

# Zastosowanie analizy ruchu oka w medycynie



Paweł Kasprowski  
Politechnika Śląska

# Zastosowania analizy ruchu oka

- Badania jak pracuje mózg (i czy pracuje prawidłowo)
  - Każdy zakątek mózgu można zbadać za pomocą odpowiednio zaprojektowanego eksperymentu
- Badanie cech ludzkich
  - Identyfikacja, wykształcenie, wykrywacz kłamstw, doświadczenie
- Badanie interfejsów użytkownika
  - Na co zwracają uwagę obserwatorzy
  - Reklamy, strony WWW
- Oko jako wskaźnik
  - Wskazywanie okiem zamiast myszki?
  - Poprawianie obrazu na podstawie miejsca skupienia wzroku

# Zastosowania w medycynie

- Diagnostyka
  - dysleksja
  - schizofrenia
  - choroba Alzheimer'a
- Terapia
  - amblyopia
  - strabismus
- Opieka
  - syndrom zamknięcia (locked-in)
  - rdzeniowy zanik mięśni (SMA)
  - zespół Retta

# Dysleksja

- Poważny problem dla społeczeństwa
- Niezdiagnozowana dysleksja prowadzi do niskiej samooceny
- Nie ma związku z inteligencją danej osoby
  - „Niepełnosprawność w czytaniu” nie jest równoznaczna z „niepełnosprawnością w rozumieniu”!
- Nie jest to choroba binarna - raczej „ciągła”
  - ludzie mogą być mniej lub bardziej dyslektyczni
- Diagnoza dysleksji jest trudna dla dorosłych
  - Rozwijają umiejętności maskujące ich niepełnosprawność

# Diagnostyka dysleksji

- Metody klasyczne:
  - zestaw testów psychologicznych i behawioralnych
- Metody komputerowe:
  - głównie algorytmy uczenia maszynowego
  - uczenie się diagnozowania na zestawie przykładowych danych
- Możliwe źródła danych:
  - MRI
  - EEG
  - błędy podczas czytania
  - pisanie odręczne
  - ruchy gałek ocznych

# Ruch oka

- Używany do diagnozowania dysleksji od [Rubino 1973]
- Znacznie tańsze niż MRI
- Analiza zazwyczaj rozpoczyna się od ekstrakcji zdarzeń (fiksacje, sakady)
- Analiza cech „specyficznych dla słowa”
  - czas wpatrywania się w słowa
  - liczba pominiętych słów
  - liczbę powrotów do słowa
- Wymaga to dobrej jakości danych

# Czytanie

> Warstwy Stat Badania Wielkość  Przejroczystość  AOI Zapisz REC

Eye tracking becomes more and more important way to analyze human behavior. However, a proper analysis of data obtained from an eye tracker occurs to be a challenging task. Traditional visualization techniques like scanpaths or heat maps may reveal interesting information, however much of useful information is still not visible, especially when the temporal characteristics of eye movement is taken into account.

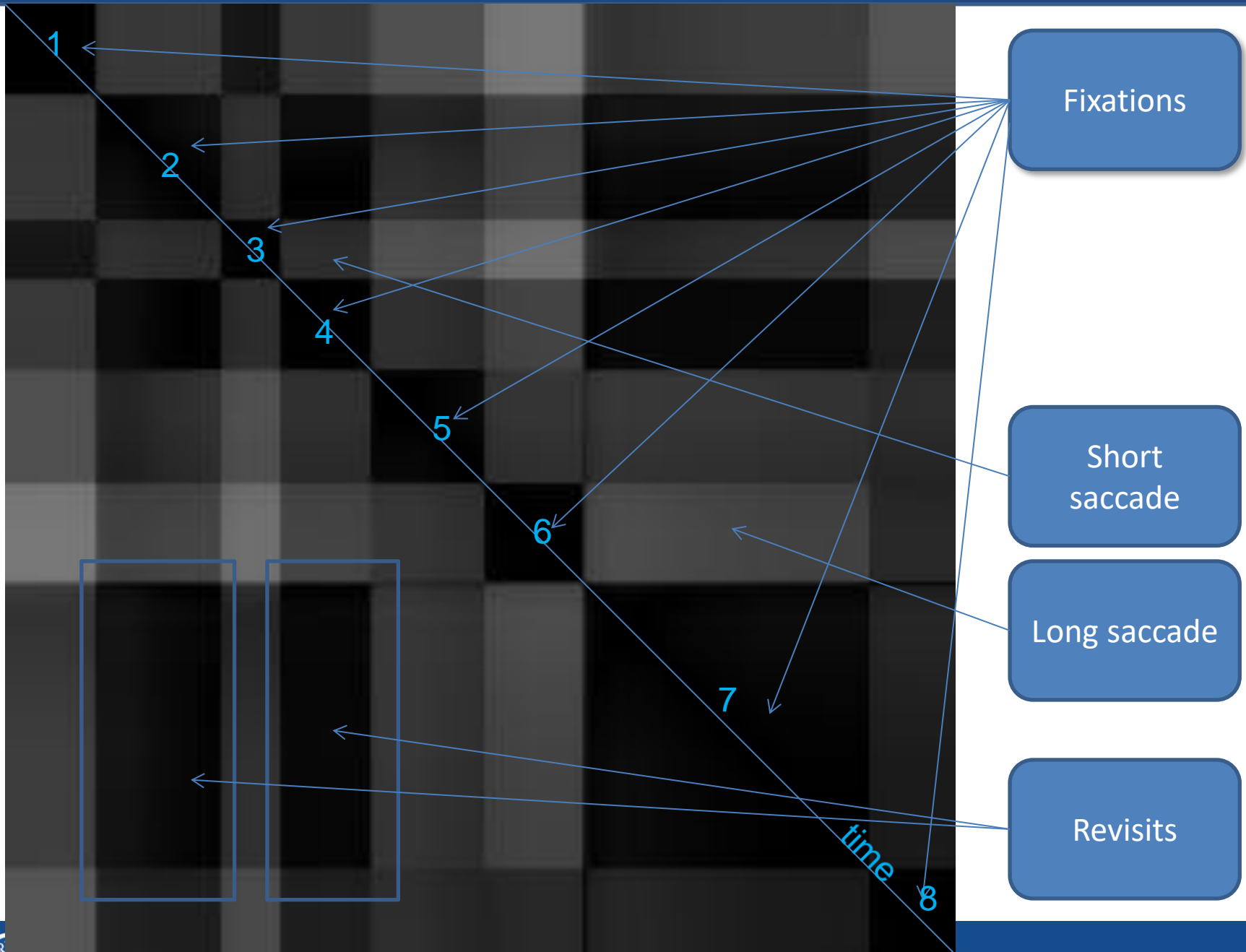
This paper introduces a technique called gaze self-similarity plot (GSSP) that may be applied to visualize both spatial and temporal eye movement features on one two dimensional plot. The technique is an extension of the idea of recurrence plots, commonly used in time series analysis. The paper introduces the basic concepts of the proposed approach complemented with some examples explaining what kind of information may be revealed and areas of the GSSP applications.

