

Biometria

Jan Daciuk

Katedra Inteligentnych Systemów Interaktywnych, Wydział ETI, Politechnika Gdańska

Multimedialne systemy interaktywne



- ❶ Ruud M. Bolle, Jonathan H. Connell, Sharath Pankanti, Nalini K. Ratha, Andrew W. Senior, *Biometria*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
- ❷ Krzysztof Ślot, *Wybrane zagadnienia biometrii*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2008.
- ❸ Krzysztof Ślot, *Rozpoznawanie biometryczne. Nowe metody ilościowej reprezentacji obiektów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2010.
- ❹ Zygmunt Ciota, *Metody przetwarzania sygnałów akustycznych w komputerowej analizie mowy*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 2010.



Biometria to nauka zajmująca się ustalaniem i potwierdzaniem tożsamości na podstawie mierzalnych cech organizmu.

Dlaczego zajmujemy się biometrią?

- zastosowanie technik multimedialnych
- globalna wioska miliardów ludzi
- bezpieczeństwo ludzi, majątku i informacji

Tradycyjne metody kontroli dostępu:

- klucz
- hasło

W biometrii człowiek jest kluczem.



- ❶ Ustalanie tożsamości:
 - *wyszukiwanie danej osoby w bazie danych (1:N)*
- ❷ Sprawdzanie z listą:
 - *sprawdzanie, czy osoba jest jedną z listy (1:N)*
- ❸ Potwierdzanie tożsamości:
 - *sprawdzenie, czy osoba jest tą, za którą się podaje (1:1)*



Pożądane cechy cech biometrycznych

- 1 Powszechność
 - *cecha musi występować u wszystkich ludzi*
- 2 Indywidualność
 - *cecha musi odróżniać różne osoby*
- 3 Mierzalność
 - *cechę musi dać się stosunkowo łatwo zmierzyć*
- 4 Brak możliwości fałszowania
 - *systemu nie można oszukać*
- 5 Niezmienność
 - *cecha musi być stała w czasie i niezależna od okoliczności pomiaru*
- 6 Akceptowalność
 - *pomiar cechy nie może prowokować sprzeciwu*



Wykorzystywane cechy biometryczne

- linie papilarne
- kształt twarzy
- kształt ucha
- kształt dłoni
- tęczówka oka
- siatkówka oka
- głos
- podpis
- zapach
- inne potencjalnie: DNA, chód itp.

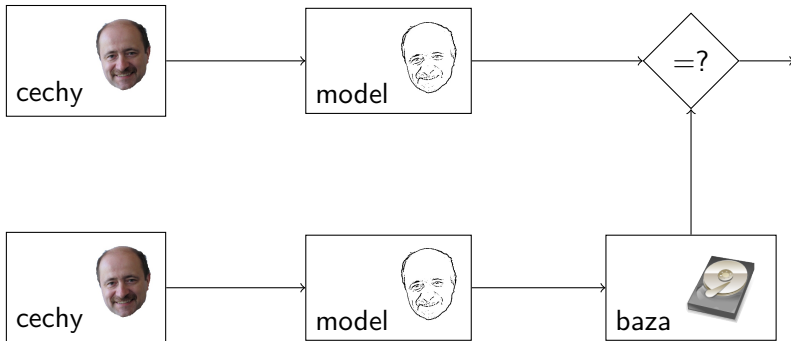


- ❶ **Cechy fizyczne** to takie cechy, które wynikają z genów i których dana osoba nie może w łatwy sposób zmienić. Przykłady:
 - linie papilarne
 - kształt twarzy
 - wzór tęczówki oka
- ❷ **Cechy wyuczone** to cechy, które dana osoba nabyła w trakcie swojego rozwoju. Przykłady:
 - podpis
 - chód
 - częstość uderzeń w klawisze

Niektóre cechy zawierają składniki zarówno fizyczne, jak i wyuczone. Przykładem jest głos.



