

## Recenzja

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pani magister inżynier Pauli Stępień zatytułowana: *"Komputerowa analiza elementów testu Łurii we wspomaganiu diagnostyki chorób neurodegeneracyjnych"*. Recenzja jest sporządzona na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Zbigniewa Paszendy, przedstawione pismem RIB/D/79/2018/2019 z dnia 17.07.2019. Recenzowana rozprawa została napisana pod kierownictwem pani prof. dr hab. inż. Ewy Piętki, oraz dr. inż. Jacka Kawy w Politechnice Śląskiej w Zabrze w 2019 roku.

### 1. Zawartość rozprawy

Praca doktorska pani magister Pauliny Stępień składa się ze Wstępu, pięciu rozdziałów i Podsumowania, a także spisu bibliografii, spisu publikacji autorskich doktorantki oraz dwóch dodatków. W pierwszym opisanie są badania pilotażowe, a w drugim - spis cech obrazów które były badane w ramach opracowanej pracy.

Przedstawiona rozprawa rozpoczyna się krótkim wstępem, gdzie przedstawiony jest jej cel i teza. W rozdziale drugim Autorka przedstawia stan wiedzy na temat choroby Parkinsona oraz postępującego porażenia nadjądrowego: przede wszystkim opisuje ich epidemiologię i związane z nimi defekty funkcji poznawczych. Niektóre z nich zostaną wykorzystane do diagnostyki i różnicowania tych patologii. W rozdziale trzecim autorka dokonuje przeglądu stanu wiedzy związanej z analizą pisma w diagnostyce chorób neurodegeneracyjnych. Znajdziemy tu zarówno doniesienia związane z komputerową analizą pisma odręcznego osób chorych, kryteria przyjmowane w diagnostyce porażenia nadjądrowego oraz choroby Parkinsona oraz opis testu Łurii stanowiącego próbę usystematyzowania zadań ruchowych (graficznych) związanych diagnostyką chorób neurodegeneracyjnych. Na koniec rozdziału trzeciego Autorka dokonuje ilościowego porównania dokładności czułości i specyficzności poszczególnych testów, aby utworzyć punkt odniesienia dla oryginalnej zaproponowanej metody. W rozdziale czwartym przedstawiony jest autorski pomysł na algorytm dokonujący detekcji znaków narysowanych w teście Łurii na kartce papieru przez osobę badaną. Obraz ten jest następnie wprowadzany do komputera przez skanowanie cyfrowe i może być przedmiotem automatycznej analizy. Rozdział piąty poświęcony jest zagadnieniom ekstrakcji cech oraz analizy statystycznej i klasyfikacji cech narysowanych znaków. Ma to na celu rozróżnienie osób cierpiących na chorobę Parkinsona i postępujące porażenie nadjądrowe. W rozdziale szóstym Autorka przedstawia wyniki poszczególnych faz automatycznej interpretacji obrazu i odnosi je do anotacji eksperta. W pierwszej kolejności przedstawiona jest skuteczność wyodrębniania poszczególnych znaków, następnie skuteczność rozpoznania trójkątów i prostokątów tworzących 'płotek Łurii', trzecia część wyników dotyczy badania zdolności dyskryminacyjnej cech tych figur dla grupy osób zdrowych, grupy osób cierpiących na postępujące porażenie nadjądrowe oraz grupę osób cierpiących na chorobę Parkinsona. Ostatnia, wypadkowa grupa wyników dotyczy skuteczności klasyfikacji osób na podstawie wyników testu Łurii do jednej z trzech wymienionych grup. Klasyfikacja ta została oceniona na podstawie analizy przeprowadzonej przez eksperta. Rozprawę kończy Podsumowanie, w którym Autorka stwierdza m. in., że zaproponowane przez Nią metodologia umożliwia w pełni automatyczną ekstrakcję cech obrazów narysowanych w ramach testu Łurii

i skuteczne wykorzystanie tych cech do klasyfikacji osób badanych jako zdrowych, cierpiących na chorobę Parkinsona lub cierpiących na postępujące porażenie nadjądrowe. Tym samym zasadniczy cel, jaki przyświecał badaniom opisywanym w rozprawie został osiągnięty.

## **2. Znaczenie dokonań Autorki dla rozwoju dyscypliny**

Przeprowadzone badania mają na celu automatyzację interpretacji testu związanego z chorobą degeneracyjną, dobrze ugruntowanego w praktyce lekarskiej. Otrzymane narzędzie jest ściśle dostosowane do interpretacji tego testu i wykazuje się dużą skutecznością. Autorka poprawnie postawiła problem badawczy i skutecznie go rozwiązała stosując zaawansowane metody analizy obrazu i statystycznej analizy oraz klasyfikacji cech rozpoznanych obiektów. Przedstawione opracowanie stanowi istotny wkład do standaryzacji tego testu oraz umożliwia użycie go w zobiektywizowanych warunkach. Te właśnie cechy uważam za szczególnie praktycznie przydatne w rozwoju dyscypliny inżynierii biomedycznej. Przedstawione osiągnięcie było możliwe poprzez zaproponowanie szczegółowych oryginalnych rozwiązań. Należą do nich niewątpliwie:

1. metodologia automatycznego podziału sekwencji figur wchodzących w skład testu Łurii na poszczególne znaki,
2. opracowanie zbioru cech umożliwiających identyfikację osób z chorobą Parkinsona, osób z postępującym porażeniem nadjądrowym oraz osób zdrowych,
3. zaproponowanie klasyfikatora, który umożliwia obiektywne przeprowadzenie badań przesiewowych, oraz
4. adaptacja współczynnika określającego podobieństwo sekwencji znaków na potrzeby oceny poprawności zadania graficznego wykonanego przez osobę badaną.

