

# **INTELIĞENTNE SYSTEMY UWIERZYTELNIANIA**

dr hab. inż. Mariusz Kubanek, prof. PCz

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

Katedra INFORMATYKI

# Wykład 7

## Uwierzytelnianie na podstawie tęczówki i siatkówki oka



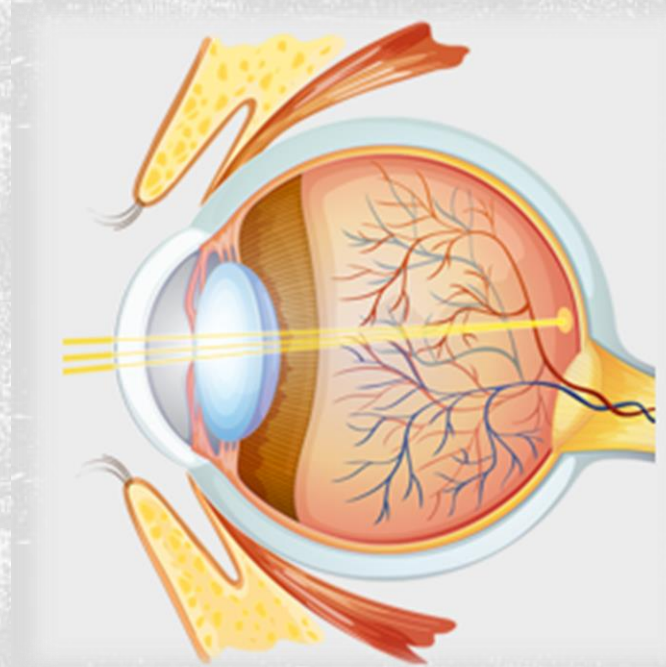
# TECZÓWKA I SIATKÓWKA

- **Charakterystyki metod uwierzytelniania tożsamości na podstawie siatkówki oraz tęczówki oka zawiera etapy budowy systemu biometrycznego do identyfikacji i uwierzytelniania tożsamości w oparciu o obraz tęczówki oka oraz obraz siatkówki oka.**



# TECZÓWKA I SIATKÓWKA

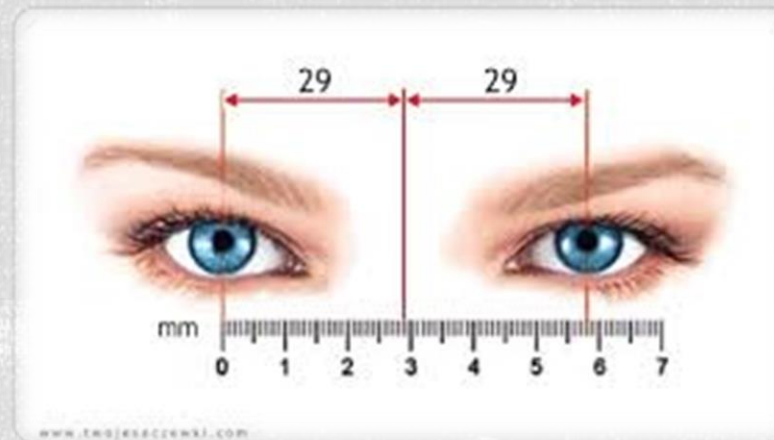
- **Niezbędna staje się ogólna wiedza z dziedziny przetwarzania obrazów, jak również szczegółowa analiza i wybór możliwie efektywnych i skutecznych algorytmów (segmentacji obrazu, normalizacji, tworzenia i porównywania biometrycznych wzorców tęczówki i siatkówki oka).**





# TECZÓWKA OKA

- Tęczówka oka jest bardzo dobrym identyfikatorem biometrycznym.
- Jest ona niezmienna w ciągu życia, jak również unikatowa (nawet u bliźniąt wzorce tęczówki są różne).
- Niezmiennność tęczówki oka wynika również z faktu, że mniej więcej od piątego roku życia aż do późnej starości jej zewnętrzny rozmiar wynosi około  $10 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ .



# TECZÓWKA OKA

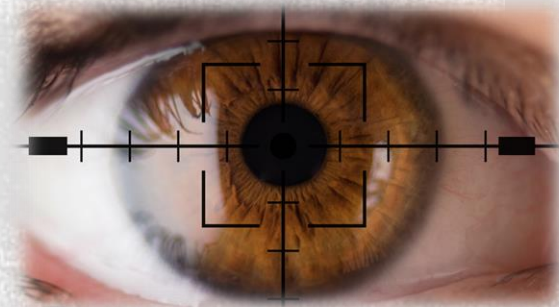
- Jest to bardzo przydatna informacja nie tylko w systemach analizujących obraz tęczówki oka, ale również w innych systemach, które wykorzystują obraz twarzy.
- Niezmiennosc rozmiaru tęczówki oka można wykorzystać do skalowania obrazów twarzy do jednego uniwersalnego rozmiaru.





# TECZÓWKA OKA

- Sama tęczówka oka jest to cienka, okrągła część błony naczyniowej, zlokalizowana pomiędzy rogówką i soczewką.
- W jej centralnej części znajduje się źrenica.
- Funkcją tęczówki jest kontrolowanie ilości światła przedostającego się poprzez źrenicę za pomocą mięśni tęczówki, co powoduje jej zwężanie i rozszerzanie.
- Źrenica tęczówki stanowi od 10 do 80 % średnicy tęczówki.



# TECZÓWKA OKA

- Tęczówka zaczyna się formować w trzecim miesiącu życia płodowego.
- Pełny unikatowy wzór powstaje w granicach ósmego miesiąca, jednak właściwa pigmentacja może się formułować aż do roku po urodzeniu.
- O barwie tęczówki decyduje zawartość barwnika, tzw. melaminy.
- Brak tego pigmentu powoduje wystąpienie niebieskiego koloru tęczówki.



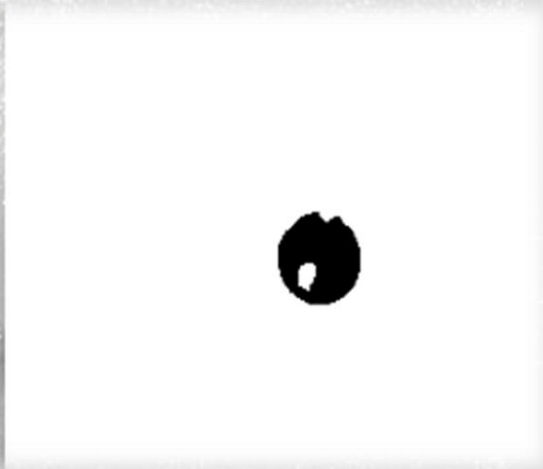
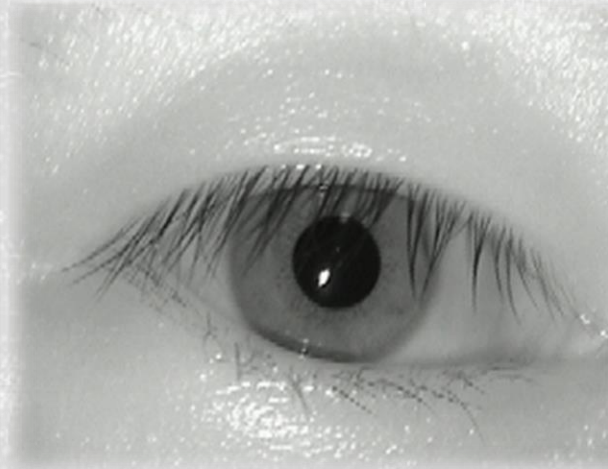