Porównywanie cech



W praktyce często stosuje się dwie miary (choć jest też wiele innych):

- 1 **FAR** – (ang. *false acceptance ratio*) **współczynnik błędnej akceptacji** określa procent pomiarów, w których badaną próbkę błędnie uznano za zgodną ze wzorcem.
- 2 **FRR** – (ang. *false rejection ratio*) **współczynnik błędnego odrzucenia** określa procent pomiarów, w których próbkę zgodną ze wzorcem odrzucono jako niezgodną.

Zmniejszenie jednego z tych współczynników na ogół pociąga za sobą zwiększenie tego drugiego. W zależności od zastosowania systemu skupiamy się na jednym ze współczynników. **ROC** (ang. *receiver operating characteristic*) jest krzywą zależności prawidłowych akceptacji od FAR lub FAR od FRR.



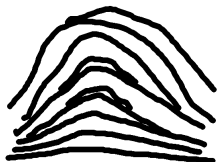
Linie papilarne powstają już w czasie życia płodowego. Różne palce tej samej osoby mają różne linie papilarne. Bliźniaki jednojajowe mają różne linie papilarne.

Linie szczątkowe (ang. *incipient ridges*) stają się bardziej widoczne z wiekiem. Są obecne u 45% ludzi (u 34% poniżej 20 lat, u 52% powyżej tego wieku), na 13,5% palców wszystkich ludzi. Na odciskach lepiej widoczne przy większym nacisku.



Linie papilarne – wzorce (szablony)

łuk



namiot



pętla (lewa)



podwójna pętla



pętla z kieszonką



wir

Pętle i pętle z kieszonką istnieją w wersji lewo- i prawostronnej. Istnieje też wzorzec mieszany.



Linie papilarne – detale Galtona



zakończenie (początek)

oczko

rozwidlenie (złączenie)

odcinek

Właśnie detale Galtona używane są do porównywania linii papilarnych.



- **pojemnościowe** – czytnik zawiera matrycę kondensatorów, których pojemność zwiększa się ze zmniejszaniem odległości od powierzchni skóry
- **optyczne** – światło jest różnie rozpraszane przez linie papilarne i obszary między nimi, lub nacisk palca na pryzmat zmienia wewnętrzne całkowite odbicie światła
- **naciskowe** – matryca piezoelektrycznych czujników nacisku
- **termiczne** – zbudowane z elementów piroelektrycznych
- **ultradźwiękowe** – działają podobnie do USG rejestrując echo fal ultradźwiękowych



Czytniki linii papilarnych – dokładność

Najczęściej stosuje się systemy rozpoznające linie papilarne jednego palca, dwóch i dziesięciu.

Dokładność zależy od czystości palców i ich wilgotności. Dane podawane przez producentów nie są porównywalne; producenci nie podają tak istotnych danych, jak liczba porównywanych palców, liczba osób w bazie danych itp. W jednym z najnowszych publicznie dostępnych testów dla pięciu czytników FRR osiągało wartości od 2.71% do 7.83% dla FAR=0.1%.



Czytniki linii papilarnych – możliwości fałszerstwa

Gumowe lub raczej żelowe odlewy są w stanie oszukać wiele czytników. Część można oszukać nawet chuchając na jeszcze świeży poprzedni odcisk. Środki zaradcze: pomiar temperatury, tętna i przewodnictwa elektrycznego skóry, wymaganie zmiany położenia palca pomiędzy pomiarem tej samej osoby. Wrażliwość czytnika na możliwość fałszerstwa zależy od typu czytnika, np. czytniki ultradźwiękowe są wyraźnie bezpieczniejsze.



