

Identyfikacja biometryczna

Krzysztof Ślot

Instytut Elektroniki, Politechnika Łódzka



Politechnika Łódzka
Instytut Elektroniki

Wprowadzenie

- **Biometria**

- Kierunek badań zawierający się w obszarze tematycznym automatycznego rozpoznawania (jednego z komponentów systemów sztucznej inteligencji)
- Przedmiot badań: analiza danych, których źródłem są organizmy żywe
 - Zawężenie przedmiotu: w celu automatycznego rozpoznawania tożsamości



- **Tematyka kursu**

- Przedstawienie wybranych metod biometrii
- Wykorzystanie biometrii w systemach kontroli dostępu do chronionych zasobów

Podstawy biometrii

- **Tradycyjne strategie określania tożsamości**
 - Posiadanie materialnych poświadczeń tożsamości
 - Znajomość ustalonych sekretów
- **Strategia rozpoznawania w biometrii**
 - Udowodnienie tożsamości na podstawie swoich cech /swojego zachowania
- **Zadania rozpoznawania**
 - Identyfikacja: określanie kim jest sprawdzana osoba
 - Weryfikacja: określanie, czy jest się tym, za kogo się podajemy
- **Uwarunkowania pracy systemów biometrycznych**
 - Nadzorowana akwizycja biometryki (łatwiejsze)
 - Akwizycja nienadzorowana (trudne – podatne na podstawienie sfabrykowanych danych)
 - Jawna akwizycja biometryki (dowolna biometryka)
 - Skryta akwizycja (tylko niektóre biometryki)

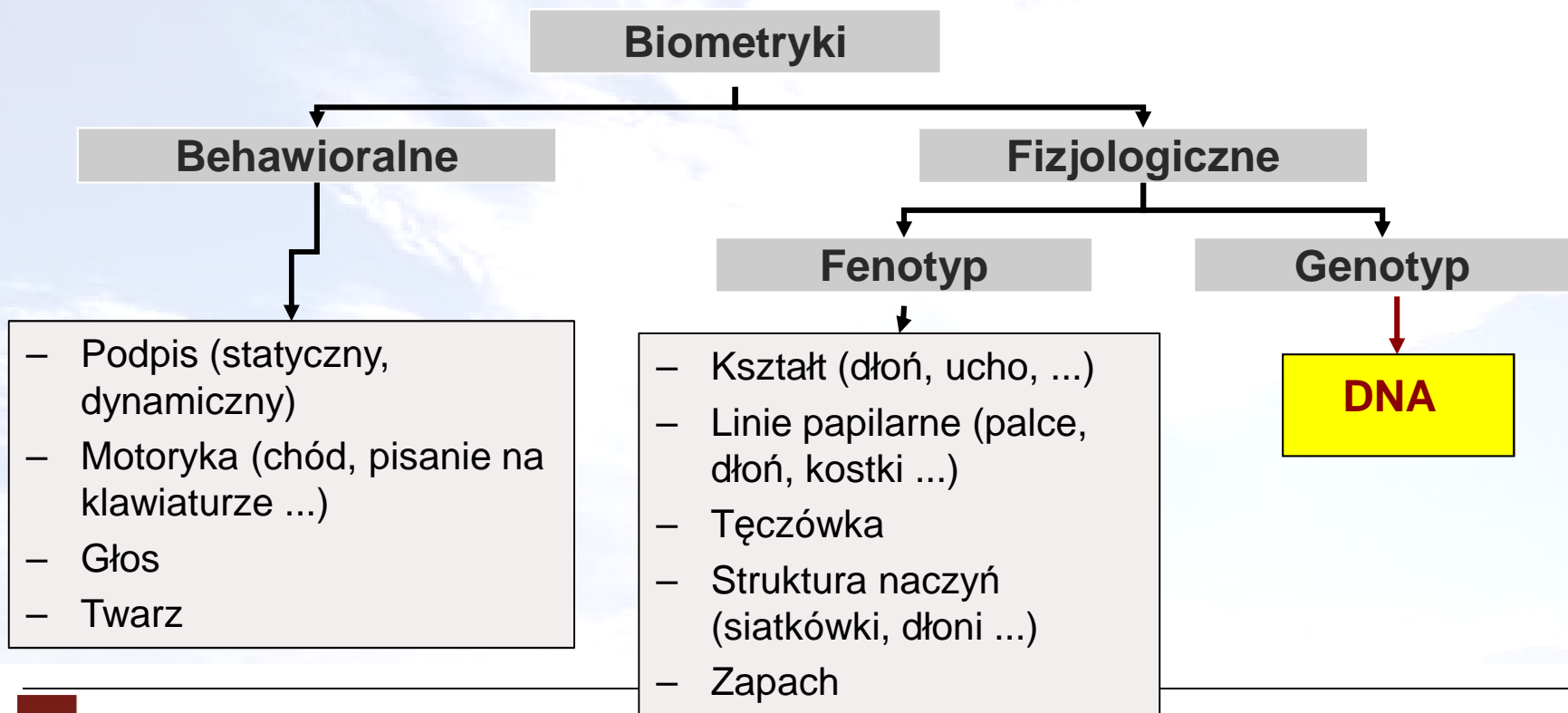
Cechy biometryczne (biometryki)

- **Wymagania konieczne dla cech-kandydatów na biometryki**
 - Unikatowość
 - Uniwersalność
 - Trwałość
 - Możliwość pomiaru
 - Trudność sfałszowania

- **Właściwości pożądane dla cech-kandydatów na biometryki**
 - Akceptowalność
 - Wygoda pomiaru
 - Łatwość analizy

Cechy biometryczne (biometryki)

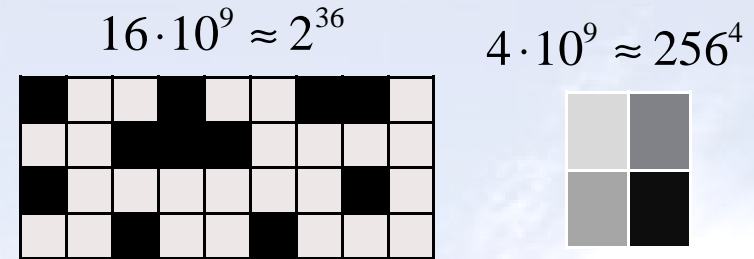
- **Cechy osobnicze fizjologiczne**
 - **Struktura tkanek:** wykształcają się w procesie formowania organizmu i mają nieskończoną różnorodność (różnorodność czynników wpływających na rozwój)
- **Cechy osobnicze behawioralne**
 - **Wyuczony sposób wykonywania czynności**