# Zbiór danych

- Copenhagen Corpus (CopCo) [Hollenstein 2022]
- Ruch oka zarejestrowany podczas 36 sesji czytania
  - w tym 18 osób dorosłych z dysleksją i 18 bez dysleksji
- The EyeLink 1000 - częstotliwość 1 kHz
- Zbiór danych podzielono na osobne 'ekrany'
  - czytanie jednego tekstu na jednym ekranie przez co najmniej 15 sekund
- Finalnie:
  - 914 ekranów pacjentów bez dysleksji
  - 908 ekranów pacjentów z dysleksją
  - średnio 50 ekranów na osobę

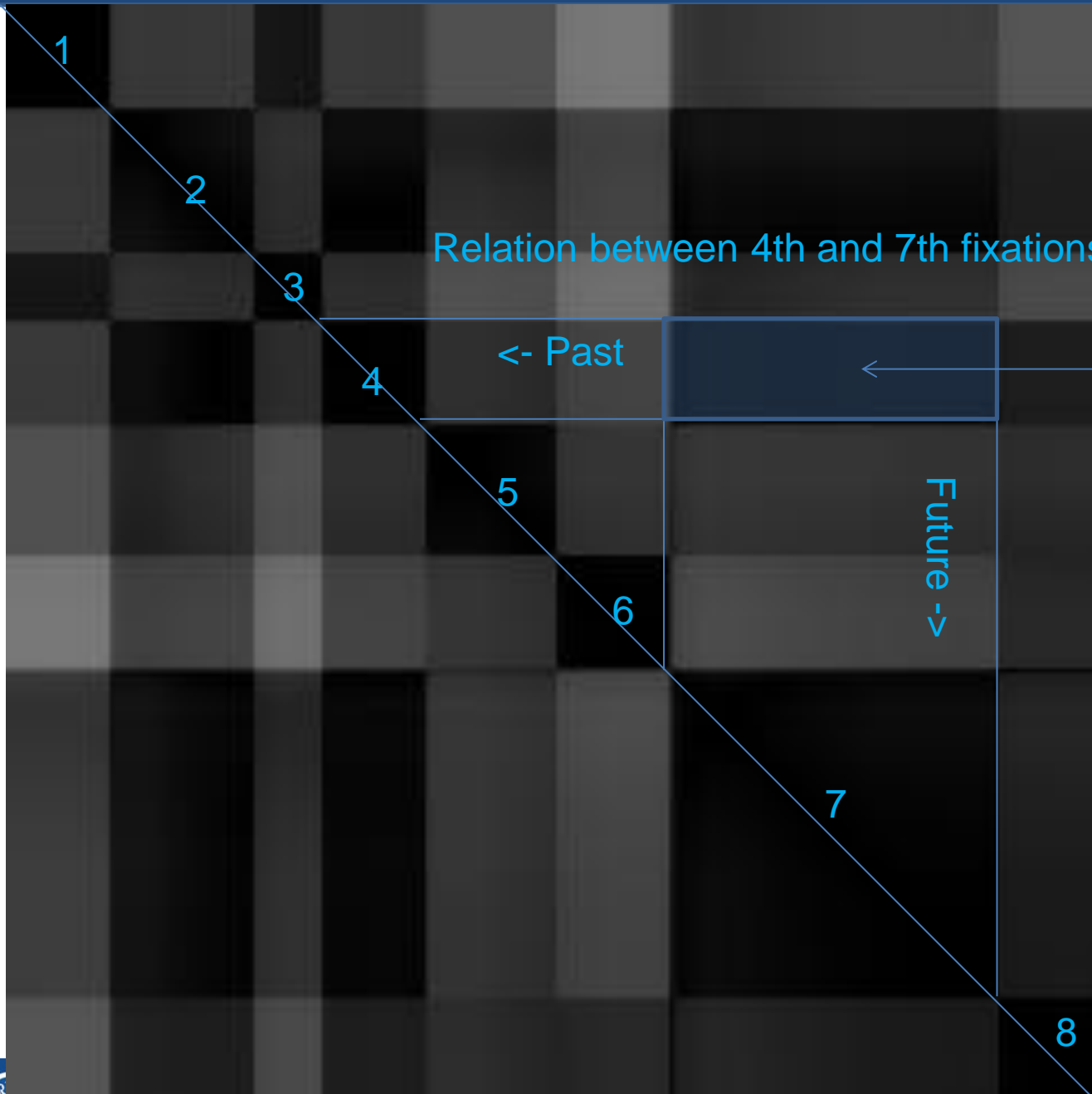
# Gaze Self Similarity Plots

- Zaproponowane w [Kasprowski, 2016]
- Informacje o spojrzeniu na wykresie, który wizualizuje wzajemne odległości między zarejestrowanymi punktami spojrzenia.
- Ogólna idea:
  - Wejście: sekwencja N spojrzeń
  - Wyjście: macierz N x N pikseli
  - Dla każdego piksela  
 $p(i, j) = \text{dist}(g_i, g_j)$



