



ZBIGNIEW GOMÓŁKA¹, BOGUSŁAW TWARÓG²,
EWA ŻESŁAWSKA³

Identyfikacja tożsamości z wykorzystaniem analizy geometrii dłoni

Identification of persons using hand geometry analysis

¹ Doktor, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Inżynierii Komputerowej, Polska

² Doktor inżynier, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Inżynierii Komputerowej, Polska

³ Magister inżynier, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie, Wydział Informatyki Stosowanej, Katedra Zastosowań Systemów Informatycznych, Polska

Streszczenie

W artykule przedstawiono zastosowanie analizy geometrii dłoni w systemie biometrycznym. Wykorzystując środowisko MATLAB i bibliotekę Image Processing, opracowano i przedstawiono przykładowy system identyfikacji.

Słowa kluczowe: identyfikacja biometryczna, cyfrowe przetwarzanie obrazów.

Abstract

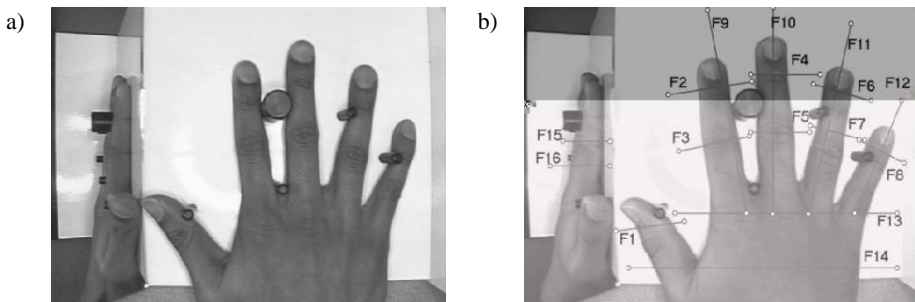
The paper presents the use of hand geometry analysis for biometric systems. Using Matlab environment and several techniques related to image processing, the exemplary application has been developed and presented.

Key words: biometric identification system, digital image processing, hand geometry analysis.

Biometria w zadaniach identyfikacji osób

Biometria pozwala na identyfikację każdej osoby poprzez znaki szczególne, np. odciski palców, układ żył, tęczówkę oka, geometrię dłoni czy nawet barwę głosu. Sposoby takiej identyfikacji są niemalże w 100% trafne. Dodatkowym atutem takiej technologii jest fakt, iż cechy każdego człowieka są niemożliwe do zgubienia czy zapomnienia. Geometria dłoni jest bardzo interesującym sposobem na identyfikowanie ludzkiej tożsamości. Wykorzystuje ona szczegółowe cechy dłoni, tj. szerokość palca, jego długość oraz rozmiar całej dłoni.

Biometryki to behawioralne oraz fizjologiczne cechy indywidualne człowieka. Odpowiadają one za możliwość odróżnienia każdego człowieka. Biometryki fizjologiczne związane są z fizycznymi aspektami człowieka, które są możliwe do odczytania w danej chwili oraz wykazują się charakterem statycznym. Cechami behawioralnymi nazywamy wszystkie zachowania wyuczone bądź nabyte w odpowiedniej jednostce czasu, są to cechy związane z zachowaniem człowieka. W systemach biometrycznych wykorzystywany jest szereg procesów, które odpowiadają za działanie całego systemu. Najważniejsze z nich to: rejestracja, weryfikacja i identyfikacja biometryczna. Weryfikacja polega na wykryciu przez urządzenie i obsługujące go oprogramowanie charakterystycznych punktów na dłoni (rys. 1) [Kubanek 2014].



Rys. 1. Ułożenie dłoni (a) oraz szesnaście cech geometrycznych dłoni (b)

Systemy biometryczne mają wady oraz zalety, które w znacznym stopniu wpływają na poprawność identyfikacji ludzkiej tożsamości. Do parametrów jakościowych zalicza się przede wszystkim błędy dopasowania, decyzji oraz akwizycji. Bezpieczeństwo systemów biometrycznych charakteryzują następujące wskaźniki:

- współczynnik fałszywego dopasowania (*False Match Rate – FMR*),
- współczynnik fałszywego niedopasowania (*False Non Match Rate – FNMR*),
- wartość błędu zrównoważonego (*Equal Error Rate – EER*).