Źródła problemów analizy biometrycznej

- **Oczekiwania wobec biometrii**

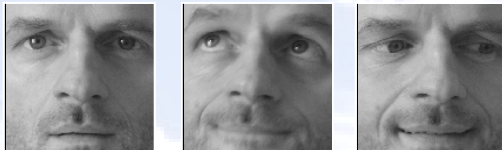
- Wygoda
- Pewność analizy (100% dokładność)



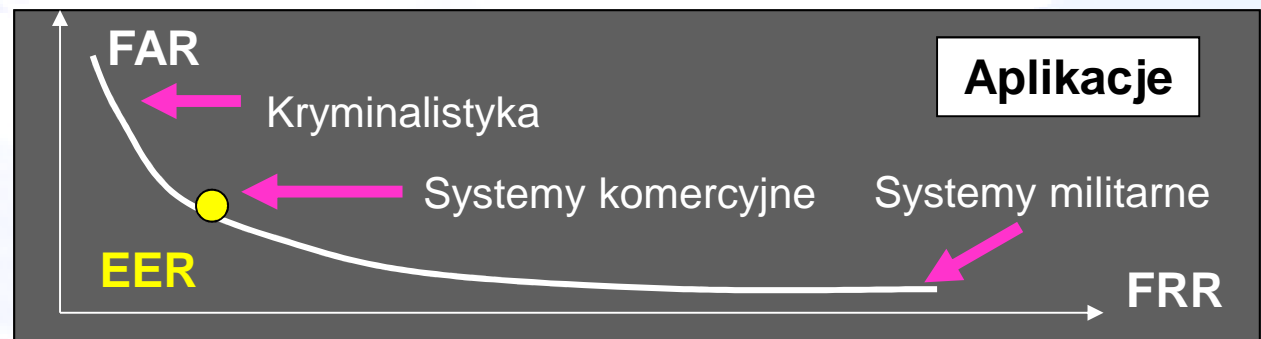
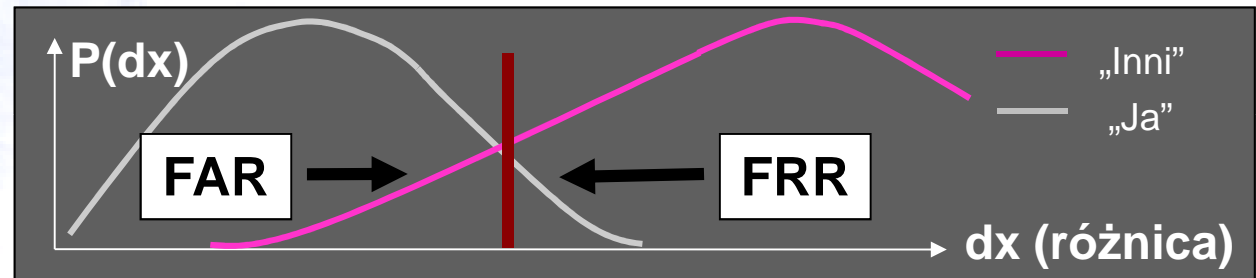
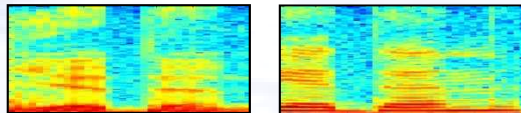
- **Rzeczywistość**

- Duża zmienność w obrębie klasy i wielka liczba klas: ogromne trudności analizy

Ta sama twarz



Ten sam mówca



Kryteria oceny systemów biometrycznych

- **Protokoły ewaluacji**

- Testowanie systemu przeprowadzane nie przez jego twórców
- Testowanie na materiale nieznanym wcześniej systemowi

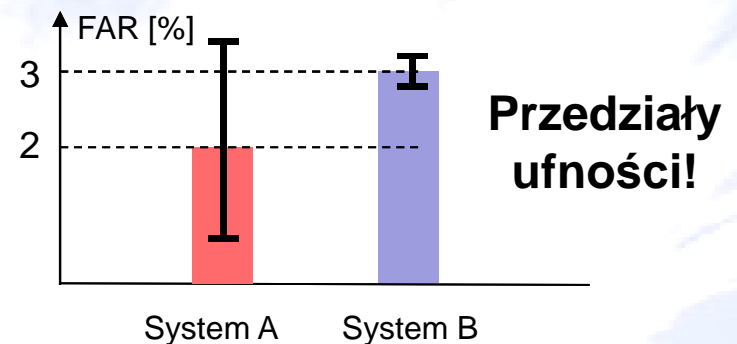
- **Miary oceny systemów**

- Liczbowe (skalarne)

- FAR (FMR, False positive)
- FRR (FNMR)
- EER (tradeoff błędu)
- Failure to enroll, failure to acquire

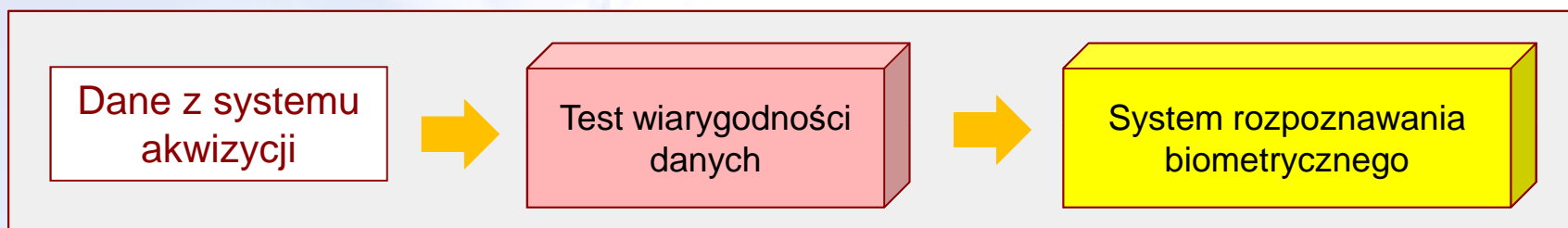
- Funkcyjne

- ROC (Relative Operating Characteristics): parametryczna (funkcja progu decyzji) relacja między FAR (typowo x) i FRR (y)
- DET (Detection Error Trade-off) idea jak dla ROC, inna skala osi (nieliniowa: log, jednostki odchylenia standardowego)
- CMC (Cumulative Match Characteristic) p-stwo, że wynik znajduje się w zbiorze wytypowanych n -kandydatów