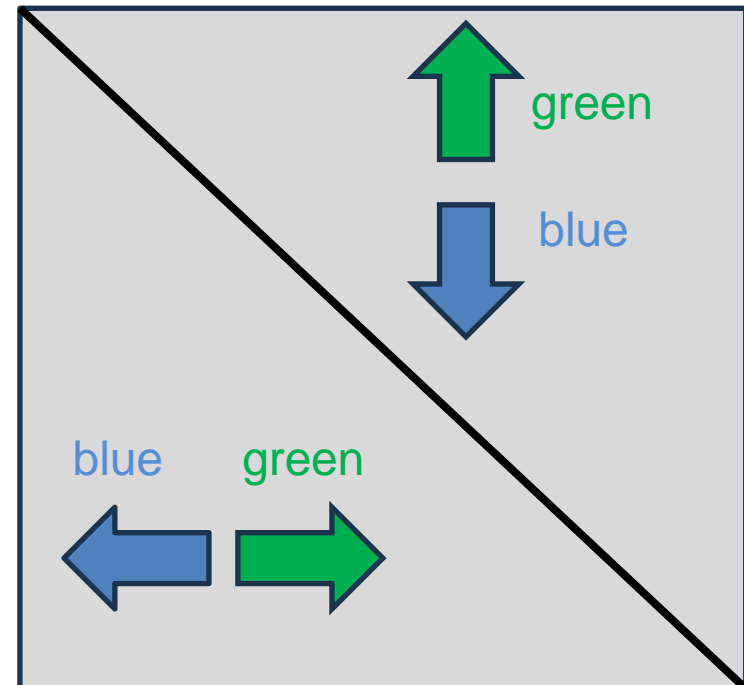
Relation between 4th and 7th fixations

Short scan  
then longer  
observation

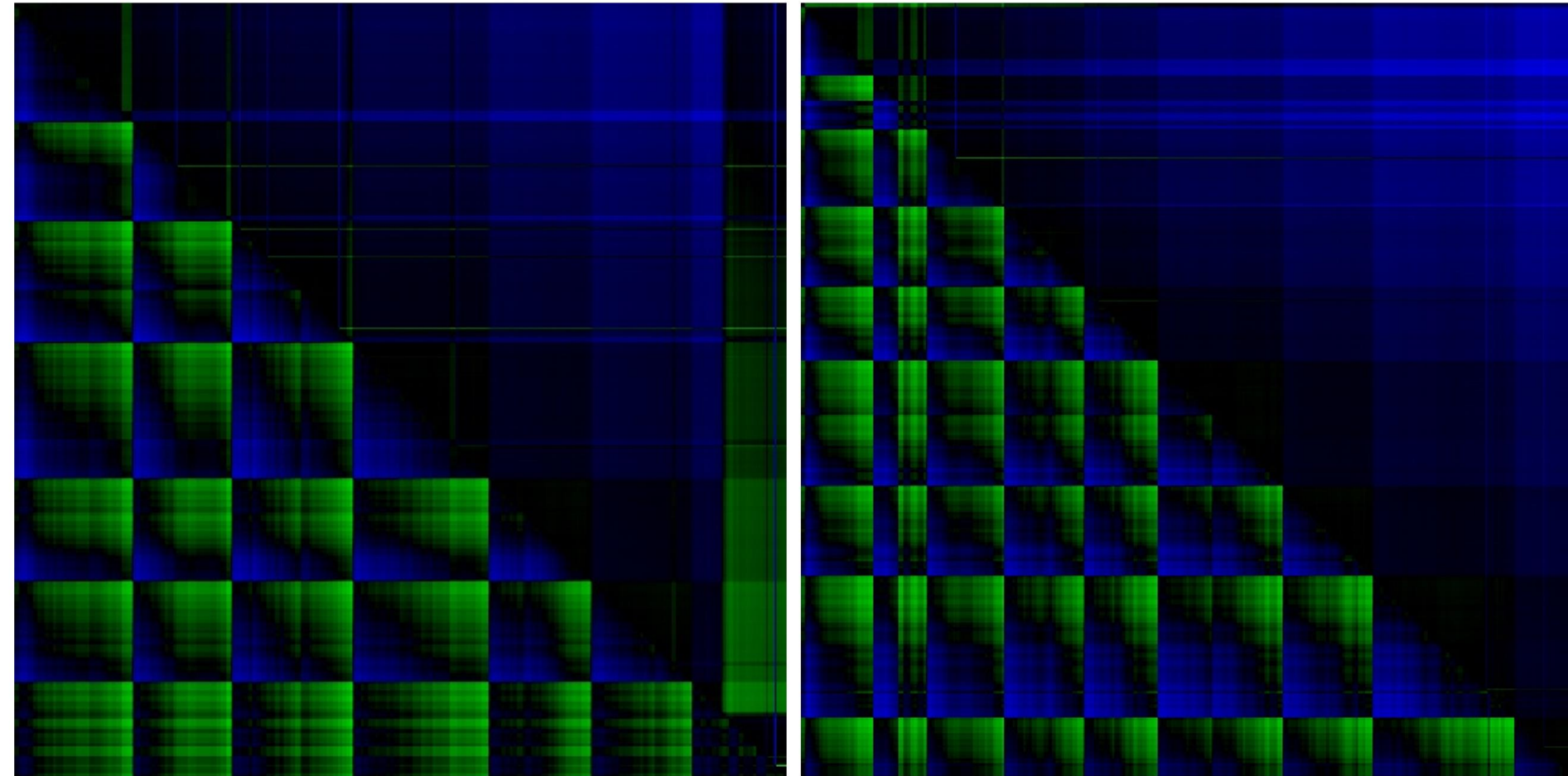


# GSSP VH Plot

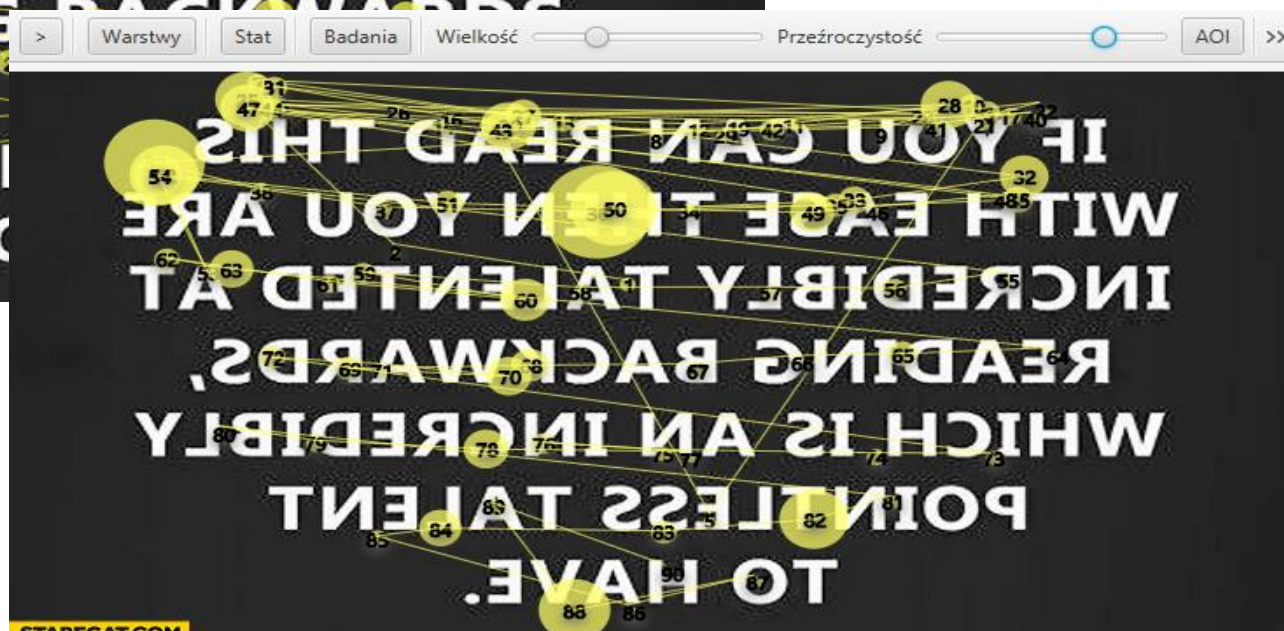
