
Łódź, 22.12.2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej lek. Mateusza Gasińskiego pt. „Analiza głosu ludzkiego jako element wczesnej diagnostyki patologii krtani”

Głos ludzki jest fascynującym fenomenem z punktu widzenia nauki, kultury, sztuki i komunikacji. Aspekty, które to podkreślają to m.in.: zdolność generowania różnorodnych dźwięków, dzięki którym wyrażane są emocje, intencje; odgrywanie kluczowej roli w komunikacji społecznej; wyrażanie samej mowy, co jest unikatową cechą w królestwie zwierząt stosując zarówno formę werbalną jak i niewerbalną; oraz używanie głosu jako instrumentu muzycznego (tworzenie melodii, harmonii i rytmu, co stanowi fundament sztuki muzycznej). Indywidualność i rozpoznawalność a głos jest jednym z elementów, które czynią naszą tożsamość dźwiękową wyjątkową. W dzisiejszym świecie ludzki głos jest również szeroko wykorzystywany w różnych technologiach jak systemy rozpoznawania mowy czy syntezatory mowy. Głos ludzki ulega zmianom w trakcie życia jednostki, zarówno pod wpływem czynników biologicznych, jak i środowiskowych. Ogólnie rzecz biorąc, ludzki głos jest zjawiskiem niezwykle złożonym, a jego badanie obejmuje różne dziedziny, takie jak fonetyka, psychologia mowy, neurologia, foniatria, logopedia i laryngologia. Fenomen ten jest integralną częścią naszego codziennego życia i kultury, a jednocześnie stanowi fascynujące pole badawcze dla wielu nauk.

Analiza głosu ludzkiego może być użytecznym narzędziem we wczesnej diagnostyce patologii krtani, zwłaszcza w przypadku problemów z aparatem głosowym. Zmiany w jakości i charakterze głosu mogą być objawem różnych schorzeń strukturalnych (organicznych) jak i

czynnościowych krtani. Zaawansowane techniki analizy akustycznej mogą dostarczyć bardziej precyzyjnych informacji na temat zmian w parametrach dźwięku, co może być przydatne w diagnostyce patologii krtani. A dzięki telemedycynie, analiza głosu może być stosowana do monitorowania pacjentów na odległość, co jest szczególnie istotne w przypadku chorób wymagających regularnej oceny. W praktyce, lekarz foniatra lub laryngolog może wykorzystać różne narzędzia, takie jak analiza akustyczna, badanie fiberoskopowe czy też ocena logopedyczna, aby zdiagnozować patologie krtani na podstawie analizy głosu. Wczesna diagnoza może pomóc w skutecznym leczeniu i minimalizowaniu potencjalnych powikłań.

Liczne badania wykazały, że analiza akustyczna głosu jest wysoce przydatnym narzędziem w codziennej praktyce klinicznej a znalezienie obiektywnych parametrów określających jakość ludzkiego głosu jest oczekiwanym postępem w prowadzonych badaniach. Celowe zatem było podjęcie tego tematu przez Doktoranta. Biorąc pod uwagę zapotrzebowanie współczesnej medycyny na rozszerzenie wiedzy w tym zakresie z uwagi na niejasny i nie w pełni wyjaśniony jej charakter, wybrany przez Doktoranta temat pracy uważam za celowy i w pełni uzasadniony.

Praca doktorska została przygotowana przez Doktoranta dzięki zapewnieniu bardzo dobrego zaplecza klinicznego, diagnostycznego i naukowo-badawczego Wojskowego Szpitala Klinicznego w Krakowie oraz Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Praca doktorska lek. med. Mateusza Gasińskiego ma łączną objętość 78 stron tekstu oraz 115 stron załączników zawiera starannie wykonane ryciny i tabele. Praca ma typowy układ dla rozpraw doktorskich, zawiera 11 uporządkowanych rozdziałów uzupełnionych wykazem skrótowców.

Doktorant we wstępie przedstawił szczegółowo i wyczerpująco aktualny stan wiedzy z zakresu anatomii, epidemiologii, etiopatogenezy i postępowania diagnostyczno-terapeutycznego w chorobach krtani. Autor dokładnie i w poprawny sposób opisał ścieżkę diagnostyczną pacjenta ze schorzeniem krtani wskazując na konieczność zastosowania odpowiednich narzędzi we wczesnej diagnostyce chorób narządu głosu. Wskazał tu na analizę akustyczną głosu i jej aplikacyjne zastosowanie jako potencjalnie wysoce przydatnego narzędzia w badaniach przesiewowych chorób krtani. W ciekawy sposób zaprezentował historię badań krtani oraz założenia wibroakustyki.