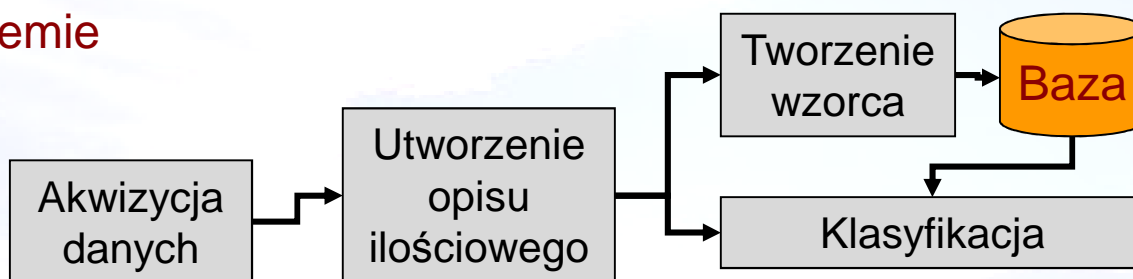


Systemy biometryczne

- **Cel analizy**
 - Identyfikacja (duże bazy danych, silnie dyskryminatywne biometryki, wynik to lista kandydatów)
 - Weryfikacja (małe, lokalne bazy danych)
- **Struktura systemu rozpoznawania biometrycznego**



- **Fazy pracy systemu biometrycznego**
 - Faza rejestracji w systemie
 - Faza rozpoznawania



Współczesne technologie biometryczne

Zestawienie wybranych metod biometrycznych

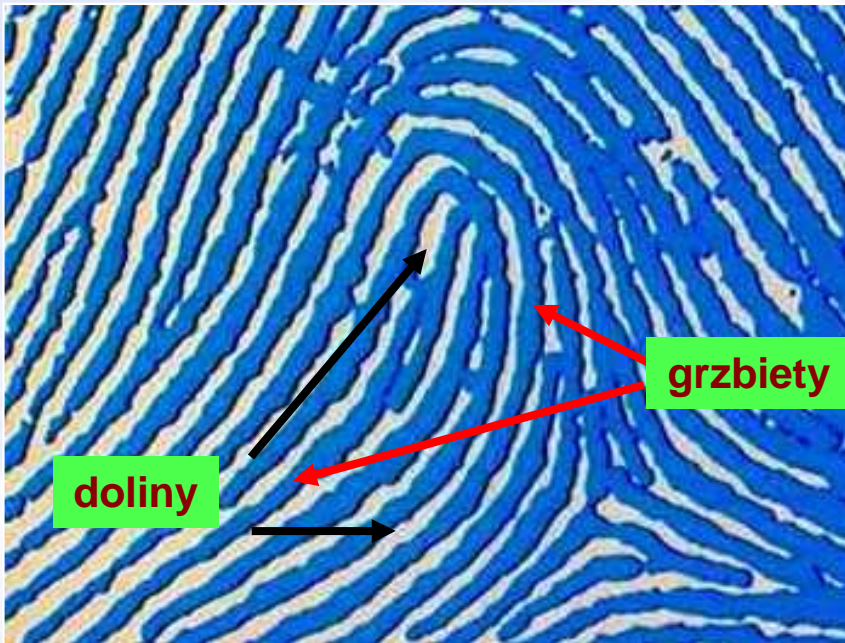
Technologia	U	T	M	W	O
Odciski palców	++	++	0	+	++
Tęczówka	++	++	+	++	++
Siatkówka	++	+	--	++	++
DNA	++	++	--	++	--
Geometria ucha	+	++	0	0	0
Geometria dłoni	+	0	++	0	0
Podpis (styl i dynamika)	0 / +	--	++/0	0	--/+
Twarze	-	-	++	-	0
Głos	-	-	++	--	+
Naczynia (palec)	++	++	-	++	++
Wielomodalna (video)	0	-	++	+	++



U – unikatowość; **T** – trwałość; **M** – mierzalność; **W** – wiarygodność analizy; **O** – odporność na oszutwo

Strategie biometrii: linie papilarne

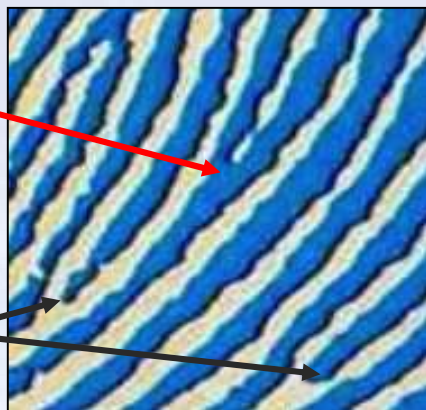
- **Dominująca obecnie technologia biometryczna**
 - Bogata historia (podpisy na tabliczkach glinianych, Babilon, 1700 B.C.)
 - Dopuszczona w Wielkiej Brytanii jako metoda kryminalistyki w 1901 r.



- W bazach danych, pośród milionów odcisków nie znaleziono dotychczas dwóch identycznych- **unikatowość**
- Całkowicie formują się w okresie prenatalnym i odtąd pozostają bez zmian – **trwałość**
- Większość je ma – **uniwersalność**
- Ich akwizycja jest **akceptowalna** (wymagana kooperacja)

Automatyczne rozpoznawanie linii papilarnych

Rozdwojenia



Zakończenia

- Metoda 1: pola orientacji
- Metoda 2: punkty charakterystyczne (minucje)
 - ✓ Cechy: zakończenia i rozdwojenia linii
 - ✓ Typowo: 40-60 minucji / odcisk

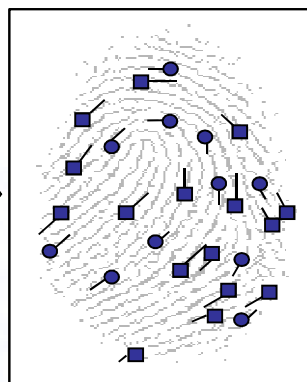
- Główne kroki procedury rozpoznawania bazującego na minucjach



Oryginał



Poprawiony

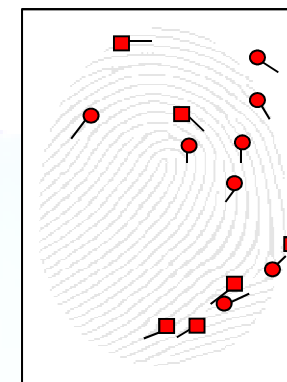


Minucje

Porównanie
(dopasowanie)



Wystarczy:
10-12 zgodności



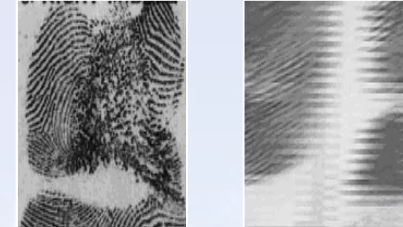
Wzorzec

Metody akwizycji obrazu linii papilarnych



- **Czytniki optyczne**

- Tanie, ale łatwe do oszukania
- Wrażliwe na zabrudzenia, odciski 'residualne'

