



Rozpoznawanie osób na podstawie kostek dłoni

dr inż. MICHAŁ CHORAŚ¹⁾, mgr inż. RAFAŁ KOZIK¹⁾, dr inż. WOJCIECH NOWAKOWSKI²⁾

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Instytut Telekomunikacji

²⁾ Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

W ostatnich latach biometryczne metody identyfikacji zyskały duże uznanie i popularność, głównie dlatego iż rozwiązują wiele problemów i wad innych (tradycyjnych) metod identyfikacji osób. Główną zaletą biometrycznych systemów identyfikacji jest to, że identyfikowana jest osoba (człowiek), a nie coś co ze sobą nosi lub musi pamiętać.

Obecnie w powszechnym użyciu jest kilka uznanych i dojrzałych metod identyfikacji osób (tradycyjnych), w tym identyfikacja odcisków palców, rozpoznawanie twarzy, rozpoznawanie głosu oraz rozpoznawanie siatkówki i tęczy oka. Systemy bazujące na powyższych metodach można spotkać podczas uzyskiwania wizy, w paszportach biometrycznych, czy w dostępie do urządzeń (laptopy, pendrive, itp.). Jednak oprócz metod tradycyjnych, pojawiają się inne biometryczne metody identyfikacji osób.

Metody biometryczne można podzielić na następujące klasy:

- metody tradycyjne (inaczej: uznane, dojrzałe),
- metody rozwijające się,
- metody alternatywne.

Warto zauważyć, że stopień zaawansowania modalności biometrycznych ulega dynamicznym zmianom; dla przykładu biometria ucha, jeszcze do niedawna traktowana jako "inna biometria", obecnie traktowana jest jako metoda dojrzała.

Pomimo stosowania metod należących do biometrii tradycyjnej (odciski palców, cechy twarzy), wciąż istnieje wiele problemów oraz wyzwań dla biometrycznej identyfikacji osób. Taka sytuacja jest szczególnie widoczna w systemach dużej skali np. kontroli lotnisk i innych miejsc użyteczności publicznej.

Przykładem możliwego zastosowania jest wykorzystanie rozpoznawania twarzy do porównywania twarzy przechodzących osób/pasażerów z twarzami terrorystów i osób poszukiwanych, które przechowywane są w bazie danych. W takim przypadku, nawet skuteczne systemy charakteryzujące się parametrem FRR = 2% powodują ogromne problemy: przy 100000 pasażerów dziennie taki błąd powoduje 2000 fałszywych odrzuceń.

Twórcy komercyjnie wdrażanych systemów muszą sobie zdawać sprawę, że dokładność algorytmów tradycyjnej biometrii równa 99,99% w warunkach laboratoryjnych nie przekłada się na taką samą dokładność w systemach dużej skali i nie kontrolowanym środowisku. Jak do tej pory problemy skalowania systemów biometrycznych nie zostały dogłębnie zbadane ani rozwiązane.

Aby stawić czoła wymienionym problemom, próbuje się stosować dodatkowe nowe modalności biometryczne. Obecnie trendem jest łączenie metod dojrzałej biometrii w systemy multimodalne. Częstym przypadkiem jest łączenie metod dojrzałych nie tylko ze sobą (twarz+głos), ale także z nowymi modalnościami (np. twarz + ucho).

Kierunek taki jest widoczny, pomimo iż nowe modalności biometryczne nie zapewniają jeszcze dużej dokładności. Jednak ich połączenie z metodami dojrzałymi w hybrydowych systemach identyfikacji osób zwiększa skuteczność działania całego systemu.

Aktualnymi trendami w poszukiwaniu nowych modalności są:

- obrazowanie 3D (twarze, odciski palców, ucho, dłoń),
- obrazowanie cieplne (twarz)
- metody wywodzące się z kryminalistyki.

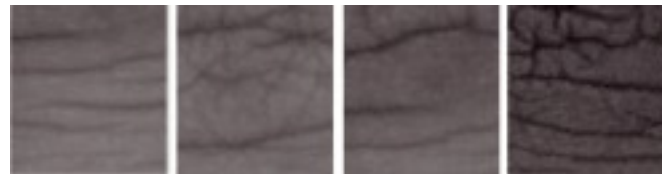
Biometria kostek dłoni

Kostki dłoni nie są jeszcze popularną modalnością biometryczną i na razie opracowano zaledwie kilka metod wydzielenia cech z obrazów kostek dłoni. Zaproponowano takie metody wydzielenia cech jak KnuckleCodes, DCT, PCA, LDA, ICA oraz filtry Gabora [1–6].