- **Jak każdy system biometryczny, proces identyfikacji i uwierzytelniania osób na podstawie obrazu tęczówki oka lub siatkówki oka można podzielić na kilka głównych etapów, a mianowicie etapy:**
  - **pozyskiwania danych do dalszej analizy,**
  - **segmentacji obszaru tęczówki lub siatkówki ze zdjęcia,**
  - **wykrycia i uwzględnienia zakłóceń w postaci rzęs oraz refleksów świetlnych, czy też nieostrości naczyń na siatkówce,**

- w przypadku obrazu tęczówki, normalizacji pierścieniowego obrazu,
  - utworzenia biometrycznego wzorca,
  - porównywania wzorców ze sobą.
- Etap porównywania wzorców jest etapem opcjonalnym, uzależnionym od trybu funkcjonowania systemu.
  - System może działać jedynie jako system identyfikujący, w którym ten ostatni etap jest pomijany.



- W systemach biometrycznych próbkę do dalszej analizy pobiera się w postaci zdjęcia (dostarczanego przez skaner).
- Często takie zdjęcia tęczówki wykonywane są w bliskiej podczerwieni. Pozwala to na wydobywanie maksymalnej ilości charakterystycznych szczegółów.

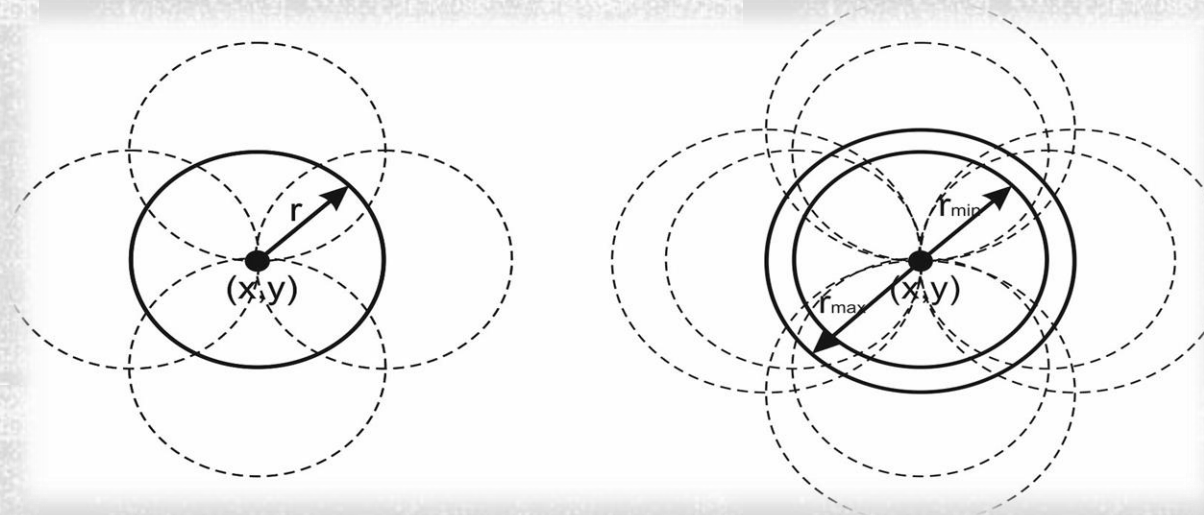


- Skoro tęczówka jest pierścieniowym obszarem otaczającym źrenicę, można wyróżnić dwie krawędzie: pierwsza na granicy tęczówka – źrenica i druga na granicy tęczówki i białka oka.