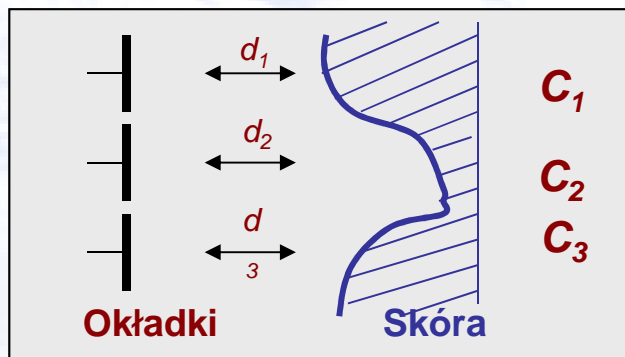


- **Czytniki ultradźwiękowe**

- Skanowanie głębszych warstw skóry, drogie

- **Czytniki termiczne**

- Pomiar różnicy temperatur grzbietu i doliny
- Średnio trudne do oszukania, tanie, jakość jest funkcją temperatury otoczenia

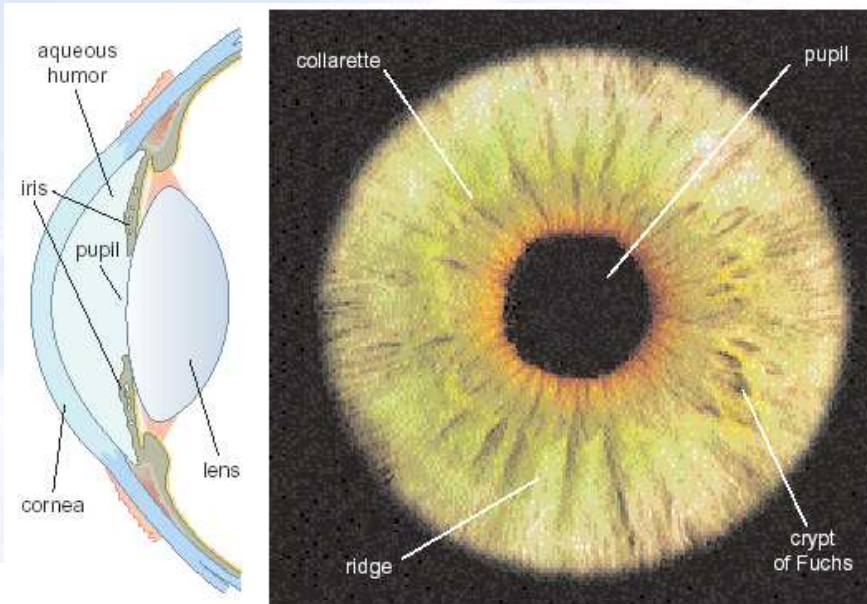
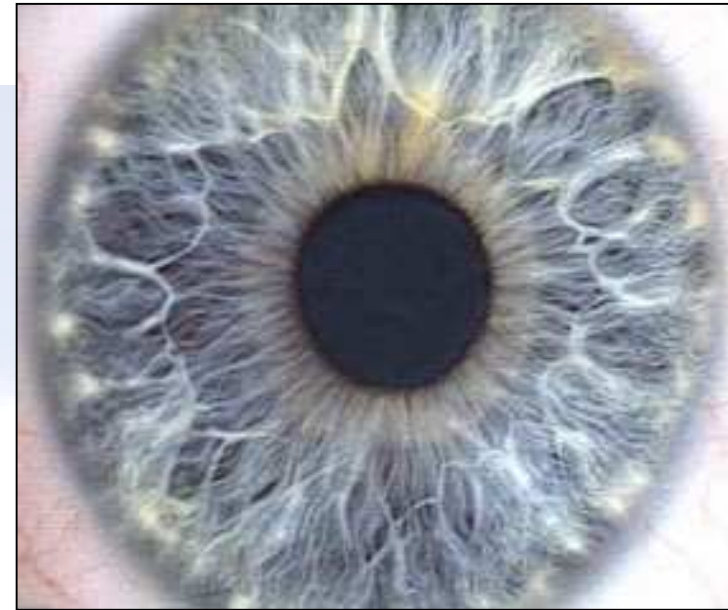


- **Czytniki pojemnościowe**

- Skóra – okładka kondensatora
- Niedrogie, trudne do oszukania
- Raczej dobra jakość

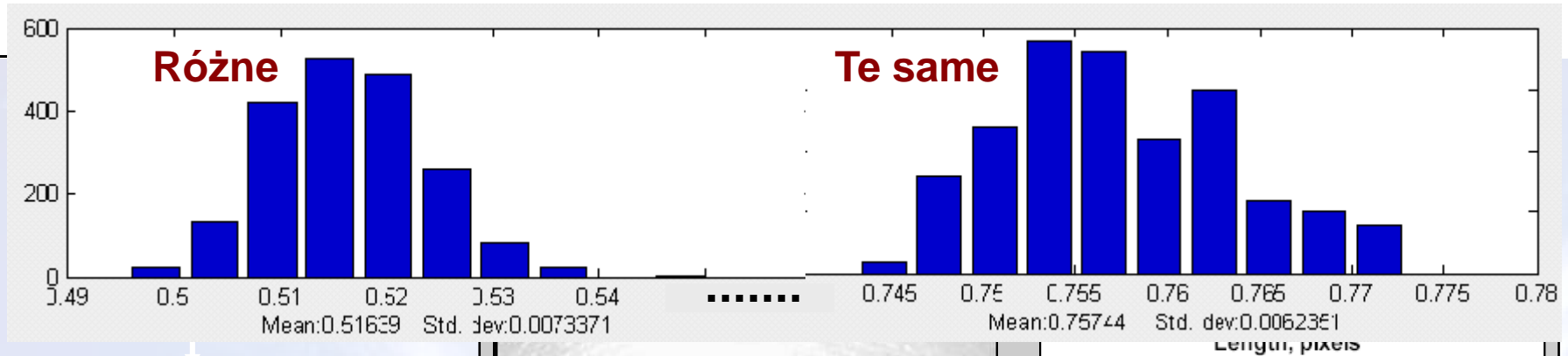
Strategie biometrii: tęczówka

- **Najlepiej rokująca technologia**
 - Pośród dziesiątek milionów tęczówek nie natrafiono na dwie jednakowe – **unikatowość**
 - Formuje się w okresie niemowlęcym i pozostaje bez zmian - **trwałość**