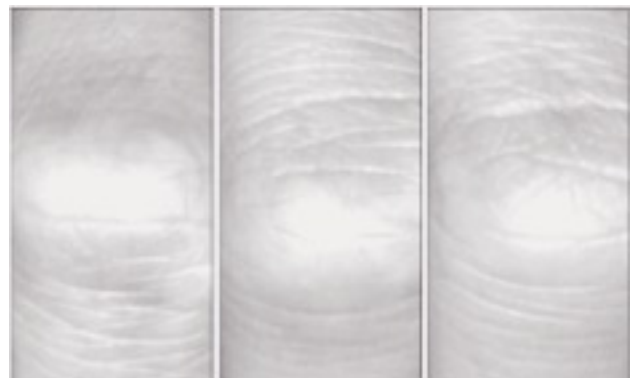
Kostki dłoni można zaliczyć do tzw. metod rozwijających się. Obrazy kostek dłoni są bogate w teksturę i łatwo jest dokonać ich akwizycji (także w scenariuszu mobilnym).

W artykule zaproponowano wykorzystanie cech tekstury wyznaczonych na podstawie obrazów kostek dłoni.

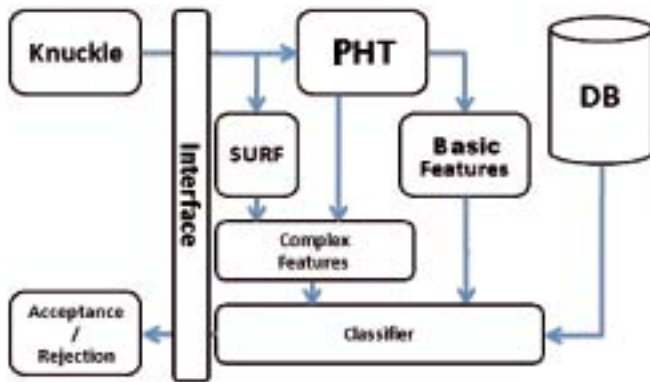
Przykładowe obrazy kostek dłoni z bazy IIT Delhi oraz PolyU przedstawiono na rys. 1 oraz rys. 2 [7, 8].



Rys. 1. Przykładowe obrazy kostek dłoni z bazy IIT Delhi [7]
Fig. 1. Sample knuckle images from IIT Delhi database [7]



Rys. 2. Przykładowe obrazy kostek dłoni z bazy PolyU [8]
Fig. 2. Sample knuckle images from PolyU database [8]



Rys. 3. Ogólny schemat systemu rozpoznawania osób na podstawie kostek dłoni [12]
Fig. 3. General overview of the knuckle-based human identification system [12]

W niniejszym artykule zaproponowano metodologię, której początkowym etapem jest przetwarzanie wstępne obrazu oraz wykrycie linii. Następnie, w celu obliczenia cech, zaproponowano wykorzystanie PHT (*Probabilistic Hough Transform*) oraz SURF (*Speeded Up Robust Features*) [9–11].

Ogólny schemat systemu rozpoznawania osób na podstawie kostek dłoni przedstawiono na rys. 3.

Na wstępie pobierana jest próbka biometryczna w postaci obrazu kostek dłoni. Następnie wykonywany jest proces przetwarzania wstępnego (w tym wykrywanie krawędzi i progowanie).

Następnie obraz jest analizowany w celu wykrycia cech z wykorzystaniem PHT (*Probabilistic Hough Transform*) co pozwala na ustalenie dominującej orientacji i na stworzenie wektora cech podstawowych (*Basic Features*). Następnie obraz wyjściowy z obliczenia PHT wykorzystywany jest do obliczenia cech tekstury z użyciem algorytmu SURF (*Speeded Up Robust Features*). Następnie wykorzystywana jest trójstopniowa klasyfikacja.

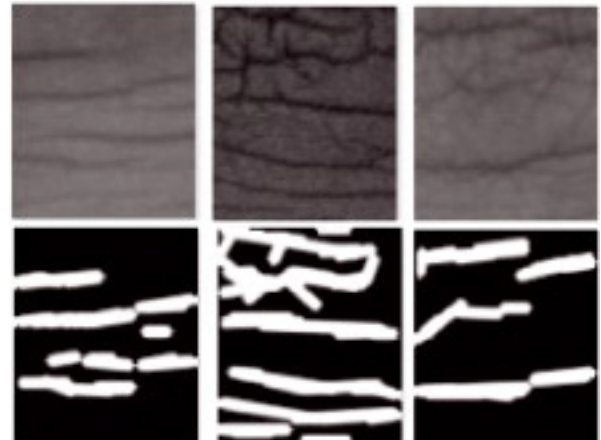
Dla wektora cech podstawowych wybierane są obrazy z najmniejszą odległością euklidesową. Tylko dla wybranych obrazów obliczane i porównywane są dalsze wektory cech. Takie podejście pozwala na zmniejszenie ilości obliczeń (co jest istotne w przypadku mobilnych zastosowań biometrii [13]).

