

# **INTELIĞENTNE SYSTEMY UWIERZYTELNIANIA**

dr hab. inż. Mariusz Kubanek, prof. PCz

[mariusz.kubanek@icis.pcz.pl](mailto:mariusz.kubanek@icis.pcz.pl)

Katedra INFORMATYKI

# Wykład 8

## Uwierzytelnianie na podstawie odcisków palców



# LINIE PAPILARNE

- **Podstawowe założenia funkcjonowania systemu do uwierzytelniania tożsamości na podstawie obrazu linii papilarnych palców dotyczą wykorzystania unikatowego wzoru odcisków w obrębie każdego człowieka.**
- **Systemy biometryczne mogą być realizowane w oparciu o identyfikację i weryfikację różnych cech, tzw. identyfikatorów biometrycznych.**



# LINIE PAPILARNE

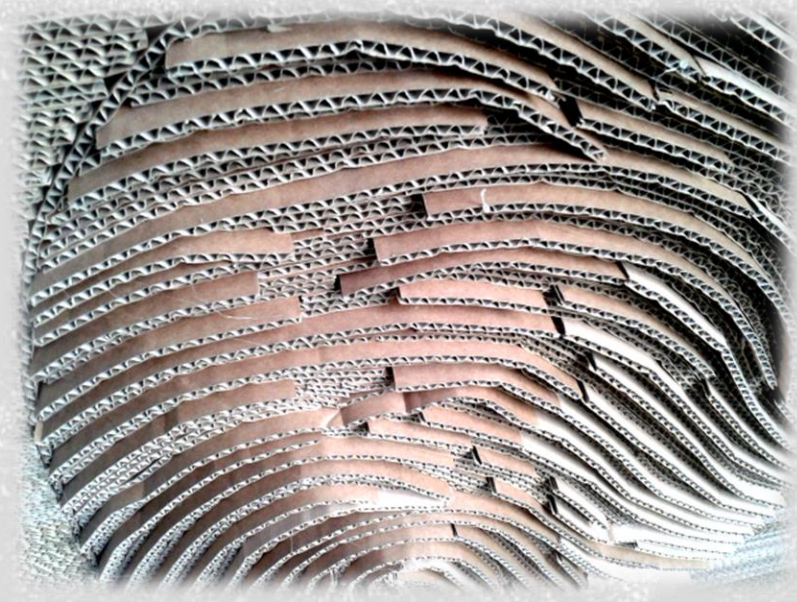
- Każdą z takich cech można właśnie ocenić pod wieloma względami, takimi jak: uniwersalność, unikatowość, czy też niezmienność w ciągu życia.
- Skuteczny system biometryczny powinien być zrealizowany w oparciu o tę cechę, która pod każdym z wyżej wymienionych względów jest jak najlepsza.
- Przykładem takich cech mogą być odciski linii papilarnych.





# LINIE PAPILARNE

- Linie papilarne to swego rodzaju bruzdy znajdujące się na wewnętrznej powierzchni dłoni, palców dłoni i stóp oraz na wargach.
- Wysokość wypukłości na opuszkach palców wynosi zwykle od 0.1 do 0.4 mm, a szerokość od 0.2 do 0.7 mm.



- **Najstarszą metodą pobierania obrazów linii papilarnych jest zamoczenie palca w ciemnym tuszu i odciskięcie go na papierze.**
- **Pomimo ogromnego rozwoju technologicznego metoda ta jeszcze do niedawna była dość powszechnie stosowana przez służby porządkowe na całym świecie.**





# CZYTNIKI LINII PAPIIARNYCH

- W systemach zautomatyzowanych wykorzystuje się sensory różnych typów, różniące się dość znacznie jakością, rozdzielczością a nawet rodzajem dostarczanych informacji.
- Do najpopularniejszych typów sensorów należą sensory optyczne, półprzewodnikowe i ultradźwiękowe.