Następnie Doktorant postawił sobie cztery cele, które potem realizował.

Celami głównymi pracy była odpowiedź na pytania:

1. Czy na podstawie analizy próbki głosowej głosu pacjenta jesteśmy w stanie określić obecność oraz rodzaj patologii krtani?
2. Czy na podstawie analizy próbki głosowej głosu pacjenta jesteśmy w stanie stwierdzić, jakie cech głosu patologicznego są wspólne dla różnych grup patologii krtani?
3. Czy istnieje możliwość wyekstrahowania najmniejszej liczby cech, które są możliwe do stwierdzenia w próbkach głosowych o obniżającej się jakości?
4. Czy istnieje możliwość aktywizacji próbek głosowych za pomocą ogólnodostępnych narzędzi audiowizualnych w celu poddania ich analizie diagnostycznej?

Następnie, celem wnikliwego wprowadzenia do dalszych etapów badawczych pracy Doktorant przypomniał model fizyczny głosu ludzkiego, powstawanie sygnału akustycznego, budowę traktu głosowego, anatomię i fizjologię krtani oraz podział patologii krtani. Dobrze zilustrował różne organiczne patologie krtani, wykorzystując materiał własny.

Podsumowując ocenę tej części pracy stwierdzam, że we wstępie Doktorant czytelnie i wyczerpująco przedstawił współczesne poglądy poświęcone badanemu problemowi i wykazał się znajomością zagadnienia, co świadczy o Jego dobrej orientacji w opracowywanym temacie, co poparł licznymi cytowaniami.

Nie znalazłam zgody regionalnej Komisji Bioetycznej, proszę o uzupełnienie podczas przygotowywania pracy do publikacji

W rozdziale opisującym grupę badawczą i metodykę badań, Doktorant właściwie określił kryteria włączenia i wyłączenia do grupy badanej. W tym miejscu brak jest opisanie grupy kontrolnej: jak rekrutowane były osoby do tej grupy? Badaniami objęto 117 pacjentów w wieku od 22 do 79 lat, którzy zgłosili się samodzielnie lub zostali skierowani przez lekarza POZ do poradni otolaryngologicznej z powodu zaburzeń głosu. Podstawowymi kryterium włączenia był brak wcześniejszego leczenia operacyjnego krtani oraz podpisanie świadomej zgody na udział w badaniu. Pacjenci wypełniali ankietę, nie znalazłam jej jednak w załącznikach i proszę o uzupełnienie.

Doktorant podzielił pacjentów z grupy badanej na podgrupy A-D przydzielając konkretną patologię do danej grupy. Na podstawie stwierdzonych zaburzeń pacjenta zakwalifikowano do jednej z podgrup: A. stany ostre; B. przewlekłe z dalszym podziałem; C. Nowotwór; D. Inne. Po

ich przeanalizowaniu nasuwają się pytania i spostrzeżenia wymagające wyjaśnienia: proszę o dokładniejszy opis jacy chorzy wchodzili w skład grupy D tj. inne?

Uważam, że niektóre grupy są zbyt małe np. grupa D liczy tylko 3 pacjentów a grupa A (stany ostre) tylko jednego chorego. Przy omawianiu wyników i ich analizie wyłączyłabym tych pacjentów.

Brakuje opisu, dlaczego Autor dokonał takiego podziału i podsumowania osiągniętych wyników, mimo rozbudowanych załączników z analizy statystycznej. Należałoby to doprecyzować przy przygotowywaniu pracy do publikacji.

Doktorant natomiast szczegółowo opisał metody statystyczne zastosowane w pracy. Autor nie opisał jednak w ilu przypadkach pacjenci byli zakwalifikowani do leczenia operacyjnego i jaki wynik badania histopatologicznego uzyskano.