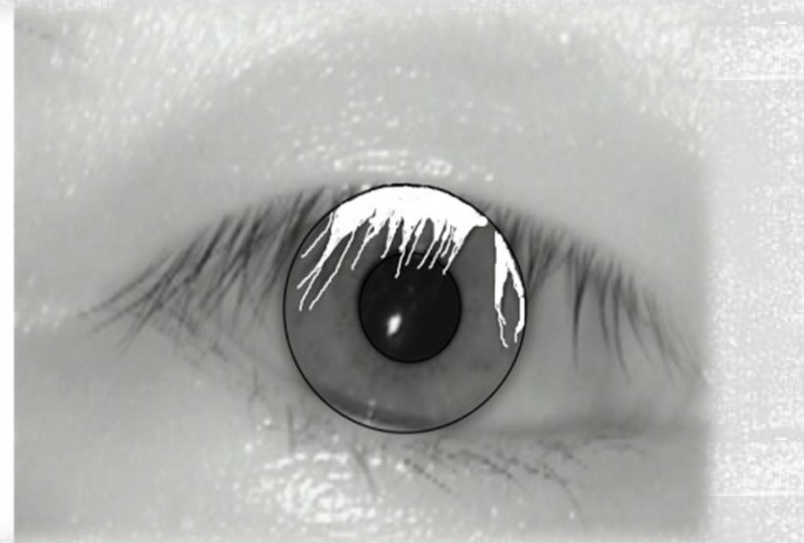
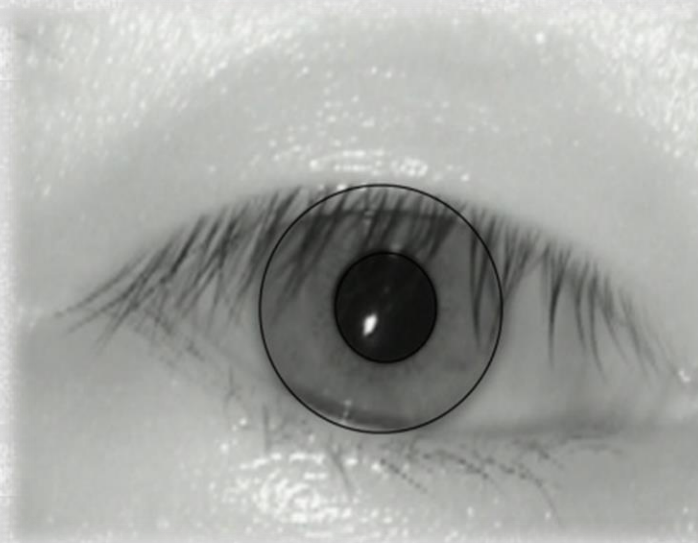




- Wyznaczając krawędzie tęczówki i źrenicy, stosuje się krawędziowanie obrazu a następnie kołową transformatę Hough. Samo działanie kołowej transformaty Hough można skrótowo opisać jako rysowanie okręgów o danych promieniach z każdego z punktów krawędziowych, a następnie wybór tego promienia i piksela środka, w którym przecina się największa liczba tak narysowanych okręgów.