# CECHY LINII PAPILARNYCH

- **Obraz linii papilarnych uzyskiwany poprzez przyłożenie palca do płaskiej powierzchni odzwierciedla wygląd naskórka.**
- **Już na pierwszy rzut oka można rozróżnić dwie cechy charakterystyczne - "wzgórza" (najczęściej ciemnego koloru) oraz "doliny" (najczęściej koloru jasnego).**





# CECHY LINII PAPILARNYCH

- W skali globalnej na niektórych odciskach linii papilarnych można dostrzec wyróżniające się kształtami regiony (zwane regionami osobliwymi).
- Regiony te można zaklasyfikować do jednej z trzech topologii: delty, zwoju oraz pętli.



# CECHY LINII PAPILARNYCH

- W praktycznych systemach przy weryfikacji tożsamości, poszukuje się cech charakterystycznych odcisku palca, zwanych "drobnymi szczegółami" lub minuciami.
- Szczegóły te występują w przestrzeni lokalnej odcisku w miejscach, w których wznóża zmieniają swoją postać, np. ciągła linia rozwidła się na kształt litery "Y", czy też zakańcza swój bieg.





# CECHY LINII PAPILARNYCH

- Przy pomocy minucji, a dokładniej ich wzajemnego położenia i orientacji na obrazie odcisku palca, można jednoznacznie zidentyfikować osobę, do której należy odcisk.
- Istnieje kilkadziesiąt rodzajów drobnych szczegółów, aczkolwiek tylko kilka z nich jest wykorzystywanych w procesie automatycznego rozpoznawania (najczęściej, wymienione wcześniej rozwidlenie i zakończenie).



# KOREKTA OBRAZU



- **Podstawowym etapem każdego systemu identyfikacji jest wyodrębnienie cech szczególnych, na podstawie których można stwierdzić tożsamość danej osoby.**
- **Niemniej jednak poszukiwania tych cech nie można rozpocząć bezpośrednio na obrazie uzyskanym ze skanera, gdyż taki obraz może być słabej jakości, posiadać zabrudzenia, a przede wszystkim może mieć zbyt szerokie wzgórza i doliny.**





# KOREKTA OBRAZU

- Aby można było w poprawny sposób wyodrębnić jak najwięcej szczegółów, konieczna jest wstępna obróbka zdjęć prowadząca do uzyskania odpowiedniego obrazu, zgodnego z określonymi wymaganiami użytych w dalszej części systemu algorytmów.

# KOREKTA OBRAZU

- Linie papilarne rozkładają się na obrazie w różnych kierunkach. Pierwszą rzeczą, jaką należy zrobić jest wygenerowanie mapy orientacji.
- Wyznacza się dane kowariancji gradientu obrazu poprzez wymnożenie macierzy gradientu dla każdego punktu zgodnie z równaniami:

$$K_{xx} = G_x^2$$

$$K_{xy} = G_x G_y$$

$$K_{yy} = G_y^2$$



# KOREKTA OBRAZU

- Wyznaczone w ten sposób macierze kowariancji wygładzane są przy pomocy filtru Gaussa, a następnie wyznaczany jest główny kierunek zmian dla każdego punktu zgodnie z poniższym równaniem:

$$M = \sqrt{K_{xy}^2 + (K_{xx} - K_{yy})^2}$$

# KOREKTA OBRAZU

- Wykorzystując wyliczoną macierz wyznacza się sinusoidę oraz cosinusoidę w dwóch osiach w postaci macierzy:

$$\sin(K) = \frac{K_{xy}}{M}$$

$$\cos(K) = \frac{(K_{xx} - K_{yy})}{M}$$

- gdzie:  $K$  - oznacza przyjęte oznaczenie kierunku na obrazie.