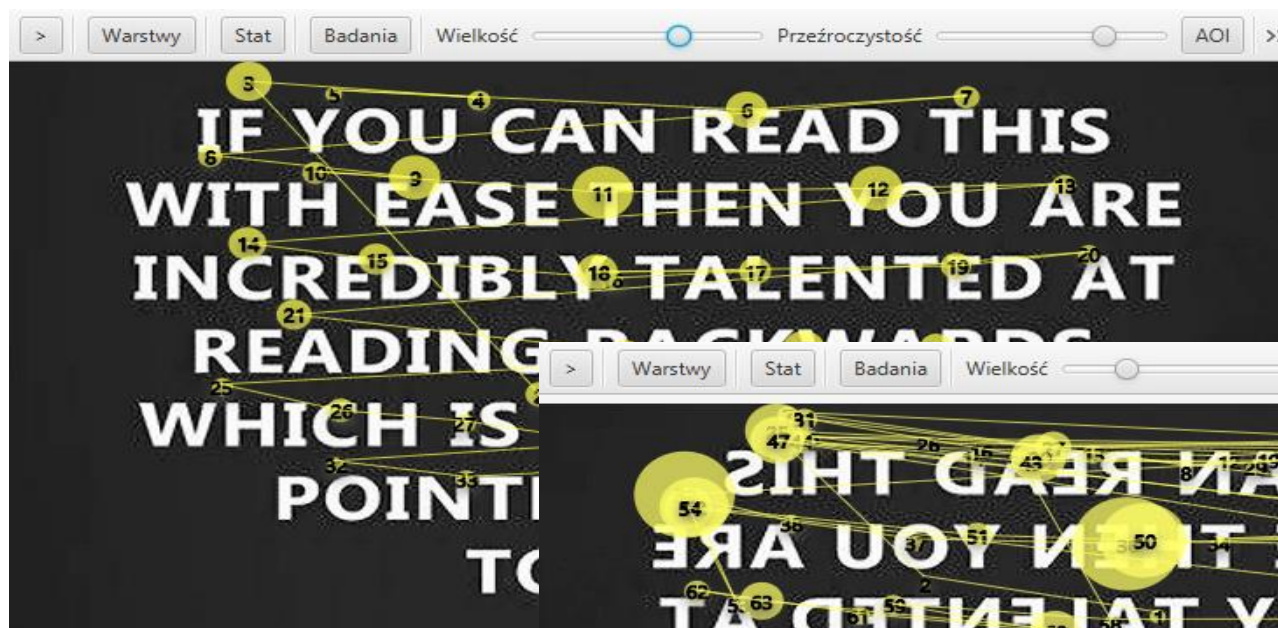
- Odległości w poziomie w lewym dolnym rogu
  - ZIELONY-prawy,  
NIEBIESKI-lewy
- Odległości w pionie w prawym górnym rogu
  - ZIELONY w górę,  
NIEBIESKI w dół