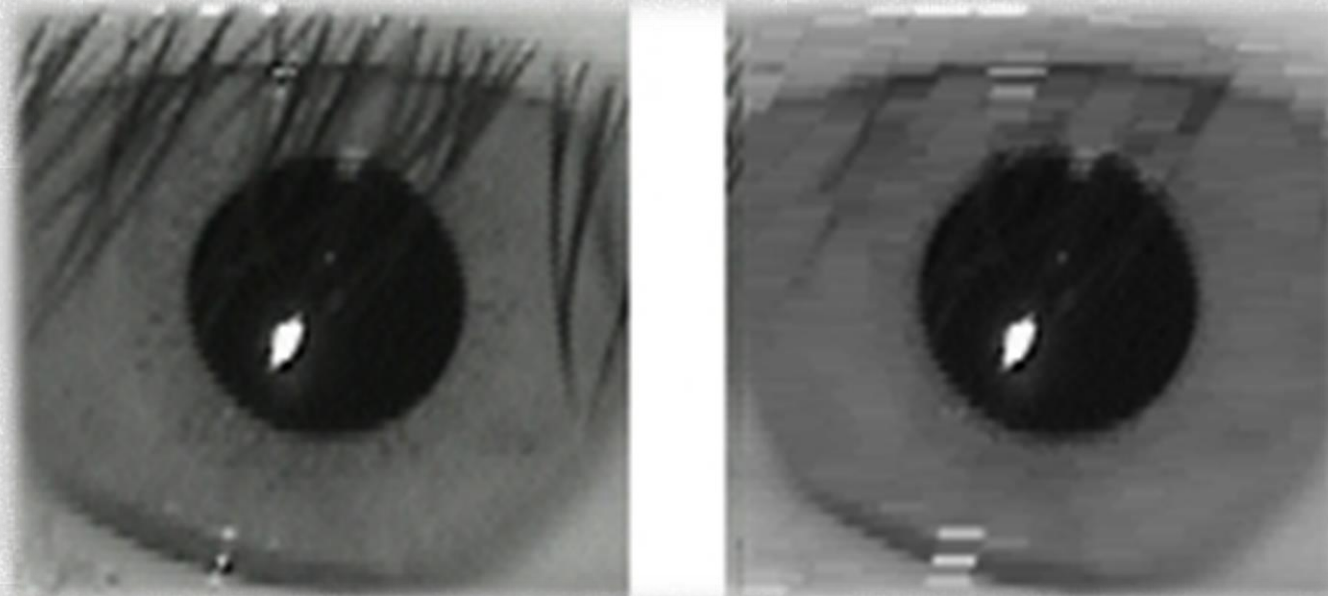


- **Obszar tęczówki prawie zawsze jest przysłonięty od góry i od dołu powiekami oraz rzęsami.**
- **Elementy te przesłaniając obszar tęczówki uniemożliwiają pozyskanie wartościowych informacji w osłoniętych miejscach.**





- Dlatego tworząc system biometryczny bazujący na obrazie tęczówki oka należy uwzględnić te elementy zakłócające. Można czasem użyć filtra uśredniającego w celu eliminacji zakłóceń.



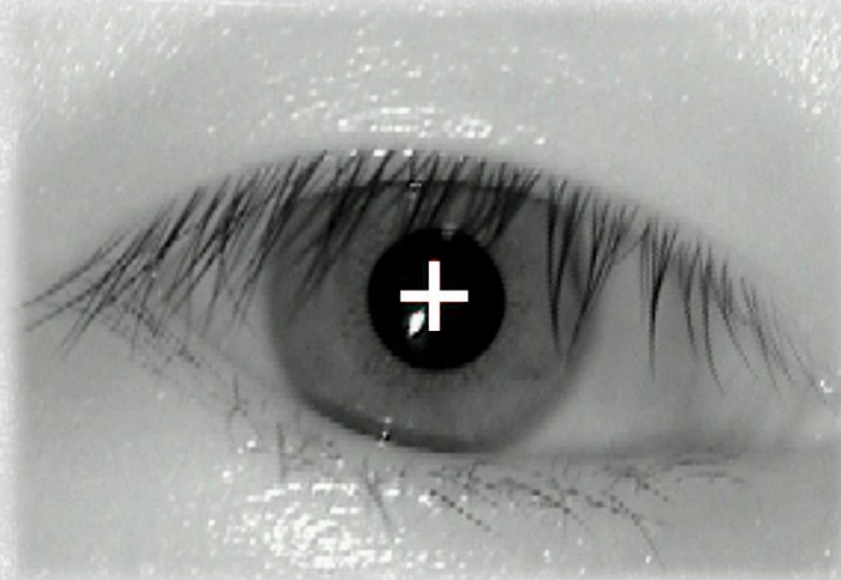
- Na tak przygotowanym obrazie źrenicy oka można już dokonać projekcji pionowej i poziomej. Proces obu projekcji polega na sumowaniu intensywności w kolejnych kolumnach lub wierszach (odpowiednio projekcja pionowa i projekcja pozioma), a następnie wyborze tej kolumny lub wiersza, gdzie osiągnięto minimalną sumaryczną intensywność.

$$x_{p1} = \min_x \left( \sum_y I(x, y) \right)$$

$$y_{p1} = \min_y \left( \sum_x I(x, y) \right)$$



- Po operacji projekcji otrzymuje się wstępną lokalizację środka źrenicy, która znajduje się na przecięciu linii obu projekcji. Do wyznaczenia właściwego środka źrenicy konieczne jest czasem zastosowanie operacji korygujących.