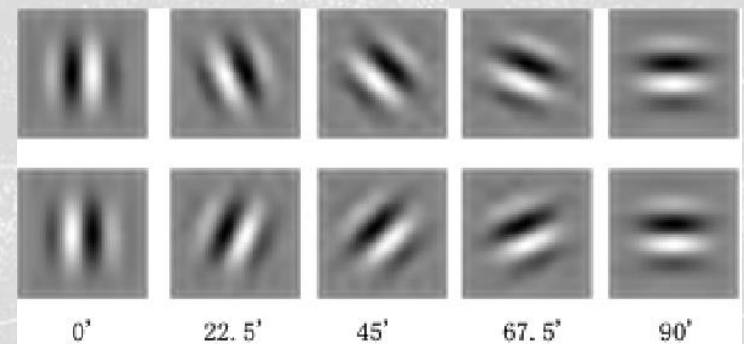
# KOREKTA OBRAZU

- Wygładzone macierze przy pomocy filtru Gaussa wykorzystywane są do wyznaczenia ostatecznej orientacji każdego z punktów zgodnie z poniższym równaniem:

$$N_{av} = \arctan\left(\frac{\sin(K)}{\cos(K)}\right)$$

# KOREKTA OBRAZU

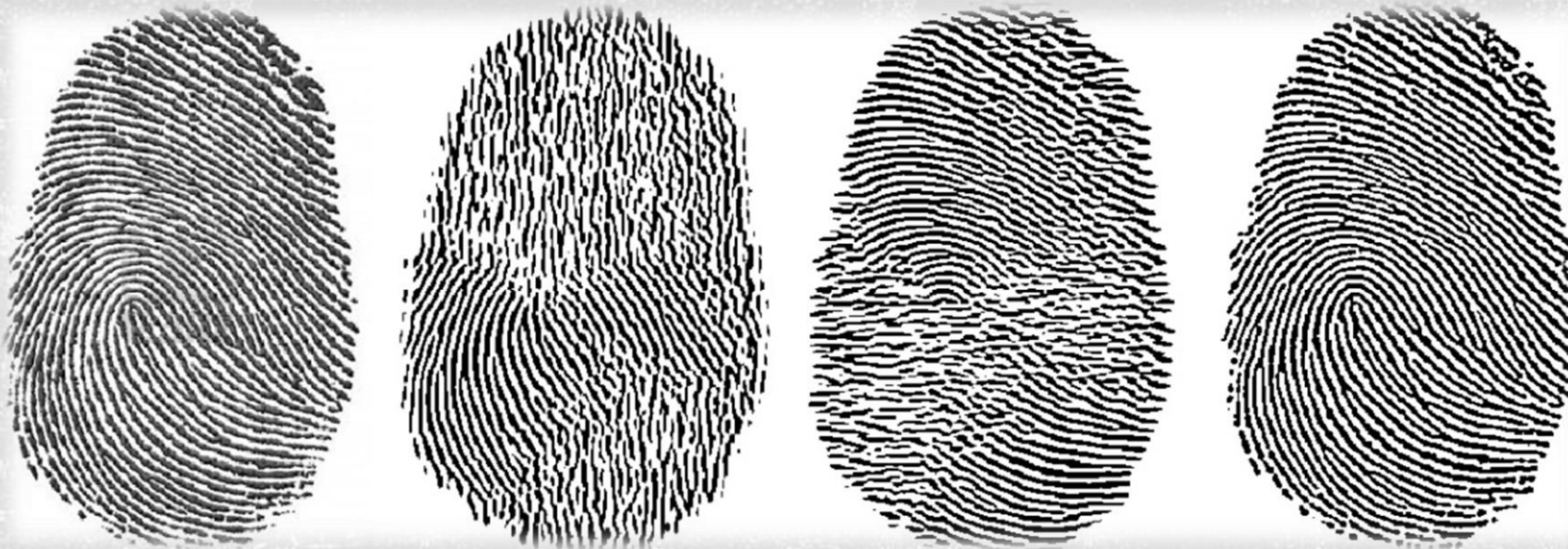
- Utworzoną w ten sposób mapę orientacji wykorzystuje się do selekcji fragmentów przefiltrowanych obrazów przeznaczonych w efekcie końcowym do sklejania.
- W następnym etapie tworzony jest zestaw filtrów Gabora.
- W przypadku obrazów z obiektami o różnych kierunkach zmian i różnych orientacjach pełna filtracja wymaga zastosowania wielu filtrów o zmiennej kącie orientacji oraz o zmiennej częstotliwości.