Etapy:

- ➊ **Pozyskanie obrazu** – na ogół oznacza zrobienie zdjęcia, ale istnieją systemy wykorzystujące filmy lub zdjęcia trójwymiarowe.
- ➋ **Wyodrębnienie twarzy** – istnieją różne rozwiązania – dopasowanie elipsy, umiejscowienie oczu, nosa i ust, NN.
- ➌ **Normalizacja** – sprowadzenie obrazów twarzy do tego samego rozmiaru, kąta, jasności itp.
- ➍ **Wyodrębnienie istotnych cech** – metody statystyczne: Support Vector Machines (SVM), Linear Discriminant Analysis (LDA), Principal Component Analysis (PCA), Local Feature Analysis (LFA), metody jądrowe (kernel methods) i sieci neuronowe.
- ➎ **Klasyfikacja** – też wiele metod.



Rozpoznawanie kształtu twarzy – dokładność

Jest wiele czynników wpływających na dokładność rozpoznania:

- **Kąt, pod jakim fotografowane są twarze** – może znacznie się różnić dla różnych zdjęć.
- **Oświetlenie** – może znacznie się zmieniać. Może rzucać cienie, które podkreślają lub ukrywają cechy twarzy. Ustawienia aparatu fotograficznego mogą mieć podobne skutki.
- **Wyraz twarzy** – może zmieniać geometryczne cechy twarzy.
- **Przysłonięcie** – część twarzy może być przysłonięta okularami, czapką, chustką, peruką, biżuterią itp.
- **Upływ czasu** – twarz może zmieniać się znacznie pomiędzy kolejnymi fotografiami. Zmiany te mogą być zamierzone i niezamierzone. Z czasem mogą zmieniać się także wszystkie inne czynniki wpływające na jakość rozpoznawania twarzy.
- **Czynniki indywidualne** – płeć, rasa itp.



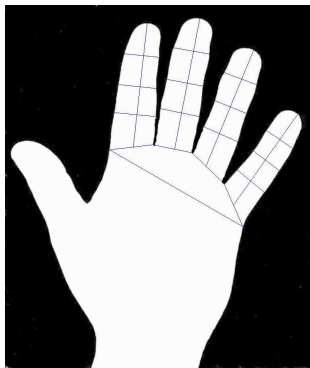
Rozpoznawanie kształtu twarzy – dokładność

W badaniach z 2009 roku uzyskano $FRR \approx 5\%$ przy $FAR = 0.1\%$. Wyniki pochodzą z działania systemu na ok. 25 tys. osób.

W badaniach z 2002 roku dokładność rozpoznania w wersji sprawdzania z listą wynosiła od ok. 93% dla najlepszego systemu i ok. 52% dla najgorszego dla listy 25 osób do ok. 74% dla najlepszego systemu i ok. 11% dla najgorszego dla listy 37,5 tys. osób.

Szeroko znane techniki charakteryzacji pozwalają także oszukiwać systemy automatycznego rozpoznawania twarzy.





Zdjęcie dłoni wykonywane jest na ogół przez dwie kamery. Do właściwego ustawienia dłoni służą odpowiednie kołki, po jednym między palcami. Mierzy się długości palców, szerokość palców w 4 równoodległych punktach i podstawy palców, szerokość dłoni. W badaniach NIST z 2002 r. błędy rozpoznania dłoni były nie większe niż 0.5%.



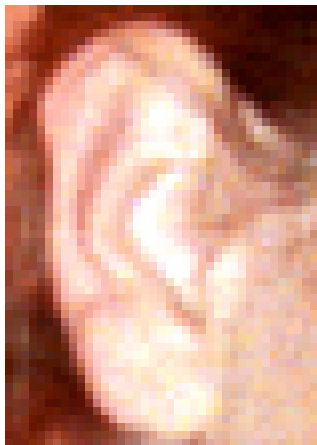
Zamiast rzeczywistej dłoni można użyć protezy. Sposoby zapobiegania fałszerstwom są zasadniczo takie same, jak przy rozpoznawaniu linii papilarnych – pomiar temperatury, oporności skóry, tętna itp. Można też użyć dodatkowej metody biometrycznej.