- Na podstawie środka źrenicy można wyznaczyć wewnętrzną i zewnętrzną krawędź pierścienia tęczówki oka, korzystając ze wspomnianej wcześniej analizy krawędzi i kołowej transformaty Hough.

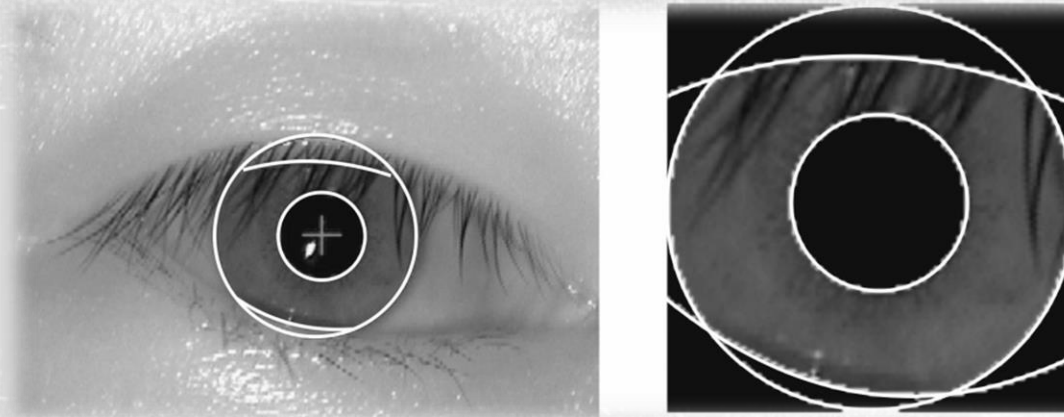




- W celu dokładnej realizacji segmentacji obrazu przydatne może być wyznaczenie krawędzi powiek, otaczających tęczówkę. W tym przypadku również można skorzystać z algorytmów krawędziowania i zmodyfikowanej, parabolicznej transformaty Hough.

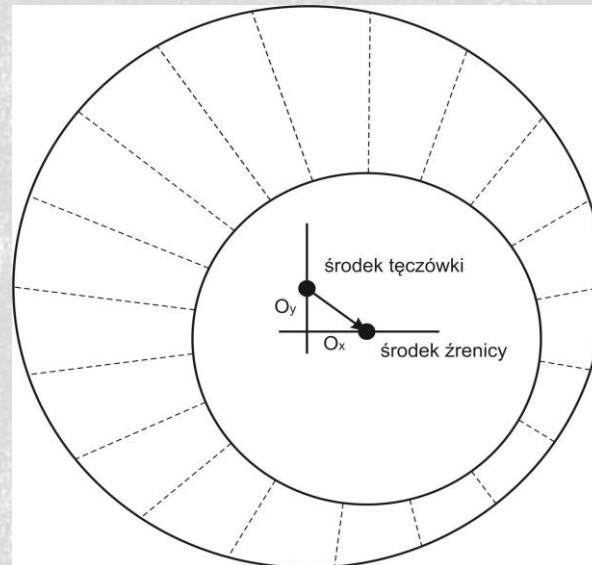


- Kroki opisane powyżej miały na celu przygotowanie obrazu do procesu segmentacji. Mając zatem aproksymowane okręgami obszary źrenicy i tęczówki oraz znając lokalizację łuków powiek, można dokonać ostatecznego wyodrębnienia pierścieniowego obszaru tęczówki oka.





- Kolejnym etapem jest etap normalizacji. Proces ten można przeprowadzić w oparciu o algorytm Daugman's Rubber Sheet Model . Należy oczywiście uwzględnić fakt niekoncentrycznego ułożenia pierścieni.