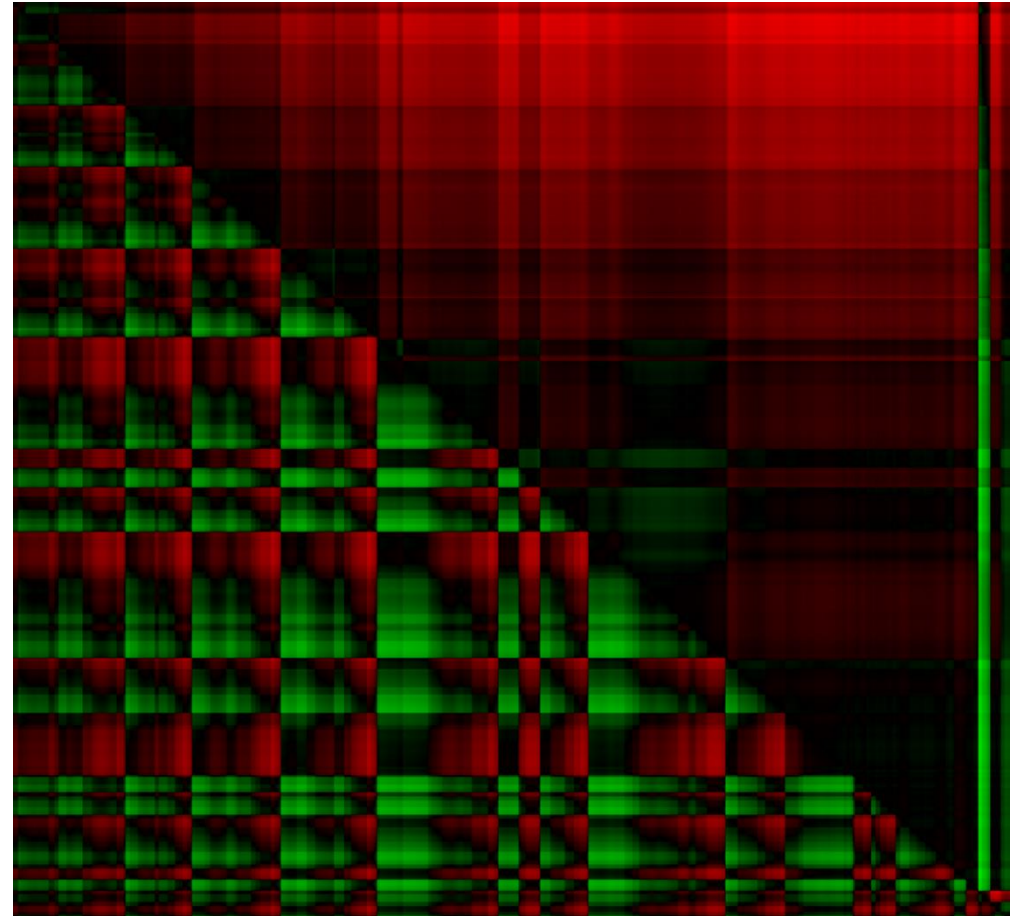
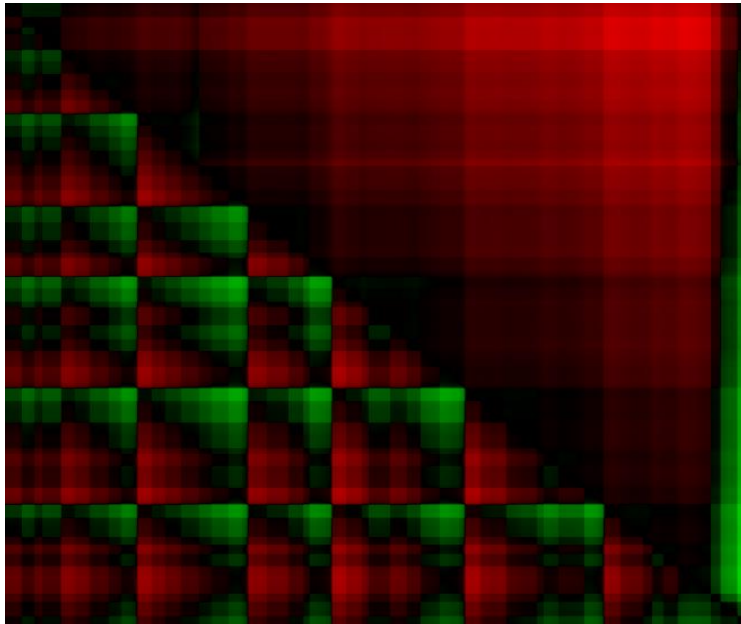
# GSSP VH dla tekstu



# Dwa przykłady



# Lewy - normalny, Prawy - obrócony

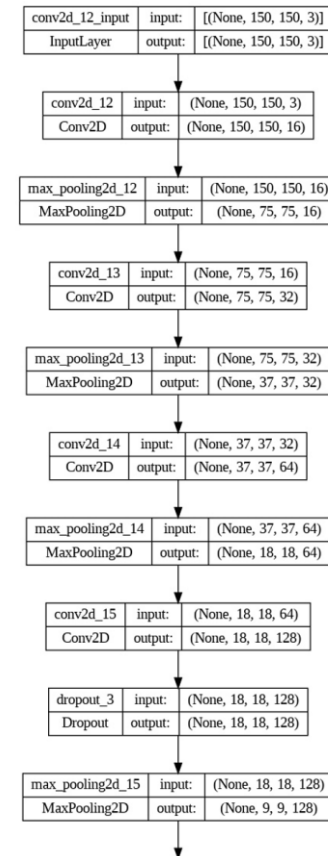


# Przygotowanie danych

- Każde czytanie przekształcone w obraz 150x150x3
  - pierwsze 15 sekund, 10 odczytów na sekundę
- 9-krotna walidacja krzyżowa oparta na sesjach
- Zbiór danych podzielony na 9 foldów
  - Odczyty z 4 sesji (uczestników) w każdej
  - 2 dyslektyków, 2 bez dysleksji
- Stworzenie dziewięciu modeli
  - Zestaw treningowy: 8 foldów
  - Zestaw testowy: pozostały fold