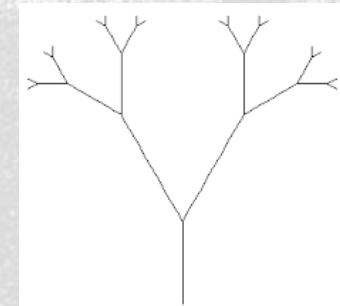
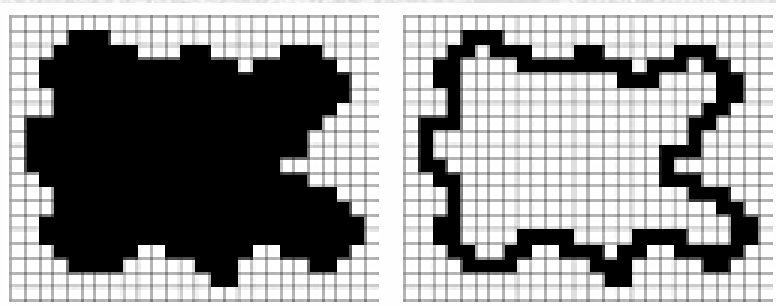
# KOREKTA OBRAZU

- Wygenerowane w ten sposób obrazy sklejane są w całość tworząc gotowy binarny obraz po filtracji.



# KOREKTA OBRAZU

- Większość metod detekcji minucji korzysta z algorytmów które analizują pojedyncze pikselowo linie.
- Aby sprostać tym wymaganiom, uzyskany obraz trzeba poddać operacji ścieniania, szkieletyzacji i obcinania gałęzi.





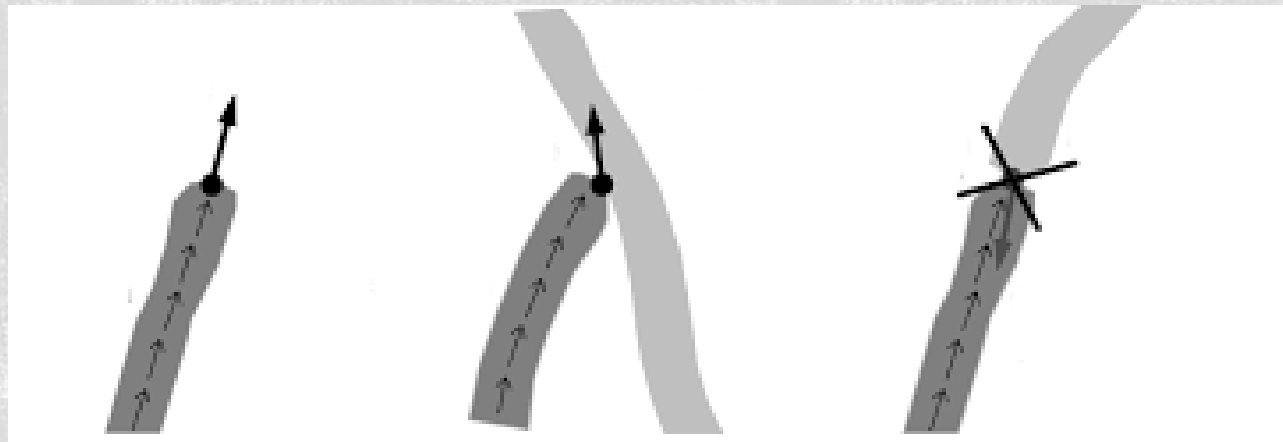
# KOREKTA OBRAZU

- **Zawsze projektując system, należy w sposób kompromisowy dobierać siłę działania poszczególnych algorytmów.**



# DETEKCJA CECH

- Jednym z końcowych etapów opisywanej analizy obrazów linii papilarnych jest wykrywanie występujących minucji.
- Poszukiwanie tych szczegółów charakterystycznych ogranicza się do poszukiwania najczęściej występujących minucji, czyli zakończeń i rozgałęzień.