- Większość osób ją posiada- **uniwersalność**
- Względnie łatwa do akwizycji
- Nie wymaga fizycznego kontaktu - **akceptowalność**
- Trudna do podrobienia

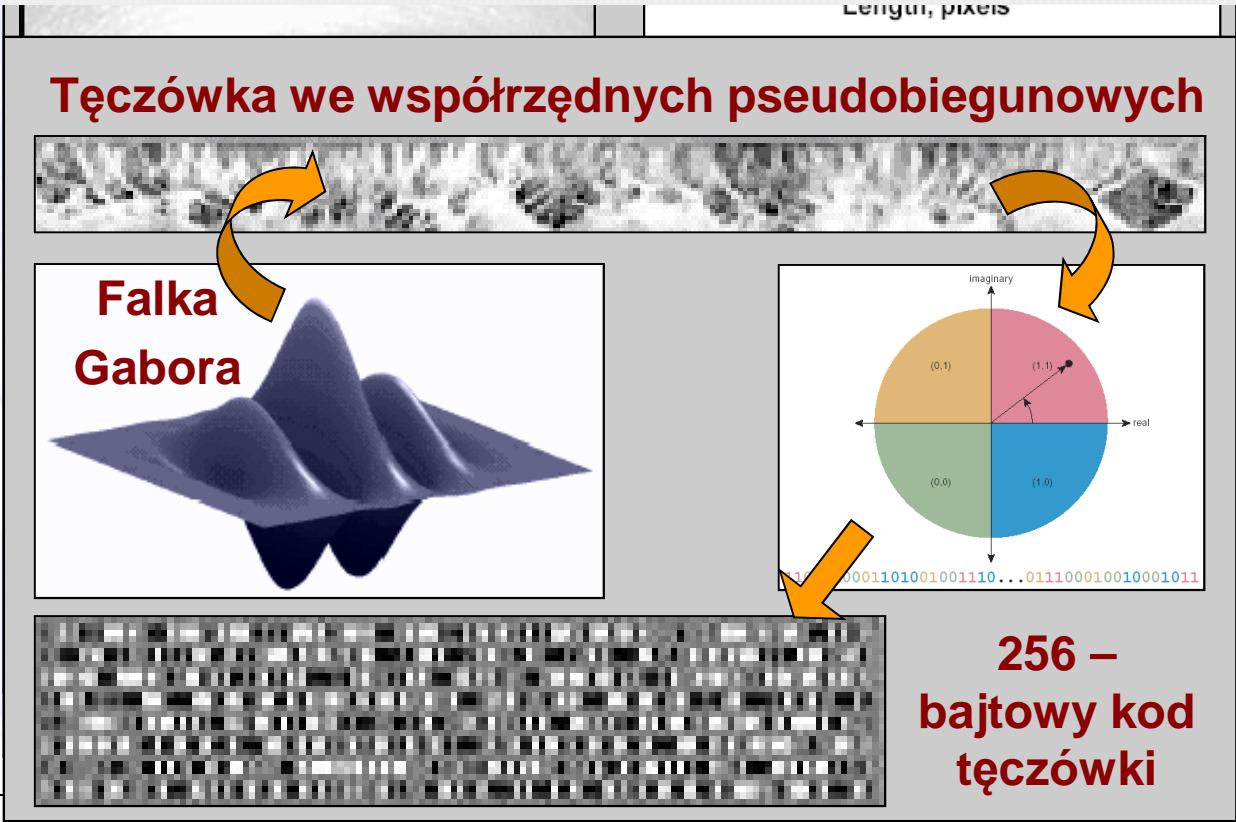
Rozpoznawanie tęczówki – metoda Daugmana



**Segmentacja
ROI - pierścienie
współśrodkowe**

**Analiza –
wyznaczenie kodu**

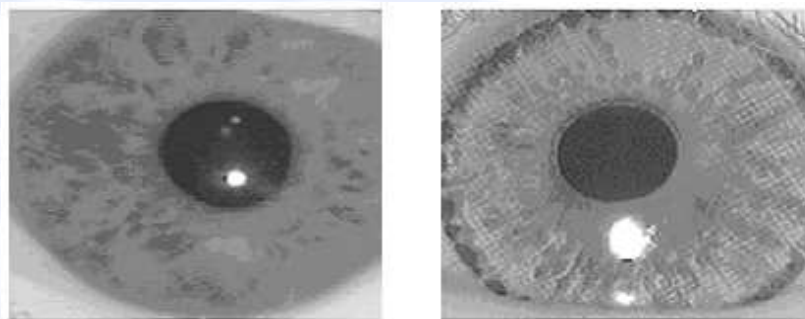
**Klasyfikacja – test
statystycznej
niezależności**



Rozpoznawanie tęczówki – zapobieganie oszustwom



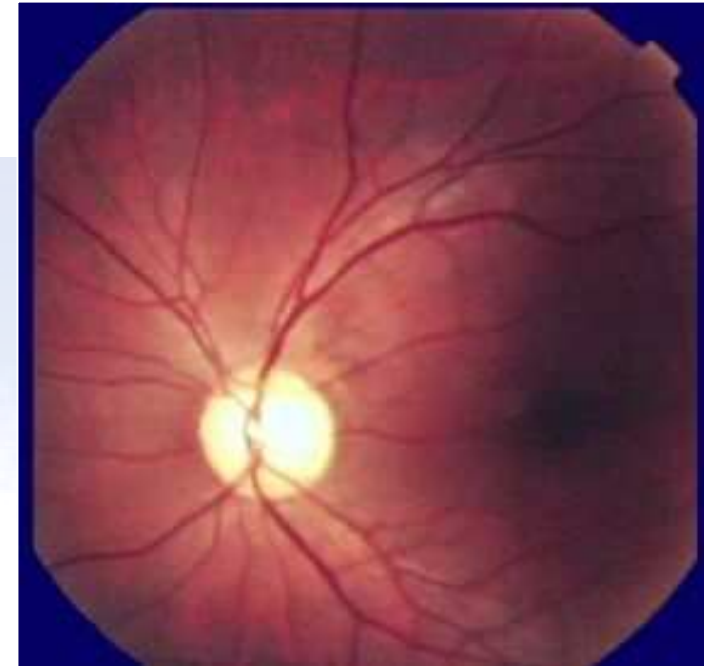
- **Możliwe strategie oszustw**
 - Wydruki
 - Szkła kontaktowe
 - Modele 3D ...
- **Możliwe testy wiarygodności**
 - Zmienne oświetlenie
 - Analiza odbicia światła („efekt czerwonych oczu”)
 - Analiza spontanicznych drgań źrenicy