Wymieniono osiągnięcia były możliwe dzięki dogłębnej wiedzy autorki, zarówno w zakresie etiologii i objawów chorób neurodegeneracyjnych, metod ich badania, metod automatycznej analizy obrazów cyfrowych i ekstrakcji cech oraz metod statystycznych użytych do klasyfikacji. W efekcie przeprowadzonych badań Autorka zaproponowała trzy metody pozyskiwania wzorców: metodę powierzchni, metodę krawędzi i metodę modeli oraz metodę zintegrowaną, składającą się z trzech wymienionych metod. Następnie poddała badaniu kilka odmian zaproponowanych metod: w jednej z nich zastosowała bardziej restrykcyjne warunki, jakie musiał spełniać histogram rozpoznawanej figury, w drugiej - wprowadziła warunek szerokości, jaki musiał być spełniony przez obrys każdej z figury, podjęła też próbę zastosowania obu warunków łącznie.

Poza ocenioną rozprawą, wpływ Autorki na rozwój dyscypliny inżynierii biomedycznej manifestuje się 22 publikacjami przygotowanymi w zespołach wieloautorskich, wśród których znaleźć można doniesienia konferencyjne na konferencjach polsko-angielskojęzycznych oraz artykuły w czasopismach naukowych, zarówno poświęconych geriatricznemu jak i technice medycznej. Na szczególne uznanie zasługują trzy publikacje w czasopismach z listy JCR o współczynniku wpływu powyżej dwóch.

## **3. Zagadnienia do dyskusji**

Pomimo znacznego osiągnięcia naukowego i praktycznego, jakim jest zastąpienie jakościowej oceny wykonania zadania przez osobę badaną poprzez ilościowe miary podobieństwa i poprawności narysowanych symboli, znaczenie podejmowanego tematu jest jednak ograniczone.

1. Test Łurii nie jest jedynym, ani nawet najważniejszym sposobem diagnozowania osób z chorobami neurodegeneracyjnymi. Jest to metoda stara i dwuwymiarowa, tymczasem w świecie, a nawet na sąsiednich uczelniach, podejmowane są prace zmierzające do diagnostyki choroby Parkinsona z użyciem czujnika nacisku a także z użyciem trójwymiarowych trajektorii kończyn nieobciążonych (np. M. Michałek: *Analiza w przestrzeni trójwymiarowej drgań kończyn górnych występujących przy*

chorobie Parkinsona, AGH, 26.06.2006). W treści ocenianej rozprawy nie znalazłem odniesień do takich badań, ani żadnych prób unowocześnienia testu Łurii.

2. Zaletą proponowanej metody ma być, według Autorki, możliwość zdalnego jej użycia, ale w praktyce jest ona ograniczona do gabinetów lekarskich, gdyż osoba zdiagnozowana musi naśladować wzorzec narysowany przez osobę badającą. Szkoda że autorka dysponując już cyfrową, a więc łatwą do przesyłania, wersją zadania graficznego wykonanego przez osobę badaną nie pokusiła się o zaproponowanie zdalnej wersji tego testu. W tym przypadku przydałaby się też analiza wpływu jakości skanu lub zdjęcia cyfrowego kartki z wykonanym zadaniem graficznym na poprawność rozpoznania.
3. Pierwszy z wniosków zawarty w rozdziale Podsumowanie stanowiący, że '...przedstawiona została metodologia umożliwiająca w pełni automatyczną ekstrakcję cech pisma wskazujących na występującą patologię' nie jest uzasadniony w treści rozprawy. Czym innym są cechy pisma, czym innym badane przez Autorkę powtarzalne sekwencje dwóch symboli.
4. Ponadto, trzeci z wniosków mówiący że '...test Łurii jest narzędziem, które umożliwia badania przesiewowe w diagnostyce chorób neurodegeneracyjnych' nie należy do osiągnięć Autorki ani dyscypliny inżynierii biomedycznej. Osiągnięciem Autorki jest za to opracowanie narzędzia umożliwiającego skuteczną obiektywną ocenę wykonania tego testu i optymalne przyporządkowanie osoby badanej do jednej z trzech grup.

Przedstawiona rozprawa jest napisana bezbłędnie, niestety miejscami dość chaotycznie, co zmusza czytelnika do częstego przypominania sobie znaczenia poszczególnych symboli i pojęć. Terminy 'region zainteresowania' oraz 'dynamiczne marszczenie czasu' są zrozumiałe, ale ich użycie nie jest standardowe.

#### **4. Wniosek końcowy**

Doktorantka poprawnie sformułowała problem naukowy, istotny z punktu widzenia wspomagania diagnostyki medycznej i rozwiązała go skutecznie za pomocą metod obliczeniowych. Utworzone narzędzie może stać się istotnym czynnikiem wspomagającym i obiektywizującym ocenę wykonania testu graficznego (Łurii) stosowanego w diagnostyce chorób neurodegeneracyjnych.

Przedstawiona rozprawa doktorska zatytułowana: „Komputerowa analiza elementów testu Łurii we wspomaganiu diagnostyki chorób neurodegeneracyjnych”, mimo kilku wskazanych usterek spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595) w zakresie stopnia doktora nauk technicznych. Recenzent wnioskuje do Komisji o **dopuszczenie rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Pauli Stępień do publicznej obrony.**