# DETEKCJA CECH

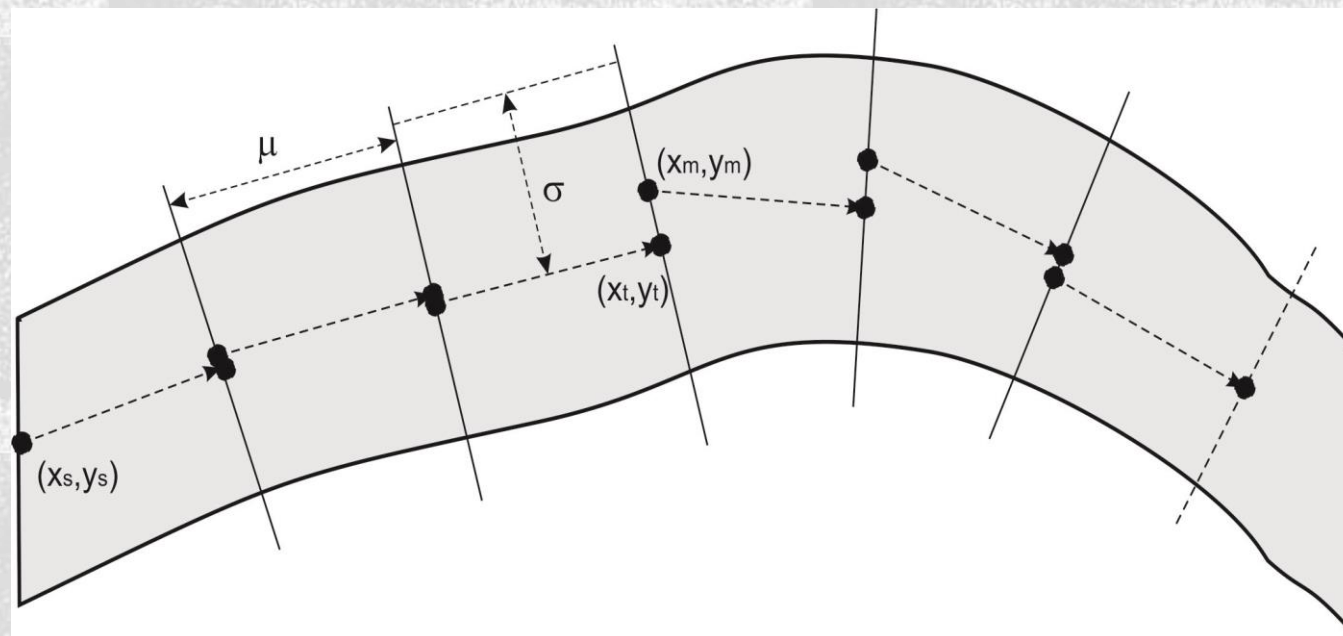
- **Poszukiwanie cech szczegółowych można realizować poprzez śledzenie linii.**
- **Algorytm rozpoczyna swoje działanie w punkcie, w którym lokalny kierunek linii papilarnych jest zgodny z przyjętym kątem startowym.**
- **W każdym kolejnym kroku śledzona linia przecinana jest prostopadłą sekcją o przyjętej długości.**
- **Następnie znajdowane jest minimum tej sekcji.**

# DETEKCJA CECH

- Na podstawie lokalnego kierunku linii papilarnych w znalezionym punkcie, algorytm przemieszcza się wzdłuż linii z punktu  $x$  do punktu  $y$ .
- Przebyty kawałek linii jest oznaczany, aby zapobiec jego ponownemu przechodzeniu w przyszłości oraz aby umożliwić wykrywanie przecięć z innymi liniami.
- Wszystkie kroki algorytmu powtarzane są iteracyjnie aż do wystąpienia jednego z warunków stopu.