Rozpoznawanie wzoru żył w dłoniach

Dłoń oświetlana jest promieniami podczerwonymi. Są one silnie pochłaniane przez pozbawioną tlenu hemoglobinę zawartą w płynącej przez żyły krwi. Krew musi płynąć żyłami, co dodatkowo zabezpiecza przed fałszerstwem. Dłoń nie dotyka urządzenia – pomiar dokonywany jest z odległości 5-7 cm. Błędy uznania niewłaściwej osoby za daną (FAR) wynosi 0.00006%, zaś błąd nierozpoznania właściwej osoby – 0.01%.





Nie znaleziono dotąd jednakowych uszu. Nie ma jednak dowodów na to, że nie istnieją. Dokładność systemów rozpoznających kształt uszu jest zbliżona do dokładności systemów rozpoznających kształt twarzy.

Istnieją trzy metody pozyskiwania danych do identyfikacji uszu: **zdjęcie**, **odciski uszu** i **termogram**.



System Iannarelliego mierzy odległość 12 punktów od określonego punktu ucha. Mało przydatny do przetwarzania automatycznego ze względu na trudność w umiejscowieniu punktu odniesienia.

Analiza składowej głównej – dzieli zbiór powiązanych ze sobą zmiennych na mniejszy zbiór zmiennych niezależnych zwanych **składowymi głównymi**. Pierwsza składowa główna odpowiedzialna jest za największą zmienność, druga – następną największą itd. Zdjęcia uszu są normalizowane (rozmiar, oświetlenie), następnie liczone są wektory własne.

Diagramy Voronoia – dzielą przestrzeń na obszary, z których każdy składa się z punktów bliższych wybranemu obiektowi niż innym obiektom.

Przekształcenia pola siłowego, w których wybrane punkty służą jako atraktory gaussowskie.



Kształt ucha – metody klasyfikacji 3D

Metody dwuwymiarowe są wrażliwe na zmienne warunki oświetlenia. Dlatego coraz częściej używa się obrazów trójwymiarowych, często uzupełnianych dwuwymiarowymi. Do wyodrębnienia obszaru ucha może posłużyć np. algorytm aktywnego konturu. Do dopasowania kształtów wykorzystywany bywa algorytm ICP (ang. *interactive closest point*)



Kształt ucha – dokładność rozpoznawania

Dokładność rozpoznania zależy od różnych czynników, w tym:

- użytej metody,
- oświetlenia,
- sposobu pozyskania obrazu,
- stopnia zasłonięcia/maskowania kształtu ucha.

Dokładność może sięgać 97,6%. Niektórzy autorzy porównują dokładność rozpoznawania kształtu ucha do dokładności rozpoznawania kształtu twarzy.



Rozpoznawanie tęczówki oka



Wzór tęczówki oka pozostaje niezmienny od urodzenia. Barwa zmienia się do okresu młodzieńczego, nieznacznie rośnie też źrenica. Na starość tęczówka może lekko się odbarwiać, a źrenica kurczyć. Rozmiar tęczówki ulega ciągłym zmianom – tęczówka stale drga. Podstawowe problemy techniczne to: uzyskanie obrazu, umiejscowienie tęczówki, dopasowanie wzorca.



Pozyskiwanie obrazu tęczówki oka

Pozyskiwanie obrazu tęczówki jest trudne ze względu na jej rozmiar (ok. 1cm) i wrażliwość, a także na konieczność jej oświetlenia. Fotografovana osoba musi też być odpowiednio ustawiona. Osobnym problemem są okulary. W praktyce stosuje się światło spolaryzowane lub zdjęcia w podczerwieni. Metody te pozwalają na pozbycie się odbić światła na rogówce. Aby pomóc fotografovanej osobie właściwie ustawić się, niektóre systemy pokazują obraz z kamery na małym wyświetlaczu LCD.



Umieszczenie tęczówki na obrazie

Podstawowe trudności sprawiają **powieki** zasłaniające część tęczówki i **rzęsy**, a w części systemów światło odbite od rogówki lub okularów czy szkielek kontaktowych. Stosuje się modele uwzględniające kształt powiek (obcięty górny fragment tęczówki) i rzęsy (pionowe linie). System Daugmana stosuje metody gradientowe do dopasowania okrągłego konturu, system Wildesa także przekształcenie Hougha.