- **Celem etapu normalizacji jest przekształcenie wcześniej wyodrębnionego, pierścieniowego obszaru tęczówki na jego reprezentację w postaci prostokątnego obszaru o stałych wymiarach.**



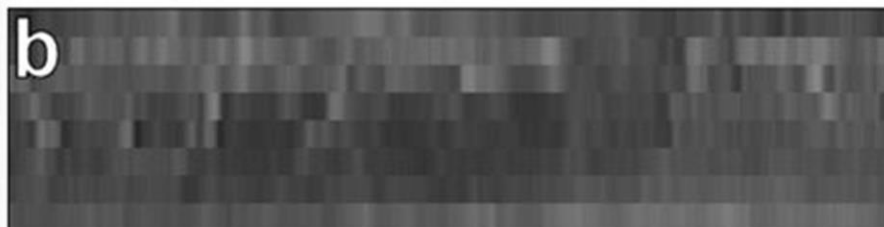
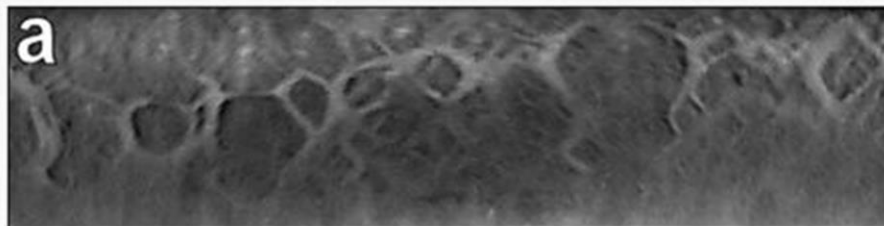


- Etap utworzenia biometrycznego wzorca tęczówki oka realizuje się poprzez kodowanie, wykorzystujące transformatę Gabora. Następuje więc splatanie jednowymiarowej falki Gabora z kolejnymi kolumnami znormalizowanego obrazu.

$$G(x, x_r, \sigma, \theta, f_0, P) = \exp\left(-\pi * \left(x_r^2 * \sigma^2\right)\right) * \cos(2\pi f_0 x + P)$$

$$x_r = x \cos(\theta)$$

- Gotowy etap zakodowania wzorca biometrycznego przy weryfikacji tożsamości





- **W procesie skanowania tęczówki oka mierzy się wzór tęczówki w kolorowej części oka, chociaż kolor tęczówki nie ma nic wspólnego z biometrią.**
- **Wzory tęczówki są tworzone losowo.**
- **W efekcie, wzory tęczówek w lewym i prawym oku różnią się od siebie, również w przypadku bliźniąt jednojajowych.**

- **Cyfrowe wzorce tęczówek mają na ogół około 256 bajtów.**
- **Ze względu na duży stopień swobody, skanowanie tęczówki znajduje zastosowanie zarówno w procesach identyfikacji, jak i weryfikacji.**
- **Do wad technologii rozpoznawania tęczówki oka zaliczamy problemy z akceptacją użytkownika, znaczne koszty w porównaniu z innymi technologiami biometrycznymi oraz stosunkowo duże wymagania pamięci do przechowywania.**



- Skanowanie siatkówki oka obejmuje elektroniczne skanowanie siatkówki - najbardziej wewnętrznej błony oka.
- Emitując promień jarzącego się światła, system skanowania siatkówki szybko nakreśla układ naczyń krwionośnych oka, a następnie cyfrowy obraz zapisuje do pliku lub do bazy danych.
- Naturalne właściwości odblaskowe i absorpcyjne oka są wykorzystywane by nakreślić określony fragment struktury naczyniowej siatkówki.



- **Zalety skanowania siatkówki oka to jej zależność od unikalnych cech siatkówki każdego człowieka, a także fakt iż siatkówka na ogół pozostaje względnie stabilna przez całe życie.**
- **Z kolei wady tej technologii obejmują konieczność stosunkowo bliskiego kontaktu człowieka z urządzeniem skanującym.**
- **Ponadto, uraz oka oraz określone choroby mogą zmieniać strukturę naczyniową siatkówki, istnieją również obawy dotyczące akceptacji społecznej.**



**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