## DETEKCJA CECH

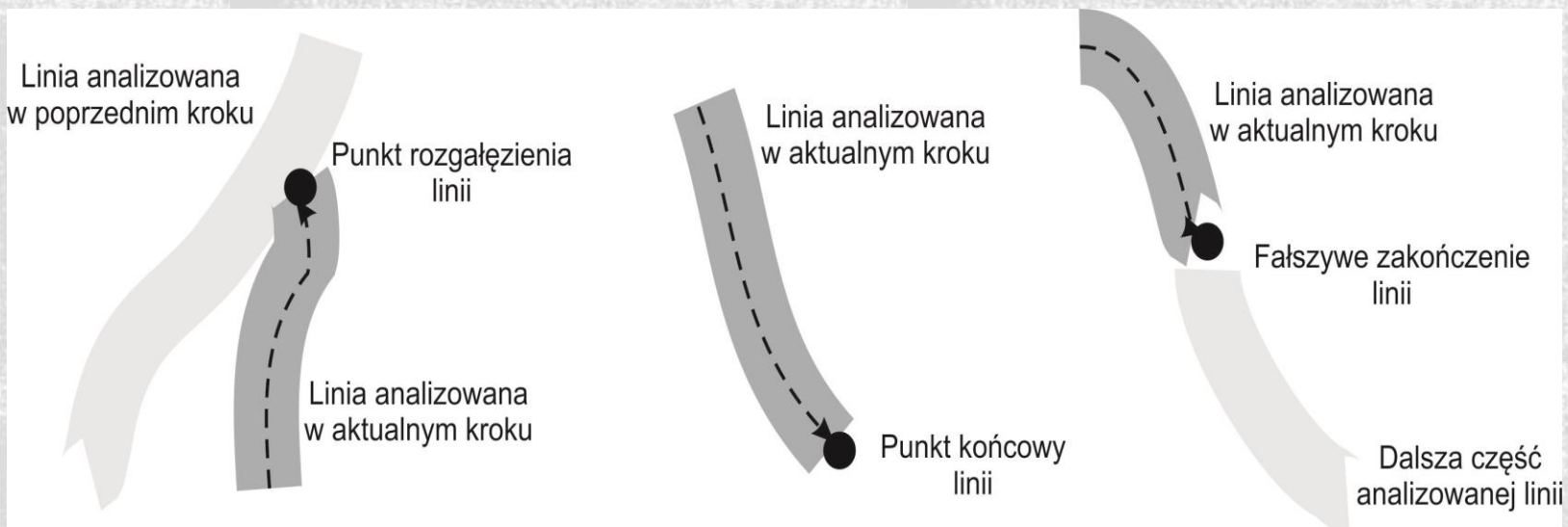


# DETEKCJA CECH

- **Zdarza się dość często, że zlokalizowane minucje w rzeczywistości są minucjami fałszywymi.**
- **Wykrycie błędnego zakończenia linii może być spowodowane przez przeskoczenie pomiędzy dwoma sąsiednimi liniami.**
- **Natomiast wykrycie błędnego rozgałęzienia może być spowodowane dojściem do linii, której śledzenie zostało wcześniej przerwane z powodu wykrycia błędnego zakończenia linii.**