Dopasowanie wzoru tęczy

Dwie fazy:

- wyrównywanie – normalizacja usuwająca przesunięcia, różnicę skali i kąta obrotu
- reprezentacja – przejście na współrzędne biegunowe i stosowanie filtrów (np. Gabora lub Gaussa)

Wyniki są porównywane używając odległości Hamminga lub bardziej złożonej metody znormalizowanej korelacji. Inne metody: Spectral Angle Mapper (SAM), Spectral Information Divergence (SID), Du ((SID,SAM)-mixed). Dokładność sięga nawet 100% w idealnych warunkach. W praktyce jest niższa ze względu na różnice oświetlenia, położenie rzęs i powiek, oscylacje źrenicy. Fałszywe potwierdzenie tożsamości nie zdarza się, ale występuje fałszywe odrzucenie.



Tęczówka oka – możliwości fałszerstwa

Można stosować szkła kontaktowe do zmiany wzoru tęczówki. Można też zamiast oka zbliżyć do kamery fotografię, obraz wyświetlany na ekranie itp. Środki zapobiegawcze - badanie reakcji źrenicy na światło, pomiar naturalnych oscylacji źrenicy itp.



W rzeczywistości bada się wzór utworzony przez naczynia krwionośne na zdjęciu dna oka w podczerwieni. Chociaż fałszerstwo jest praktycznie niemożliwe, a skuteczność prawie stuprocentowa, jest to rzadko stosowana metoda. Występują trudności przy wykonywaniu zdjęcia (użytkownik musi dokładnie ustawić oko w ściśle określonym miejscu, musi zdjąć okulary lub szkła kontaktowe) i wprowadzaniu danych do systemu. Bardzo drogi sprzęt.



Do rozpoznawania podpisu stosuje się nie zdjęcie już złożonego podpisu (tu możliwości fałszerstwa są ogromne), ale dynamikę samego procesu składania podpisu. Mierzy się co najmniej położenie końcówki pisaka na płaszczyźnie i jego nacisk, można też rejestrować kąt nachylenia i orientację pisaka. Do obróbki stosuje się sieci neuronowe, niejawne modele Markowa itp. Producenci unikają podawania dokładności, ale np. SSS Bio-Pen ma FAR 0.01%.



Dwa typy systemów: użytkownik musi wypowiedzieć zadane zdanie lub może mówić na dowolny temat. Wektor cech może obejmować: podstawową częstotliwość dźwięku, energię sygnału, barwę dźwięku, czas trwania fonemów i przerw, rozkład formantów. Do porównywania wykorzystywane są sieci neuronowe, niejawne modele Markowa (HMM), dynamiczne zawijanie czasu (obecnie praktycznie wyparte przez HMM), modele oparte na kulistości, sumy rozkładów gaussowskich. Dokładność systemów rozpoznawania głosu wynosi ok. 99,5%. Możliwe jest oszukanie systemu przez nagranie głosu. Środkiem zaradczym jest losowy wybór tekstu do wypowiedzenia. System może być wrażliwy na chwilowe zmiany głosu spowodowane czynnikami zdrowotnymi lub warunkami otoczenia.



Wiele osób porusza się w charakterystyczny sposób. Rozpoznawanie charakterystycznego chodu danej osoby odbywa się na podstawie filmu. Bada się zmiany powierzchni obrazu zajętego przez poruszającego się człowieka. Technika w początkowej fazie rozwoju. Potencjalnie bardzo duże możliwości fałszerstwa.



Istnieje wiele innych technik biometrycznych, takich jak badanie zapachu, DNA, częstości uderzeń w klawisze klawiatury, badanie termogramu twarzy itp. Techniki te są w fazie rozwoju. Ich stosowanie bywa też ograniczone przez cenę potrzebnego sprzętu.