Następnie, we współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą przeprowadzono archiwizację próbek głosowych, które zostały nagrane w komorze bezehowej Laboratorium Akustyki Technicznej, gdzie w warunkach zbliżonych do pola swobodnego (czyli pola akustycznego występującego w izopropylowym ośrodku bez ograniczeń, w którym odbicia fal są pomijane w badanym zakresie częstotliwości) pacjenci odczytywali dwuczęściowy test słowny. Na uwagę zasługuje możliwość przeprowadzenia badania w komorze bezehowej, które może stanowić pewne utrudnienie u pacjenta powodując deprivację sensoryczną i jest niemożliwe do wykonania u pacjentów z klaustrofobią. Wnętrze komory stwarza warunki izolacji od drgań z otoczenia dzięki wyłożeniu specjalnymi klinami z wełny mineralnej, których strukturę opracowano w AGH.

Następnie nagrania w postaci próbek głosowych zostały poddane parametryzacji za pomocą odpowiedniego programu firmy Key Pentax z wykreśleniem 34 parametrów. Te ostatnie podzielono na: parametry ogólne; parametry związane z częstotliwością podstawową; parametry dotyczące zmiany tej częstotliwości; parametry dotyczące zmiany amplitudy sygnału; parametry zróżnicowanych odcinków sygnału; parametry pomiaru szumu oraz niezależnie drżenia. Przeprowadzono bardzo dokładną analizę statystyczną badanych parametrów z użyciem pakietu Statistica i podzielono pacjentów na grupy. Połączono grupę z przewlekłymi zmianami obrzękowymi z pacjentami, u których stwierdzono tak zwane guzki miękkie; natomiast zmiany organiczne, które klinicznie przypominały guzki twarde połączono z pacjentami z nowotworami głośni. W następnym etapie Doktorant dokonał analizy w podziale

na **siedem podgrup**, bez łączenia poszczególnych podgrup ze sobą jak w badaniu uwzględniającym podział na trzy grupy. Pierwszy podział z racji pominięcia małych liczebnie grup A i D daje bardziej wiarygodne wyniki.

Następnie oznaczono korelację używając wskaźnika korelacji r Pearsona. Wyznaczono również najmniejszą liczbę parametrów rejestrowanych osobno dla kobiet i mężczyzn, które w istotny sposób umożliwiały różnicowanie pacjentów ze względu na obecną patologię krtani. Następnie wybrano najmniejszą ilość czynników, które pozwalają z dużym prawdopodobieństwem zakwalifikować pacjenta do konkretnej grupy.

Przy podziale pacjentów na trzy grupy ze względu na rodzaj patologii krtani, u kobiet wyodrębniono 3 parametry spełniające te kryteria: PER (liczba pików, parametr ogólny), vAm (parametr amplitudy, względne odchylenie standardowe amplitudy sygnału) oraz Flo (najniższa częstotliwość podstawowa z zaznaczonego obszaru, parametr częstotliwości podstawowej). U mężczyzn wyodrębniono czynniki, które pozwalały kwalifikować do konkretnej grupy i były to modele: To (średni okres tonu podstawowego, parametr ogólny) i Tsam (długość czasu analizowanego okresu, parametr ogólny) lub To i Jita (zmienność F0 wewnątrz analizowanego obszaru; parametr zmiany częstotliwości podstawowej, wrażliwy na małe zmiany F0) lub To i SEG (liczba segmentów o różnych właściwościach, parametr ogólny). Przy uwzględnieniu siedmiu grup, co jak wyżej wspomniałam ze względu na niewystarczającą liczebność grup A i D jest zdecydowanie mniej wiarygodne, wyodrębniono u kobiet sześć czynników, które pozwalały zakwalifikować pacjentkę do konkretnej grupy a u mężczyzn cztery takie czynniki.

W opisie wyników brakuje mi krótkiego podsumowania ich przez Autora polegającego m.in. na ewentualnym wskazaniu, która grupa parametrów odgrywała największą rolę w różnicowaniu patologii łagodnych od patologii złośliwych krtani co ma największe znaczenie kliniczne i umożliwia podjęcie decyzji o rezygnacji z leczenia zachowawczego i skierowanie na leczenie operacyjne celem biopsji wycinającej lub pobrania wycinków ze zmiany krtani. W codziennej praktyce klinicznej wczesne skierowanie pacjenta z podejrzeniem zmiany złośliwej ma bowiem największe znaczenie dla jego późniejszego rokowania. Nie udało się tutaj jednoznacznie wyznaczyć parametrów wskazujących na takie podejrzenie a Doktorant wskazuje na małą przydatność samej analiza akustycznej głosu do takich kwalifikacji. Jednak już w zestawieniu z badaniem endoskopowym analiza akustyczna głosu może mieć duże przełożenie na

postawienie właściwe wczesnej diagnozy i skierowanie na jak najkorzystniejsze dla chorego leczenie.