Strategie biometrii: siatkówka



- **Technologia o wysokim poziomie ufności**
 - Struktura podlegająca analizie – system naczyń krwionośnych siatkówki
 - Struktura naczyń jest niepowtarzalna i wysoce specyficzna – **unikatowość**
 - Formuje się w okresie prenatalnym oraz niemowlęcym i pozostaje bez zmian (wyjątek – udary i wylewy), jest doskonale chroniona przed wpływem czynników zewnętrznych – **trwałość**
 - Większość ludzi ją posiada - **uniwersalność**



- **Podstawowe wady**
 - Wymagane skanowanie dna oka światłem lasera – **niski poziom akceptacji**
 - Duży koszt stanowiska
 - Konieczna kooperacja

Biometria bazująca na obrazowaniu w podczerwieni

- **Rozważana cecha osobnicza**
 - Struktura naczyń krwionośnych
 - ❑ Grzbietu dłoni
 - ❑ Palców
 - ❑ Twarzy
- **Właściwości biometryki**
 - Uniwersalność
 - Łatwość i akceptowalność pomiaru
 - Unikatowość (?),
 - Trudna do sfałszowania
- **Metoda pomiaru**
 - Światło odbite, światło przechodzące, światło rozproszone
 - Absorpcja / rozpraszanie fal w zakresie bliskiej (0.7-1 μm) lub dalekiej (3-5 μm) podczerwieni: różnice dla krwi i dla tkanek – możliwość uzyskania kontrastu

Struktura naczyń grzbietu dłoni

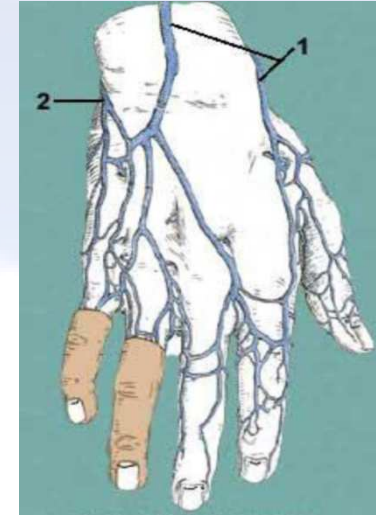
- **Ogólna charakterystyka**

- Stabilność cechy: 20-50 rok życia
- Naczynia zespolone ze skórą (basilic) / z kośćmi (cephalic)

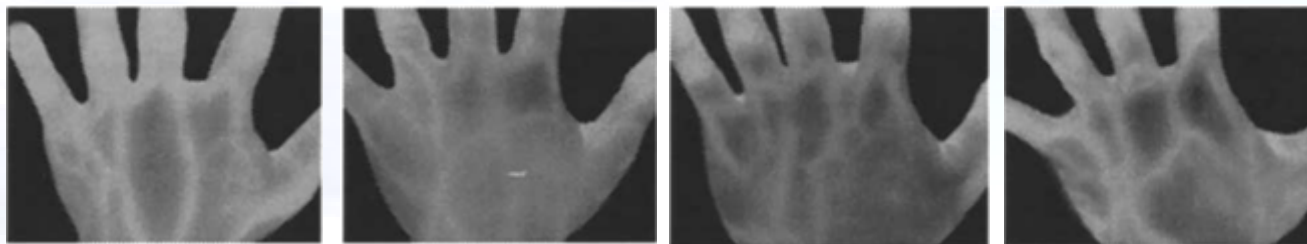


- Obraz w bliskiej podczerwieni (niski koszt sensora)

KUMAR AND PRATHYUSHA: PERSONAL AUTHENTICATION USING HAND VEIN TRIANGULATION AND KNUCKLE SHAPE



Obraz w dalekiej podczerwieni (kamera termowizyjna)

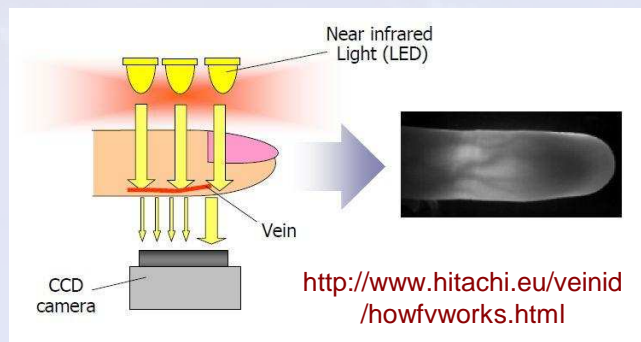


Analiza naczyń grzbietu dłoni

- **Metoda analizy: cechy geometryczne**
 - Wydzielanie punktów charakterystycznych (zakończenia i bifurkacje naczyń)
 - Triangulacja
 - Deskryptory: wektory długości krawędzi trójkątów
 - Klasyfikacja: poszukiwanie zgodności (podobnie jak w analizie linii papilarnych palców)
- **Wyzwania**
 - Konieczność dobrego dopasowania obrazów
 - Niepewna detekcja bifurkacji / zakończeń (pomijanie lub wprowadzenie nowych w stosunku do wzorca)
- **Inne metody analizy (holistyczne: tekstura, pole orientacji)**
- **Właściwości**
 - FAR 1,14%, FRR – 1.14% (trwają intensywne prace)
 - Zalety: tanie, szybkie, akceptowalne