Przetwarzanie wstępne

Najbardziej widoczne cechy kostek dłoni to linie oraz zmarszczki skóry. Zadaniem algorytmów przetwarzania wstępnego jest ich wydzielenie z wejściowego obrazu. Przykładowe wejściowe obrazy kostek z bazy IIT Delhi oraz odpowiadające im obrazy z wzmocnionymi liniami przedstawiono na rys. 4.

W celu wydzielenia linii wykorzystywane jest progowanie adaptacyjne. W celu eliminacji szumów oraz nieciągłości stosowana jest transformacja PHT (*Probabilistic Hough Transform*). Transformacja ta, zaproponowana w pracy [9], jest modyfikacją klasycznej transformacji HT (*Hough Transform*), pozwalającą na efektywniejsze obliczenia [14, 15].

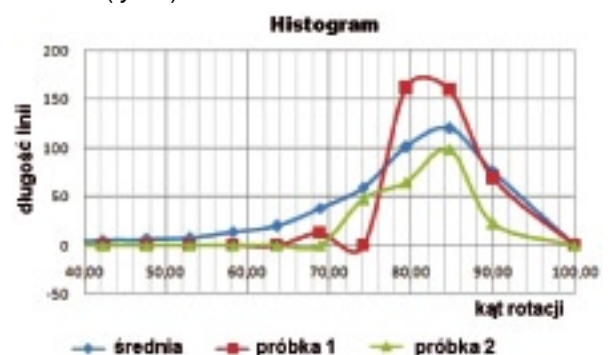
Transformacja PHT jest także wykorzystywana w kolejnym kroku, by obliczyć dominującą orientację oraz wektor cech podstawowych.



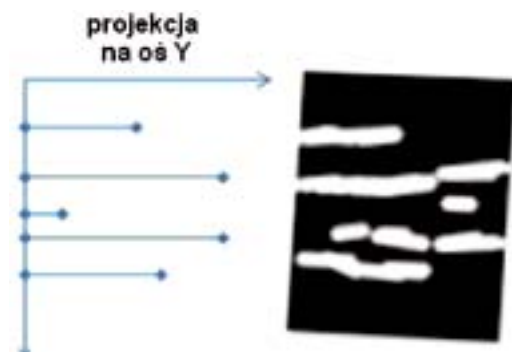
Rys. 4. Przykładowe obrazy kostek z bazy IIT Delhi oraz te same obrazy po zastosowaniu algorytmów przetwarzania wstępnego
Fig. 4. Sample knuckle images and their representation after applying image preprocessing (PHT transform)

Wydzielanie cech tekstury

W pierwszej kolejności obliczany jest wektor cech podstawowych. Zakodowane są w nim długości linii charakterystycznych w kierunku dominującej osi. Oś dominująca wyznaczona jest przy użyciu histogramu (rys. 5). Dla każdego kąta rotacji zostaje wyznaczona kumulatywna długość linii. Kąt, dla którego można zaobserwować maksimum globalne, traktowany jest jako kierunek dominujący. Dla tego kierunku dokonuje się projekcji obrazu linii na oś Y (rys. 6).



Rys. 5. Histogram długości linii w zależności od kierunku rotacji
Fig. 5. Line rotation histogram



Rys. 6. Projekcja obrazu linii charakterystycznych na oś Y
Fig. 6. Characteristic lines projection



Wektor cech podstawowych jest stosunkowo krótki (30 elementów). Pozwala to w późniejszym etapie na szybkie przeszukiwanie bazy w celu znalezienia podobnego wzorca. Z drugiej strony zbyt krótki wektor powoduje, iż często w wyniku poszukiwania uzyskiwane są podobne wzorce. Dlatego też, dla osiągnięcia większej skuteczności identyfikacji, wykorzystywane są także złożone wektory cech.

W celu obliczenia złożonych wektorów cech wykorzystywana jest transformacja PHT pozwalająca na dokładny opis długości i kierunku linii charakterystycznych kostki.