Geometria dłoni w zadaniu identyfikacji osób

Geometria dłoni wykorzystuje niezmiennosc wybranych cech ludzkich dłoni, tj. grubość oraz długość palców dłoni, szerokość śródreżca itd. Ludzka dłoń wykazuje szesnaście cech geometrycznych opisanych w tabeli 1 oraz pokazanych graficznie na rys. 1. W oparciu o dosyć proste metody obliczeniowe można łatwo i szybko zbudować system pomiarowy. Dodatkowo kolejnym atutem biometrii dłoni jest fakt, iż można tę metodę połączyć z innymi, głównie z obrazami daktyloskopijnymi. Dla przykładu system wykorzystujący geometrię dłoni może wykorzystywać wektor cech obrazu daktyloskopijnego palca w celu zwiększenia wiarygodności całego systemu pomiarowego.

Tabela 1. Opis cech geometrycznych dłoni

Cecha	Opis	Cecha	Opis
F1	Szerokość kciuka w drugim paliczku	F9	Długość palca wskazującego
F2	Szerokość palca wskazującego w trzecim paliczku	F10	Długość palca środkowego
F3	Szerokość palca wskazującego w drugim paliczku	F11	Długość palca serdecznego
F4	Szerokość palca środkowego w trzecim paliczku	F12	Długość palca małego
F5	Szerokość palca środkowego w drugim paliczku	F13	Szerokość dłoni u podstawy czterech palców
F6	Szerokość palca serdecznego w trzecim paliczku	F14	Szerokość dłoni u podstawy kciuka
F7	Szerokość palca serdecznego w drugim paliczku	F15	Grubość palców w drugim paliczku
F8	Szerokość palca małego w trzecim paliczku	F16	Grubość palców w trzecim paliczku

Rozwiązania dotyczące akwizycji próbek związane są ściśle ze światłem widzialnym. Można zatem wyobrazić sobie, iż możliwe jest wykonanie pomiarów za pomocą termowizji. W momencie rejestracji geometrii dłoni konkretnej osoby wykonywane są dwa zdjęcia, na tej podstawie konstruowany jest przestrzenny obraz, który bezpośrednio wykorzystywany jest do zbudowania wektora cech dłoni. Tak otrzymany wektor cech jest porównywany ze zbiorem wzorców przechowywanych w bazie osób, umożliwiając obliczenie odległości pomiędzy wektorem bieżącym a wektorami przechowywanymi w bazie. Wyróżnia się cztery główne metody obliczeniowe pomiaru odległości:

- bezwzględną:

$$\sum_{j=1}^d |q_j - r_j| < \epsilon_a, \quad (1)$$

- ważoną bezwzględną:

$$\sum_{j=1}^d \frac{|q_j - r_j|}{\sigma_j} < \epsilon_{wa}, \quad (2)$$

- euklidesową:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^d (q_j - r_j)^2} < \epsilon_e, \quad (3)$$

- ważoną euklidesową:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^d \frac{(q_j - r_j)^2}{\sigma_j^2}} < \epsilon_{we}, \quad (4)$$

gdzie: $q_j = (q_1, q_2, \dots, q_d)$ – wektor cech biometryk, których tożsamość jest weryfikowana, $r_j = (r_1, r_2, \dots, r_d)$ – wektor cech biometryk w bazie danych, d – liczba cech w poszczególnych wektorach, $\epsilon_a, \epsilon_{wa}, \epsilon_e, \epsilon_{we}$ – odpowiednio odległości: progowa bezwzględna, bezwzględna ważona, euklidesowa, euklidesowa ważona, σ_j – wariancja j -tej cechy dla wszystkich zarejestrowanych szablonów z bazy danych, obliczana jest następująco:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (5)$$

gdzie: n – liczba biometryk składających się na jeden szablon w bazie danych, \bar{x} – wartość średnia poszczególnych cech dla wszystkich biometryk w jednym szablonie obliczana według:

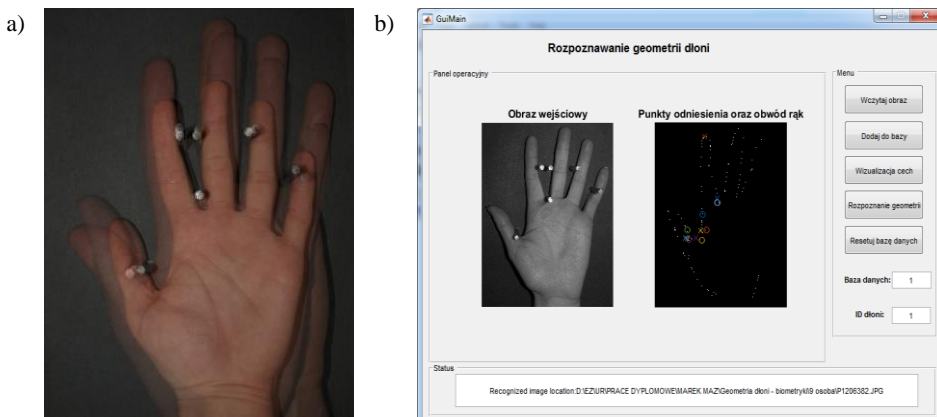
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_n. \quad (6)$$

W sytuacji, gdy odległość pomiędzy r, q będzie mniejsza od omawianej wartości progowej, wynik weryfikacji będzie pozytywny. W trakcie prowadzonych eksperymentów stwierdzono, że używając metryki ważonej euklidesowej, można osiągnąć najlepsze wyniki dla systemów geometrii dłoni.

Stosowanie metody identyfikacji i weryfikacji na podstawie geometrii dłoni ma wiele zalet, m.in.: możliwość wprowadzania drobnych modyfikacji wynikających ze zmian w budowie dłoni, wywodzących się z naturalnych ludzkich zachowań, szybki oraz łatwy sposób rejestracji, odporność na czynniki zewnętrzne, takie jak: zanieczyszczenia czy zbyt niska/wysoka temperatura otoczenia. Natomiast do wad zalicza się duże gabaryty urządzenia, konieczność wprowadzania etapu weryfikacji przed przyłożeniem dłoni – użytkownik musi wprowadzać swój kod dostępu bądź mieć kartę magnetyczną [Tomaszewska-Michalak 2015].

Biometryczny system rozpoznawania osób na podstawie geometrii dłoni

Kluczowym elementem w systemie jest zebranie odpowiedniej liczby biometryk (próbek). W tym celu wykorzystuje się stolik z sześcioma prętami służącymi do odpowiedniego ułożenia dłoni. Ułożenie kołków zostało odpowiednio dobrane po wcześniejszej obserwacji dłoni kilku różnych osób. W ten sposób powstał wzorzec, który następnie posłużył jako szablon miejsc do rozmieszczenia poszczególnych kołków. Na rysunku 2 a) przedstawiono przykładowe nałożenie dłoni 3 różnych osób [Gomółka, Twaróg, Bartman, Kwiatkowski 2011: 505–514; Ślot 2010].

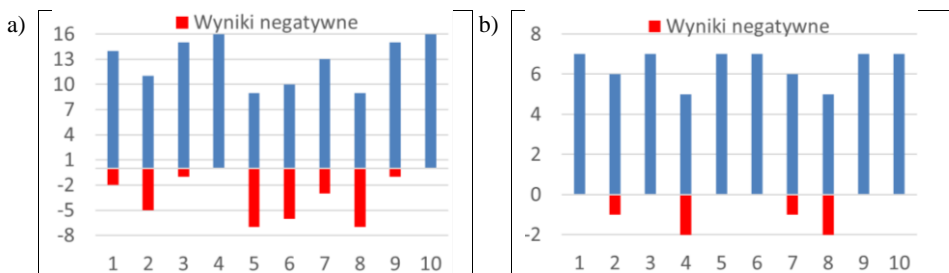


Rys. 2. Szablon dla pomiaru geometrii dłoni (a) oraz system jej rozpoznawania (b)