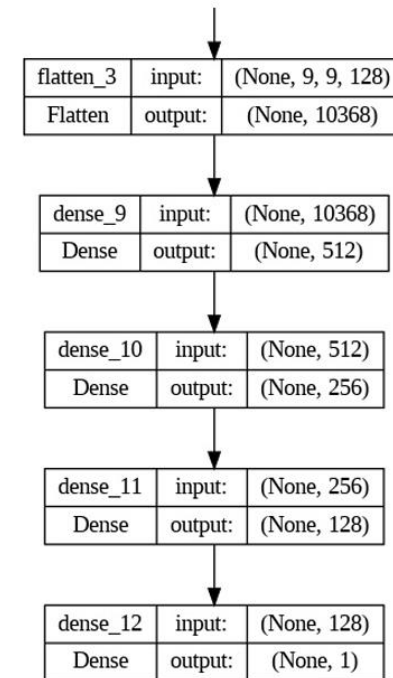
# CNN: Część konwolucyjna

- Wejście: obrazy 150x150x3
- Cztery bloki konwolucyjne
  - Convolutional layer
  - MaxPooling layer
- Zwiększająca się liczba filtrów zmniejszająca się rozdzielczość:
  - 150x150x3
  - 75x75x16
  - 37x37x64
  - 18x18x64
  - 9x9x128
- Końcowa warstwa: flatten
- Każdy obrazek przekształcany na wektor 10368 elementów

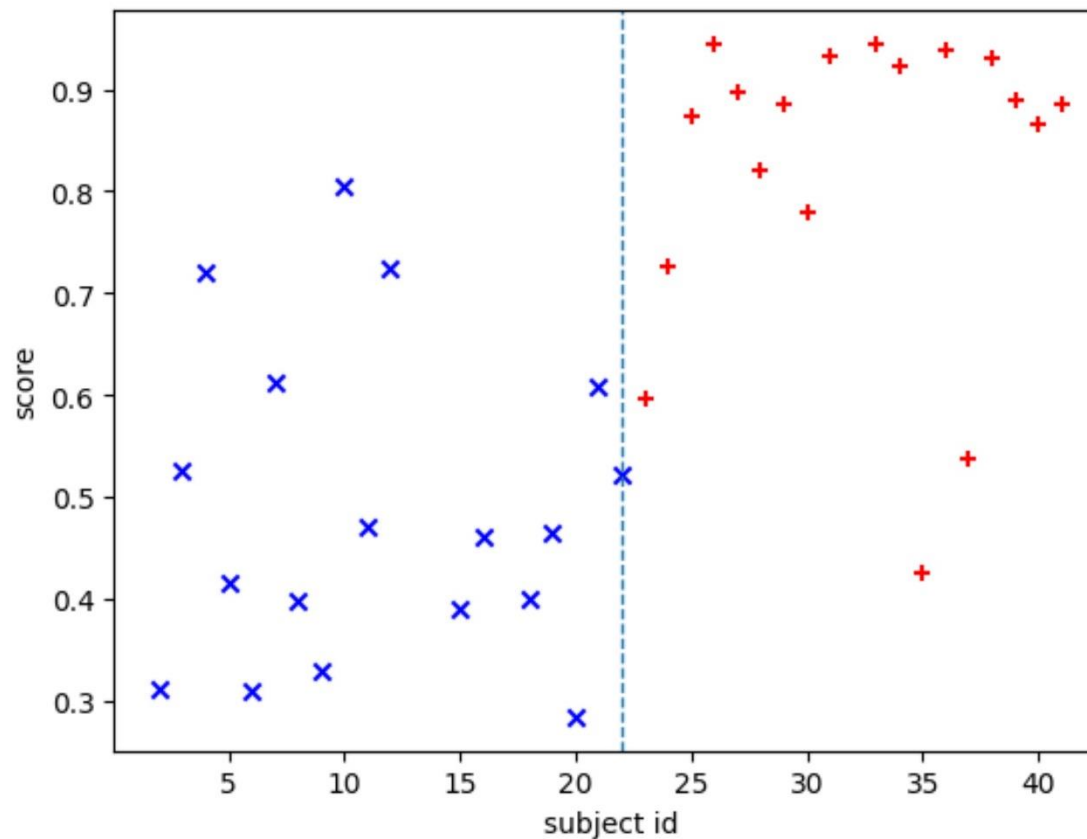


# CNN: Część "gęsta"

- Wejście: wektor 10368 elementów
- Cztery warstwy:
  - 512 neuronów
  - 256 neuronów
  - 128 neuronów
  - 1 neuron
- Wyjście:
  - liczba w zakresie  $\langle 0,1 \rangle$
  - prawdopodobieństwo dysleksji



