

Streszczenie

Tytuł: Zastosowanie technik eksploracji danych i uczenia maszynowego do badania właściwości ruchów oczu w kontekście chorób neurodegeneracyjnych i zmian w układzie emocjonalnym.

Wzrok jest dominującym zmysłem u człowieka i innych naczelnych. Analiza wizualna otoczenia angażuje wiele obszarów mózgu i jest wrażliwa na zmiany wynikające z chorób neurodegeneracyjnych (ND), takich jak nieuleczalna choroba Parkinsona (PD). Zmiany te wpływają na zdolności motoryczne pacjenta i są widoczne w parametrach ruchów oka (EM), a także w różnych stanach emocjonalnych zaburzonych przez PD.

Celem przedstawianych badań są parametry EM stanowiące nowatorskie biomarkery PD zidentyfikowane przy użyciu metod eksploracji danych (DM) oraz zbudowane na ich podstawie modele klasyfikacji i predykcji oparte o techniki uczenia maszynowego (ML) pozwalające na estymację postępu PD.

Badania przeprowadzono na podstawie atrybutów EM obliczonych na podstawie danych uzyskanych min. w Klinice Neurologii Szpitala Bródnowskiego. W pracy przedstawiono algorytmy obliczeniowe EM oparte także o obliczenia parametrów chaosu, metody eksploracji danych i nowe modele predycyjne postępu PD oparte min. na teorii zbiorów przybliżonych (RST), teorii rozmytych zbiorów przybliżonych (FRST), kwadratowej analizie dyskryminacyjnej (QDA), drzewach decyzyjnych (DT), losowym lesie (RF), wielowarstwowym perceptronie (MLP) i wielu innych metodach UM. W ramach badań opracowano uniwersalny wzorzec przetwarzania asynchronicznego i paralelnego dla wideo-okulografii oparty na wstępnie wytrenowanych modelach CNN o różnych architekturach i metodzie kompilacji modeli. Z jego użyciem zaimplementowany został system wideo-okulograficzny, pozwalający na przeprowadzanie badań oklometrycznych on-line.

Metody DM i ML wykazały korelacje między okulometrią a objawami neurologicznymi PD. Algorytmy zastosowane w wielowymiarowej przestrzeni parametrów umożliwiły znalezienie zmian EM związanych z objawami PD. Na tej podstawie zbudowano modele pozwalające na klasyfikację objawów motorycznych według skali UPDRS stosowanej w diagnostyce choroby Parkinsona. Zbudowane modele ML wykazały bardzo pewne wyniki w klasyfikacji i predykcji EM, nawet dla nierównych i małych grup obserwacji.

W przypadku klasyfikacji emocji zastosowany zestaw metod ED i ML umożliwia przewidywanie nastroju i wieku badanych na podstawie analizy parametrów EM. Ponadto parametry związane z chaosem obliczone na podstawie EM wykazały korelacje z

emocjami. Stworzony model, zgodnie z dostępną literaturą, po raz pierwszy pozwolił określić, czy mimika wyraża szczęście tylko na podstawie obrazu aktywności twarzy górnej części twarzy w okolicy oczu.

Również po raz pierwszy wdrożono system on-line do szacowania EM, umożliwiając zdalne badania okulometryczne przy użyciu konsumenckiego sprzętu komputerowego. Przeprowadzone testy dowiodły, że nawet przy użyciu kamery internetowej o częstotliwości 30 klatek na sekundę można wykryć różnice w latencjach EM, które wskazują na późny wiek badanej osoby lub rozwijającą się chorobę neurodegeneracyjną.

Niniejsza praca wykazała, że efekt progresji PD można zaobserwować we właściwościach EM za pomocą metod DM i ML. Wprowadzono nowe biomarkery do oceny postępu PD i udowodniono ich skuteczność w automatycznej klasyfikacji i przewidywaniu objawów tej choroby. Analiza danych okulometrycznych za pomocą opracowanych modeli ML przyniosła wiarygodne wyniki i może być wykorzystana do badań przesiewowych w celu przeciwdziałania skutkom PD.