedy díra nebude přímo zakrývat jádro, metoda pravděpodobně vyhodnotí otisk jako reálný. To může vyřešit označení nerealističnosti na základě počtu markantů, kdy pro takový obraz počet markantů ubývá. Nicméně při

tomto případě úbytek markantů není dostatečný pro označení otisku jako nereálného. Průměrně se počet markantů pohybuje okolo 100, přičemž zakončení je více než rozdvojení. Od 50 do 150 je počet markantů brán jako normální a nedetekuje se nerealističnost. Také bylo zjištěno, že pro poškozené otisky například se sady BERGDATA se často detekují falešné singulární body. Problém metody je tedy spíše ve falešném označení reálných otisků nereálnými.

4 ZÁVĚR

Představená metoda, která odhaduje realističnost otisků prstů funguje, má však rezervy v podobě falešně detekovaných singulárních bodů v lehce poškozených otiscích a také může chybět kus otisku a přesto je zařazen jako realistický, což by jistě šlo vylepšit například zavedením analýzy tvaru.



Figure 6. Nerealisticky vypadající otisk a detekované singularity.



Figure 7. Otisk s 'dírou' a detekované singularity.

REFERENCES

- Hong, L., Wan, Y., and Jain, A. (1998). Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(8):777–789.
- Kazík, M. (2011). Zpracování otisků prstů.
- Pavlidis, T. (1980). A thinning algorithm for discrete binary images. *Computer Graphics and Image Processing*, 13(2):142–157.