# Wyniki dla pacjentów

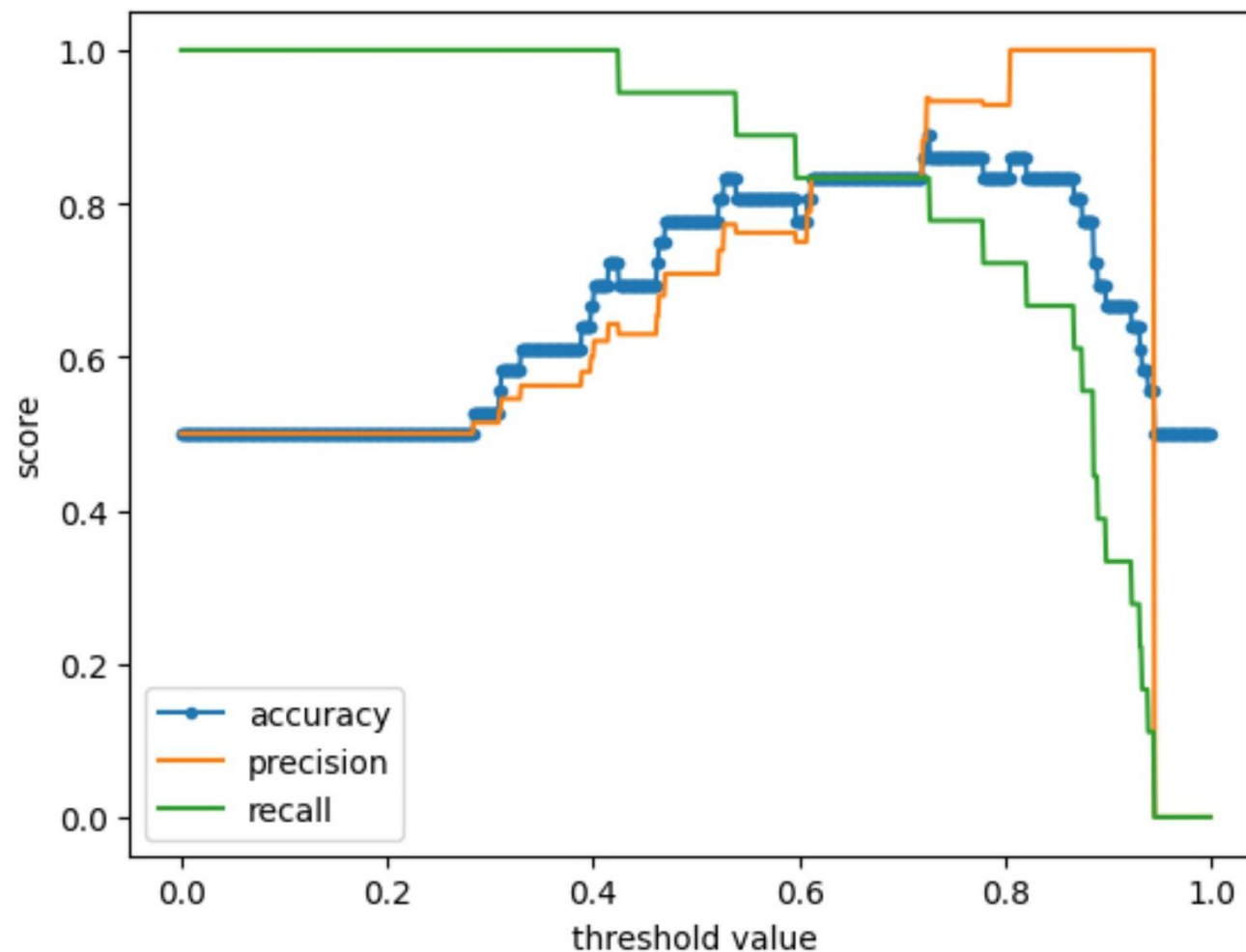


blue – non-dyslexic participants, red – dyslexic participants

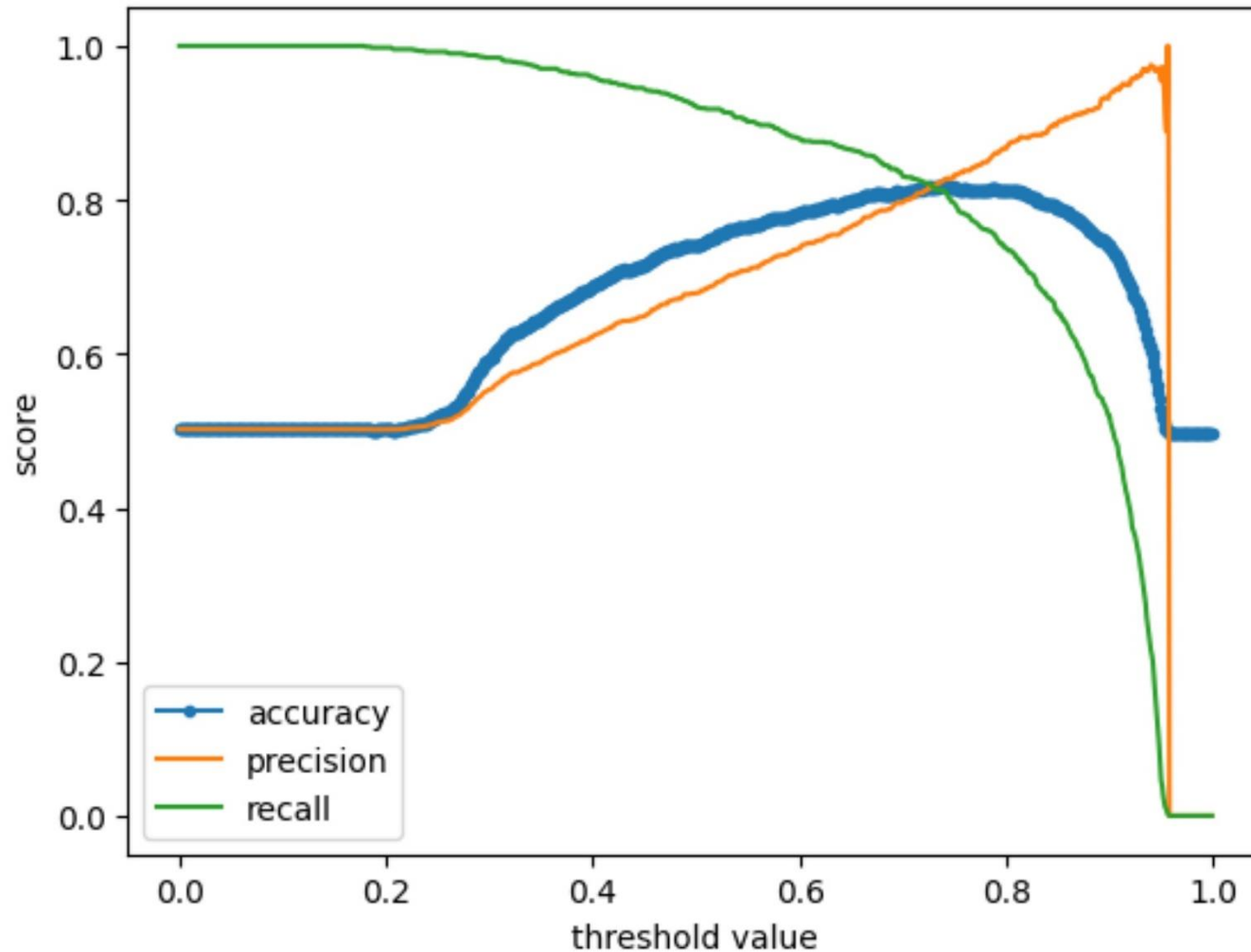
# Rezultaty

- Uśrednione dla wszystkich ekranów (threshold=0.725)
  - accuracy = 88.9%
  - F1-Score = 0.89
  - AUC = 0.93
- Dla pojedynczego ekranu
  - accuracy = 82%
  - F1-Score = 0.82
  - AUC = 0.89

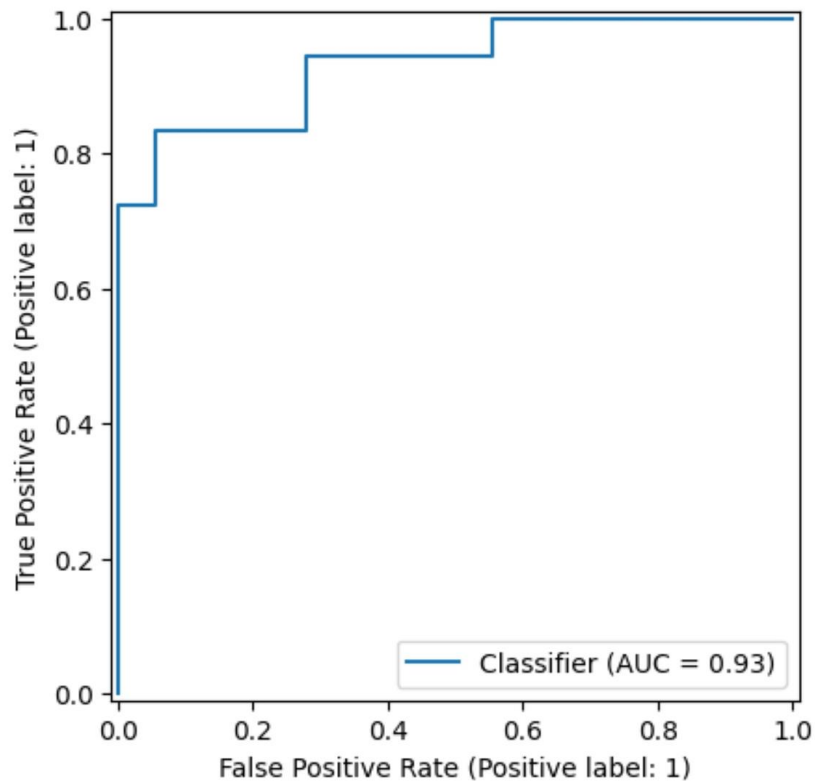
# Zależność wyniku od threshold'u



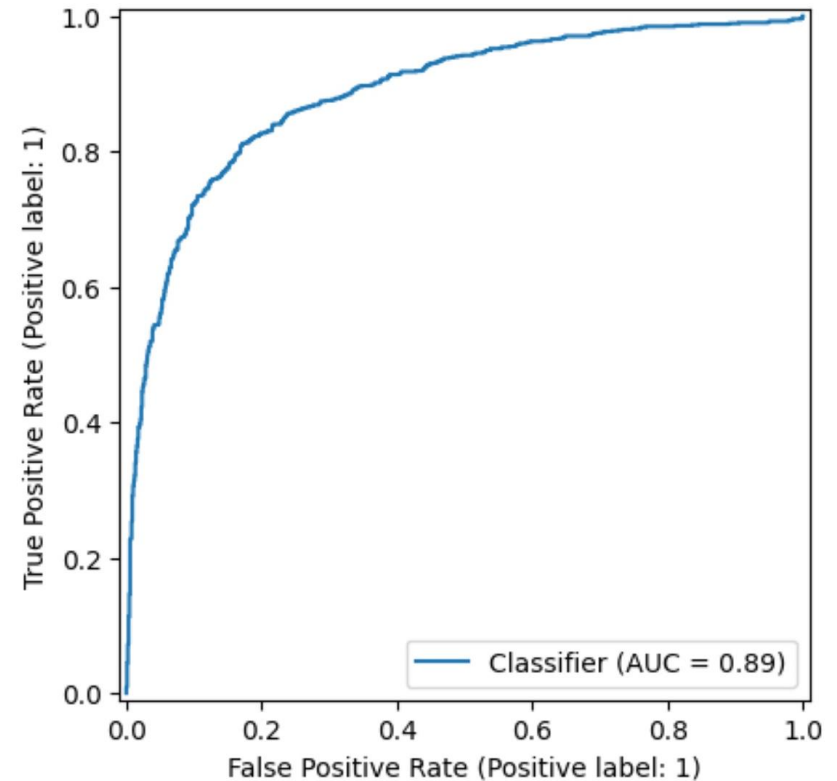
# Wyniki bez uśredniania



# AUC



(a) per subject



(b) per single reading

# Podsumowanie

- Diagnozowanie dysleksji u dorosłych jest możliwe
- Metoda jest znacznie prostsza niż wcześniejsze i niezależna od tekstu
  - brak wykrywania fiksacji
  - brak mapowania na słowo
- Tworzenie GSSP jest proste i nie wymaga żadnych hiperparametrów
- Plany na przyszłość:
  - zwiększenie wyjaśnialności
  - sprawdzenie innych zbiorów danych

# Zastosowanie analizy ruchu oka w medycynie



Paweł Kasprowski  
Politechnika Śląska