Każda linia zostaje opisana przy użyciu deskryptora postaci:

$$LD_i(N) = [b_{xN}, b_{yN}, e_{xN}, e_{yN}, \alpha_N, d_N], \quad (1)$$

gdzie b_{xN} , b_{yN} opisują początkowy punkt N -tej linii w i -tej próbie biometrycznej, e_{xN} , e_{yN} punkt końcowy, α kąt rotacji, a d_N długość linii charakterystycznej.

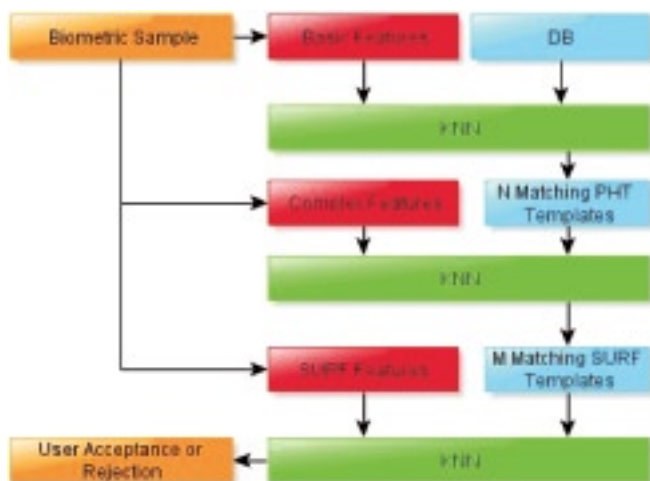
Dodatkowo, oprócz deskryptorów linii, użyte zostają także deskryptory cech tekstury o nazwie SURF (*ang. Speeded Up Robust Features*). Jako pierwszy zaproponował je Herbert Bay w 2006 roku [11].

Pozwalają one opisać konkretny punkt tekstury przy użyciu wektora cech o długości 128 elementów. Zazwyczaj do opisu tekstury wybiera się punkty charakterystyczne takie jak maksima i minima lokalne.

Klasyfikacja i wyniki

W proponowanym systemie wykorzystywana jest trójstopniowa klasyfikacja.

W pierwszym kroku, na podstawie wektorów cech podstawowych, wybieranych jest 50 obrazów. Następnie wybieranych jest 5 obrazów na podstawie wektorów cech złożonych PHT. W ostatnim kroku wybierany jest jeden obraz na podstawie cech obliczonych z wykorzystaniem algorytmu SURF. Trójstopniową metodologię klasyfikacji przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Trójstopniowa metodologia klasyfikacji wykorzystana w proponowanym systemie rozpoznawania kostek dłoni

Rys. 7. Three-step classification methodology overview

Badania przeprowadzono wykorzystując 2 bazy danych zawierające obrazy kostek dłoni:

1. IIT Delhi Database [7],
2. Bazę PolyU [8].

Wyniki dla bazy IIT Delhi

Baza IIT Delhi zawiera obrazy pozyskane od 158 osób. Dla każdej osoby pobrano 5 obrazów. Baza zawiera 790 obrazów pozyskanych w okresie 11 miesięcy. W testach wykorzystano standardową procedurę 5-fold (także aby porównać wyniki z pracą [4] gdzie zastosowano taką samą metodologię).

Średni błąd EER proponowanego systemu wynosi 1,02%. Wyniki EER dla poszczególnych pięciu testów wynoszą odpowiednio: 0,32; 1,3; 0,95; 1,26; 1,02%. Najlepszy wynik 0,32% oznacza jedną błędną próbę rozpoznania na 316 prób.

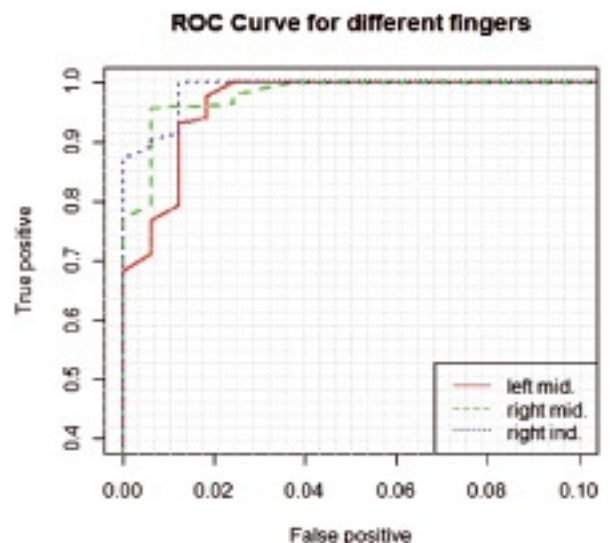
Wyniki osiągnięte z wykorzystaniem bazy IIT Delhi są porównywalne, a nawet nieznacznie lepsze od wyników przedstawionych w pracy [4].