Na etapie dyskusji i podsumowania Doktorant krytycznie podszedł do uzyskanych wyników i wskazał, że analiza akustyczna jest bardzo dobrym narzędziem zarówno do badania głosów niezmiennych jak i patologicznych. Jednak mimo tego, że pozwala ona na uzyskanie parametryzacji otrzymanych wyników z opisem większości składowych analizowanego głosu, Autor wskazał, że sama analiza akustyczna może być jedynie narzędziem uzupełniającym a nie rozstrzygającym. Pozwala jednak na wykrycie dyskretnych zmian głosu przy utrzymaniu najwyższej wiarygodności co do parametrów: F0, Jitta, shimmer. Może to mieć zastosowanie u pacjentów pracujących głosem do wykrywania wczesnej patologii tego narządu.

W dyskusji Autor przedyskutował, w mojej opinii częściowo, swoje wyniki z wynikami innych autorów w dostępnej literaturze. Wykazał się wiedzą w tym zakresie, logicznie próbował interpretować uzyskane wyniki, jednak winien rozszerzyć ten rozdział o dodanie publikacji wskazujących na funkcjonalność zastosowanego systemu MDVP (Key Pentax) o czym Doktorant wspomina na str. 65 zestawiając swoje wyniki z wynikami innych autorów. Winno to być uzupełnione na etapie tworzenia publikacji.

We wnioskach Doktorant podkreślił, że w chwili obecnej na podstawie tylko analizy próbki głosowej nie można ocenić obecności patologii w krtani a także wskazać na jej rodzaj. Jednak dokonano kroku naprzód podając najmniejszą ilość cech/parametrów charakterystycznych oraz wspólnych dla różnych grup patologii. Ocena 34 parametrów z ich następczą interpretacją jest bardzo trudna, jednak postęp technologiczny z analizą dużej grupy chorych z użyciem narzędzi jak liczenie maszynowe i systemy sztucznej inteligencji może w przyszłości przyczynić się do wczesnej właściwej diagnostyki patologii krtani z użyciem analizy akustycznej głosu. Fragment we wnioskach dotyczący akwizycji próbek głosowych za pomocą urządzeń multimedialnych powinien być przeniesiony do dyskusji, ponieważ nie to było celem i przedmiotem analizy w niniejszej pracy.

Wnioski powinny odpowiadać celom. Doktorant bardzo je uogólnił. Proponowałam rozważenie poprawienia wniosków np. wg takiego schematu:

Cel 1: czy na podstawie analizy próbki głosowej głosu pacjenta możemy określić obecność oraz rodzaj patologii krtani?

Analiza akustyczna próbki głosowej może dostarczyć informacji na temat cech dźwięku głosu, co może być przydatne w diagnozowaniu pewnych patologii krtani. Jednak sama analiza akustyczna zwykle nie jest wystarczająca do jednoznacznego określenia obecności czy rodzaju patologii. Potrzebne jest szerokie podejście diagnostyczne, które obejmuje również inne metody oceny, takie jak laryngoskopia, stroboskopia czy badania obrazowe.

W praktyce klinicznej lekarze foniatry i otolaryngolodzy często korzystają z analizy akustycznej w połączeniu z innymi metodami, aby uzyskać kompleksową ocenę funkcji krtani i głosu pacjenta. Analiza akustyczna może pomóc w identyfikacji wybranych nieprawidłowości jak m.in. nieregularności w tonie głosu, zmiany w częstotliwości dźwięku czy nieprawidłowości w czasie trwania dźwięku.

Cel 2. czy na podstawie analizy próbki głosu można stwierdzić które cechy głosu patologicznego są wspólne dla różnych grup patologii krtani?

Analiza akustyczna próbki głosu może pomóc w identyfikowaniu pewnych cech wspólnych dla różnych grup patologii krtani, ale należy pamiętać, że to narzędzie stanowi tylko jedną część kompleksowej diagnostyki.