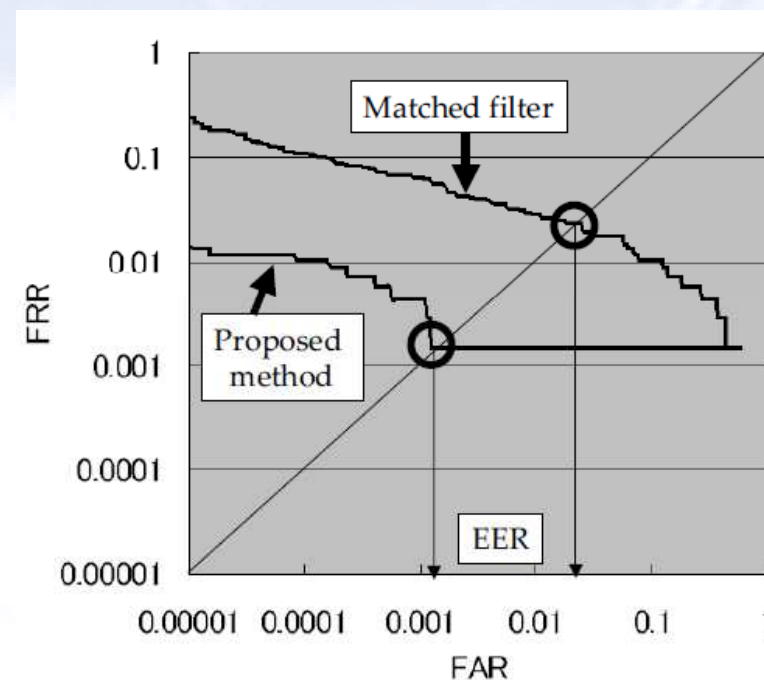
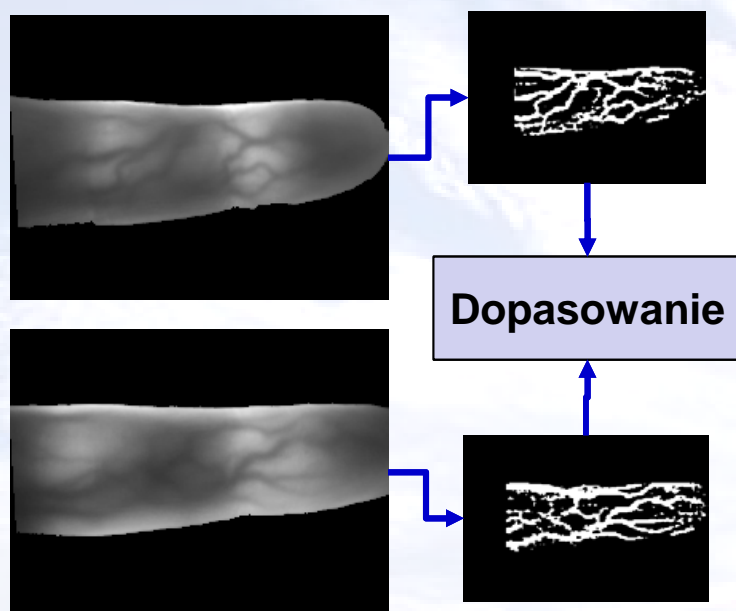


Strategie biometrii: struktura naczyń krwionośnych palców



- **Metody analizy**

- Rekonstrukcja przestrzenna (śledzenie, Radon ...) - klasyfikacja



Naoto Miura, Akio Nagasaka, Takafumi Miyatake HITACHI, 2004

- **Właściwości**

- Spory koszt

Strategie biometrii: twarze

- **Najwygodniejsze w akwizycji**
 - **Ogromny rynek** (monitoring, zapisy)
 - **Trwałość** ☹️ (choroby, starzenie)

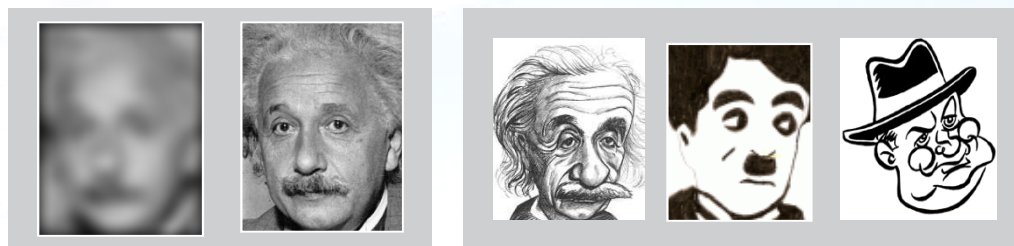


Sharbat Gula in 1985, 1992

- **Unikatowość** ☹️ (bliźnięta, mimika, makijaż, ...)

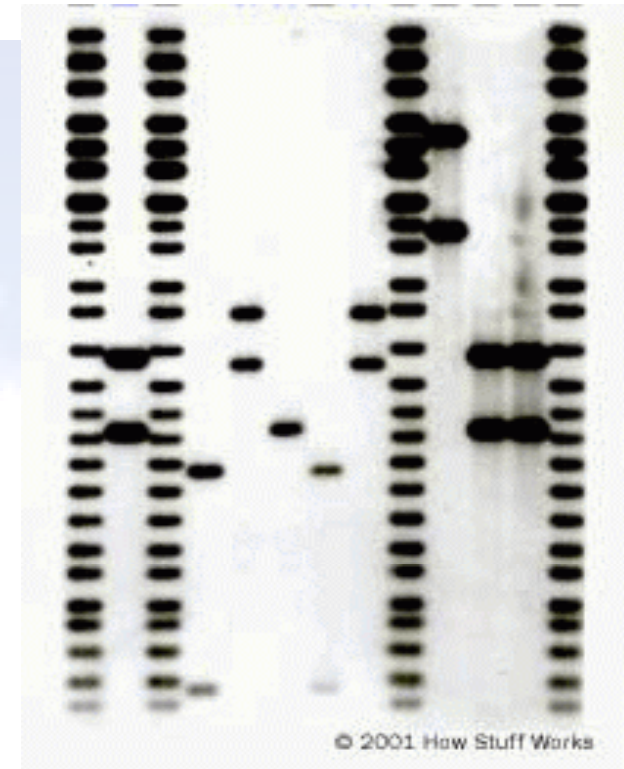
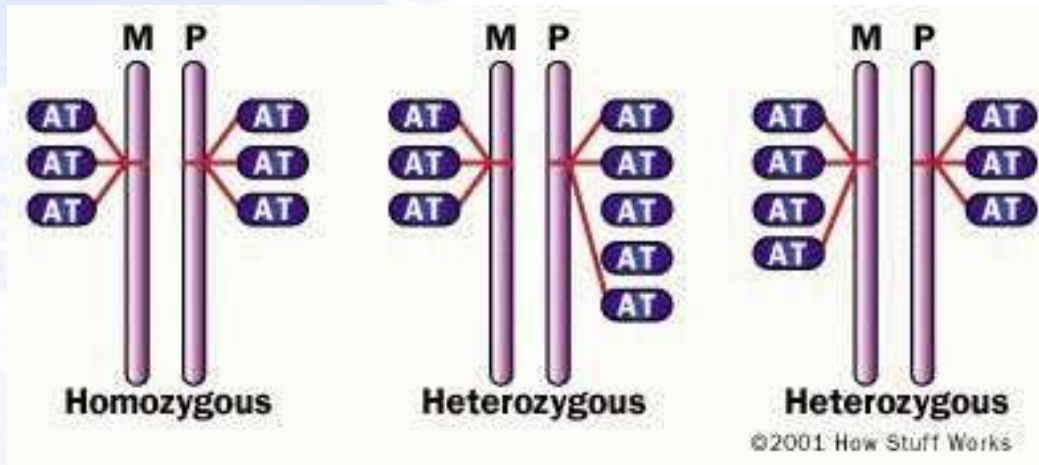