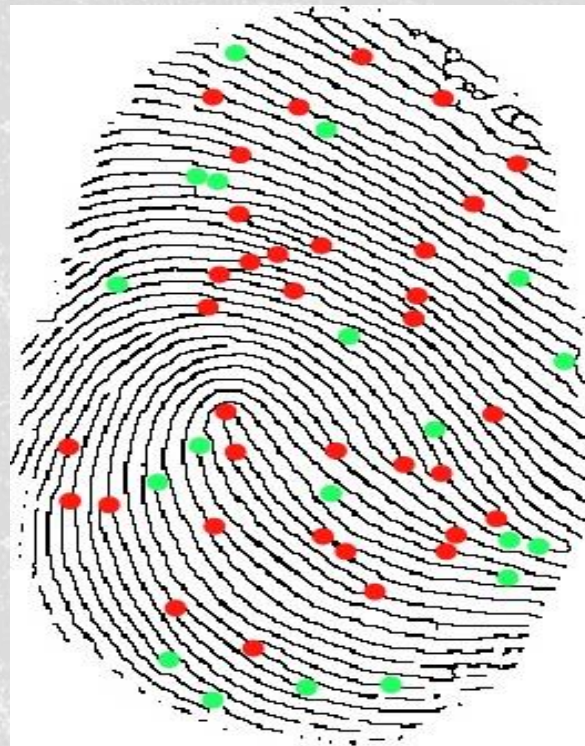


# DETEKCJA CECH



# DETEKCJA CECH

- Przykład detekcji minucji na obrazie odcisku palca. Kolor czerwony oznacza rozwidlenia, zaś kolor zielony końce linii papilarnych.





# PORÓWNYWANIE CECH

- Dwie minucje uznaje się za pasujące do siebie, jeśli ich odległość jest mniejsza od zadanego progu dystansu oraz różnica ich kierunków jest mniejsza od zadanego kąta:

$$d(k'_j, k_i) = \sqrt{(x'_j - x_i)^2 + (y'_j - y_i)^2} \leq t_0$$

$$\alpha(k'_j, k_i) = \min(|\theta'_j - \theta_i|, 360^\circ - |\theta'_j - \theta_i|) \leq \theta_0$$

# PORÓWNYWANIE CECH

- Definiując funkcję  $f$  odpowiadającą za dopasowanie dwóch minucji do siebie, można wyznaczyć przekształcenie geometryczne realizujące obrót o zadany kąt oraz przesunięcie o zadany wektor:

$$f_{\theta, \Delta x, \Delta y} (k'_j = \{x'_j, y'_j, \theta'_j\}) = k''_j = \{x''_j, y''_j, \theta'_j + \theta\}$$

- Gdzie:

$$\begin{bmatrix} x''_j \\ y''_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x'_j \\ y'_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$



# PORÓWNYWANIE CECH

- Definiując dalej konsekwentnie funkcję  $g$  zwracającą prawdę, jeśli dwie minucje pasują do siebie zgodnie z wcześniejszymi równaniami:

$$g(k_j'', k_i) = \begin{cases} \text{prawda} & \text{jeśli } d(k_j'', k_i) \leq t_0 \text{ i } \alpha(k_j'', k_i) \leq \theta_0 \\ \text{fałsz} & \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases}$$

- określić można ostatecznie problem dopasowania wzorców poprzez maksymalizację równania:

$$\max_{\theta, \Delta x, \Delta y, L} \sum_{i=1}^K g(f_{\theta, \Delta x, \Delta y}(k'_{L(i)}), k_i)$$

# ZASTOSOWANIE

- **Obecnie biometryka odcisków palców znajduje zastosowanie w trzech głównych obszarach:**
  - stosowanym na dużą skalę Automatycznym Systemie Identyfikacji Daktyloskopijnej,
  - elektronicznych systemach Rejestracji Czasu Pracy,
  - dostępie fizycznym i komputerowym.



# ZALETY

- **Największą zaletą systemów identyfikacji daktyloskopijnej jest długoterminowe wykorzystanie linii papilarnych (odcisków palców) oraz ich powszechna akceptacja przez organy państwowe oraz organy ścigania jako wiarygodny sposób rozpoznawania ludzi.**
- **Spośród innych zalet należy wymienić konieczność fizycznego kontaktu palca ludzkiego ze skanerem linii papilarnych co w pewien sposób zwiększa poziom bezpieczeństwa lub możliwość wykorzystania cyfrowych obrazów o małej wadze bitowej.**

**Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019 - 2023 nr projektu 020/RID/2018/19 kwota finansowania 12 000 000 PLN**



# Dziękuję za uwagę

dr hab. inż. Mariusz Kubanek, prof. PCz

[mariusz.kubanek@icis.pcz.pl](mailto:mariusz.kubanek@icis.pcz.pl)

Katedra INFORMATYKI