Cel 3. czy jest możliwość wyekstrahowania najmniejszej liczby cech, które są możliwe do stwierdzenia w próbkach głosowych o obniżającej się jakości?

Istnieje możliwość wyekstrahowania najmniejszej liczby cech z próbek głosowych o obniżającej się jakości. Ten proces nazywany ekstrakcją cech lub redukcją wymiarowości ma na celu zmniejszenie liczby zmiennych (cech) przy jednoczesnym zachowaniu istotnych informacji.

Doktorant zwrócił uwagę w dyskusji, że wprowadzając odpowiednie algorytmy analizy sygnału, można zastosować techniki uczenia maszynowego, aby automatycznie identyfikować cechy kluczowe w próbkach głosowych. Brakuje mi zwrócenia uwagi przez Doktoranta na fakt jak ważne jest zaznaczenie, że analiza próbek głosowych o obniżającej się jakości może być wyzwaniem, ponieważ trudniejsze warunki mogą wprowadzać dodatkowe zakłócenia. W praktyce może być konieczne dostosowanie metod analizy do konkretnego kontekstu i rodzaju zakłóceń występujących w próbkach głosowych. Proponowałabym dokonkretyzować to podczas przygotowywania pracy do publikacji o zasięgu międzynarodowym.

Cel 4. czy jest możliwość akwizycji próbek głosowych za pomocą ogólnodostępnych narzędzi audiowizualnych celem ich analizy?

Nie zrealizowano tego celu, ponieważ nie dokonano takiej analizy. Proponowałabym więc jego usunięcie a i tak materiał badawczy i przeprowadzone w badania pozostaną wystarczające do stworzenia wartościowej dysertacji bez realizacji tego celu na tym etapie. Posiadamy wiedzę, że istnieje możliwość akwizycji próbek głosowych za pomocą ogólnodostępnych narzędzi audiowizualnych, zwłaszcza ze względu na dostępność technologii cyfrowego nagrywania dźwięku i wideo w wielu urządzeniach. Można używać smartfonów, tabletów, kamer internetowych, a nawet laptopów do rejestrowania dźwięku i obrazu, jednak interpretacja uzyskanych wyników we wczesnej diagnostyce zaburzeń głosu jest w chwili obecnej trudna i wymaga dalszych badań, do czego zachęcam Doktoranta. Warto również zaznaczyć, że ogólnodostępne narzędzia i sprzęt mogą mieć ograniczenia w porównaniu do profesjonalnych systemów używanych w badaniach naukowych czy diagnostyce medycznej. Niemniej jednak, dla wielu celów analizy głosu, zwłaszcza w aspekcie nauki o komunikacji czy amatorskich projektów, ogólnodostępne narzędzia mogą być wystarczające co, jak już podkreślałam, wymaga jednak dalszych badań.

Po szczegółowym zapoznaniu się z przedłożoną rozprawą doktorską lekarza medycyny Mateusza Gasińskiego przedstawianą mi do recenzji stwierdzam, że spełnia ona kryteria pracy doktorskiej jednak wymaga uzupełnień przed przesłaniem do publikacji o zasięgu międzynarodowym. Mimo wymienionych powyżej braków, rozprawa doktorska jest ciekawa, wartościowa i wskazuje na właściwe miejsce jakie w dzisiejszej diagnostyce zajmuje badanie analizy akustycznej głosu. Badania wymagają kontynuacji na większych grupach chorych do czego zachęcam Doktoranta w dalszej swej działalności naukowo-badawczej. Doktorant nie ustrzegł się drobnych błędów edytorskich, które jednak nie wpływają na wartość merytoryczną pracy, którą oceniam pozytywnie.

Podsumowując, w oparciu o przeprowadzone badania oraz wyniki uzyskane przy zastosowaniu wiarygodnych metod, ugruntowaną wiedzę Doktoranta, Jego samodzielność i swobodę poruszania się w temacie będącym przedmiotem badań, uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (DzU. Nr 65, poz.595 z późn.zm.) w związku z art.179 ust 1 ustawy z dnia 3 lipca 2018r. (Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce; Dz.U z 2018r. poz. 1669 z późn.zm.) i na tej podstawie mam zaszczyt przedłożyć Radzie Wydziału Nauk o Zdrowiu

Uniwersytetu Jagiellońskiego wniosek o dopuszczenie lek. med. Mateusza Gasińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.