Wyniki dla bazy PolyU

Przedstawiony system testowano także wykorzystując bazę PolyU [8]. Baza ta zawiera obrazy pobrane od 165 osób. Od każdej osoby pobrano od 10 do 12 próbek dla kilku palców.

W eksperymentach wykorzystano standardową procedurę 10-fold. Średni błąd EER wyniósł 2,42%. Testy wykonano dla różnych palców. Krzywa ROC pokazana na rys. 8 dowodzi, że dla każdego z palców uzyskano porównywalne wyniki.

Na podstawie eksperymentów można stwierdzić, iż połączenie PHT oraz SURF daje lepsze wyniki, niż wyniki osiągnięte dla każdej z tych metod osobno. Uzyskane wyniki potwierdzają, że szybka metoda oparta na detekcji linii oraz cech tekstury, pozwala na osiągnięcie dobrych rezultatów.



Rys. 8. Krzywa ROC dla trzech różnych palców (eksperymenty na bazie PolyU)

Fig. 8. ROC curves for different finger – middle finger (both left and right) and right index finger (PolyU database)



Podsumowanie

W artykule przedstawiono system rozpoznawania kostek dłoni oparty o wyznaczanie linii oraz cech tekstury. Wykorzystano cechy oparte na PHT oraz algorytmie SURF. Zaprezentowano także obiecujące rezultaty eksperymentów przeprowadzonych na dwóch bazach danych obrazów kostek dłoni. Dalsze prace ukierunkowane są na przystosowanie zaprezentowanych metod rozpoznawania kostek dłoni do bezdotykowych aplikacji mobilnych.

Literatura

- [1] Morales A., Ferrer M.A., Travieso C.M., Alonso J.B.: A knuckles texture verification method in a transformed domain. In: Proc. of 1st Spanish Workshop on Biometrics (on CD), Girona, Spain, 2007.
- [2] Kumar A., Zhou Y.: Human Identification using Knuckle Codes. Proc. BTAS, 2009.
- [3] Kumar A., Ravikanth Ch.: Personal authentication using finger knuckle surface. IEEE Trans. Information Forensics and Security, vol. 4, no. 1, pp. 98–110, 2009.
- [4] Kumar A., Zhou Y.: Personal identification using finger knuckle orientation features. Electronics Letters, vol. 45, no. 20, Sep. 2009.
- [5] Zhang L., Zhang L., Zhang D., Hailong Zhu H.: Online Finger-Knuckle-Print Verification for Personal Authentication. Pattern Recognition, vol. 43, no. 7, pp. 2560–2571, July 2010.
- [6] Zhang L., Zhang L., Zhang D.: Finger-knuckle-print verification based on band-limited phase-only correlation. Proceedings of the 13th International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns, pp. 141–148, 2009.
- [7] <http://www4.comp.polyu.edu.hk/~biometrics/FKP.htm>
- [8] http://www4.comp.polyu.edu.hk/~csajaykr/myhome/database_request/knuckle/
- [9] Matas J., Galambos C., Kittler J.V.: Robust Detection of Lines Using the Progressive Probabilistic Hough Transform. CVIU(78), No. 1, April 2000, pp. 119–137.
- [10] Viola P., Jones M.: Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. CVPR 2001. Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on, Volume: 1, pp. 511–518. 2001.
- [11] Bay H., Tuytelaars T., and Van Gool L.: Surf: Speeded up robust features. European Conference on Computer Vision, 1:404-417, 2006.
- [12] Choraś M., Kozik R.: Knuckle Biometrics for Human Identification. In: Choras (Ed.): Image Processing and Communication Challenges 2, Advances in Soft Computing, 95–102, Springer, 2010.
- [13] Choraś M., Kozik R.: Feature Extraction Method for Contactless Palmprint Biometrics. In D.-S. Huang et al. (Eds.): Advanced Intelligent Computing Theories and Applications, Communications in Computer and Information Science 93, pp. 435–442, Springer, 2010.
- [14] Si-Yu Guo, Ya-Guang Kong, Qiu Tang, Fan Zhang: Probabilistic Hough transform for line detection utilizing surround suppression. Machine Learning and Cybernetics, 2008 International Conference on, vol.5, no., pp. 2993–2998, 12–15 July 2008.
- [15] Galambos C., Kittler J., Matas J.: Gradient based progressive probabilistic Hough transform. Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings, vol.148, no.3, pp.158-165, Jun 2001.