- **Problemy dodatkowe**
 - **Zmienne warunki akwizycji**
 - **Trudność segmentacji**
- **Rozmaite strategie**
 - **Holistyczne / analiza detali**



Strategie biometrii: DNA

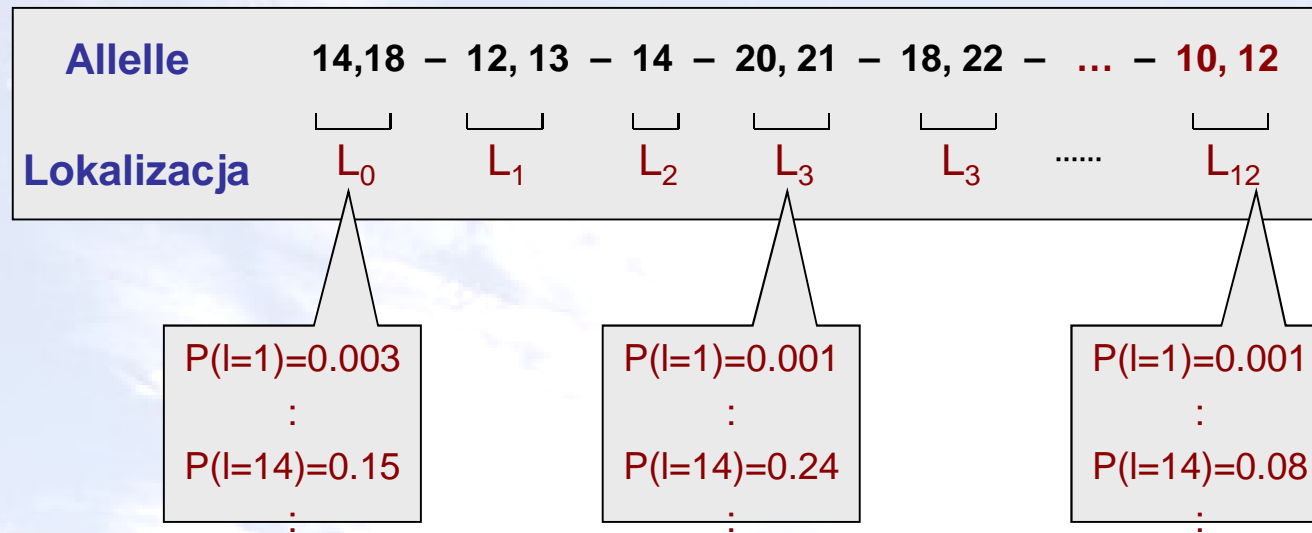
- **Najnowsze narzędzie kryminalistyki**
 - Genom: 5% geny, 95% - część niekodująca
 - Różnice międzypersonne - ok. 3 miliony elementów DNA (0.1% genomu)
 - Przedmiot zainteresowania biometrii: polimorfizm sekwencji i ich długości
 - Cechy biometryczne: liczby powtórzeń konkretnych sekwencji nukleotydów (tzw. VNTR – Variable Number Tandem Repeats)



- **Profil DNA**
 - Statystyka liczb powtórzeń VNTR dla określonych lokalizacji (różne chromosomy)

Strategie biometrii: DNA

- **Osobniczy profil DNA**



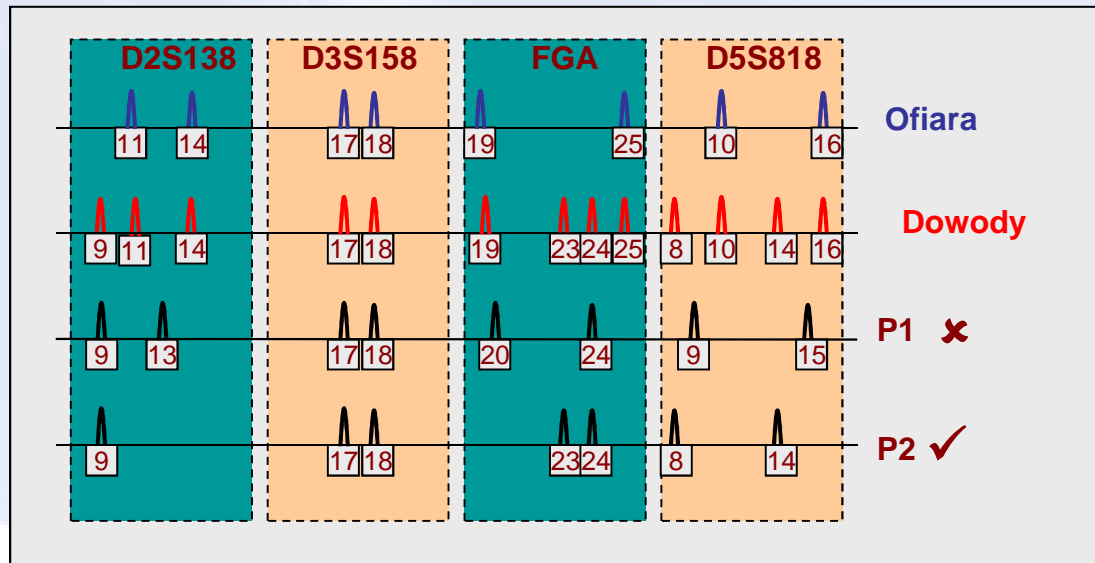
- **Prawdopodobieństwo wystąpienia określonej sekwencji**

$$P(X) = \prod_{i=1}^{12} p(l_A l_B = \alpha\beta)$$

FBI używa 13 lokalizacji – szansa przypadkowej zgodności: $1:10^{10}$

Strategie biometrii: DNA

- **Metoda określania profilu: elektroforeza**



➔ **Główne wady metody**

- **Niski poziom akceptowalności w zastosowaniach innych niż kryminalistyka (DNA zawiera ogromną ilość informacji dodatkowej)**
- **Łatwość kradzieży / podrzucenia próbek**

Orientacyjny plan zajęć

- **Podstawy automatycznego rozpoznawania**
 - **Tworzenie ilościowego opisu obiektów: przestrzenie cech (6h)**
 - Selekcja cech (kryteria selekcji – współczynniki Fishera)
 - Ekstrakcja cech (metoda PCA i LDA)
 - **Klasyfikacja wektorów cech**
 - Metody minimalnoodległościowe (metoda k-NN) (2h)
 - **Rozpoznawanie osób na podstawie analizy kształtu dłoni (2h)**

- **Materiały podstawowe**
 - WKiŁ 2008