Pomiary wykonywano za pomocą interfejsu GUI zaprojektowanego w środowisku MATLAB. Interfejs programu został pokazany na rysunku 2 b). Pierwszy etap to pobranie charakterystycznych punktów dłoni, tj. kształtu palców, ich długości oraz ogólnego rozmiaru dłoni. Oprogramowanie nie pobiera informacji dotyczących grubości palców czy też dłoni. Stworzono bazę danych, w której dla każdej osoby wykonano pięć pomiarów (zdjęć). Po dodaniu biometryk system sprawdza poprawność ich wczytania. Następnie przeprowadzany jest proces identyfikowania próbki. Program automatycznie wyszukuje i oznacza punkty charakterystyczne. Jednakże proces identyfikowania owych punktów ściśle powiązany z jakością zdjęcia [Gomółka, Twaróg, Żesławska, Paszkiewicz 2014/2015: 128–143; Gomółka, Żesławska, Twaróg, Paszkiewicz 2015: 434–437; Gomółka, Żesławska, Twaróg, Bolanowski 2015: 430–433].

Rezultaty testów biometrycznych

Przeprowadzono szereg eksperymentów przy różnych założeniach, dodawano do bazy danych obrazy o różnej jasności i kontraście dłoni. Początkowa faza testów, która przewidywała pojedyncze dodawanie każdej biometryki do bazy danych (blisko 130 biometryk), była ściśle powiązana z możliwością łatwej obsługi aplikacji. W części eksperymentalnej pracy przeprowadzono kilkadziesiąt powtórzeń badań dla tych samych technik oraz metod wprowadzania biometryk do bazy danych. Zmieniano oznaczenia ID poszczególnych obrazów dłoni w celu ustalenia trafności identyfikacji tej samej osoby pod różnymi pozycjami w bazie wzorców. Na wykresie 1 przedstawiono zestawienie wyników dziesięciu testów przy użyciu pełnej bazy danych dla 16 prób (a) oraz przy użyciu połowy zarejestrowanych rekordów bazy (b).



Wykres 1. Wyniki przy użyciu pełnej (a) oraz przy połowie (b) bazy danych dla 16 prób

Testy, zakończone zadawalającymi wynikami, wykazywały tendencję do pozytywnych identyfikacji tożsamości poszczególnych osób biorących udział w eksperymentach. Powyższe testy wskazują również na nieścisłości, które wydają się być efektem kilku czynników pomiarowych, jak: różnica oświetlenia zdjęć, zmienność położenia tej samej dłoni w szablonie itp. Uwzględniając poziom zakłóceń wprowadzanych w fazie pomiarowej, można uznać, że zaprojektowany algorytm skutecznie realizował zadanie identyfikacji geometrii dłoni. W ramach kontynuacji badań należy rozważyć wpływ rozmiaru bazy danych na poziom bezpieczeństwa i niezawodności pracy całego systemu.

Literatura

- Gomółka Z., Twaróg B., Bartman J., Kwiatkowski B. (2011), *Improvement of Image Processing by Using Homogeneous Neural Networks with Fractional Derivatives Theorem*, AIMS, Discrete and Continuous Dynamical Systems.
- Gomółka Z., Twaróg B., Żesławska E., Paszkiewicz A. (2014/2015), *Innovative Approaches of Video and Image Processing Applied in Modern Computer Science*, „Monographs in Applied Informatics: Computing in Science and Technology”.
- Gomółka Z., Żesławska E., Twaróg B., Bolanowski M. (2015), *Restitution of 3D Scenery With Coherent and Structured Light Scanner Technologies*, „Measurement Automation Monitoring” no. 9.
- Gomółka Z., Żesławska E., Twaróg B., Paszkiewicz A. (2015), *The Use of the Circular Hough Transform for Counting Coins*, „Measurement Automation Monitoring” no. 9.
- Kubanek M. (2014), *Wybrane metody i systemy biometryczne bazujące na ukrytych modelach Markow*, Warszawa.
- Ślot K. (2010), *Rozpoznawanie biometryczne*, Warszawa.
- Tomaszewska-Michalak M. (2015), *Prawne i kryminalistyczne aspekty wykorzystania technologii biometrycznej w Polsce*, Warszawa.