



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



System diagnostyki słuchu



1. Wprowadzenie

Celem opracowanej aplikacji jest umożliwienie przeprowadzenia podstawowych testów słuchu, głównie u dzieci szkolnych. Możliwości współczesnych komputerów, a zwłaszcza parametry nowoczesnych kart dźwiękowych pozwalają wykonać diagnostykę słuchu z dużą dokładnością przy znacznie mniejszym koszcie niż regularne badanie w specjalistycznym gabinecie audiologicznym. Wykorzystanie typowego osobistego komputera do prowadzenia diagnostyki słuchu wpływa również na zwiększenie powszechności tego typu badań, co pozwoli na szybsze wykrycie ewentualnych problemów ze słuchem, a co za tym idzie szybszą rehabilitację.

Dysfunkcje narządu słuchu mogą wystąpić na dwóch poziomach: na poziomie obwodowym (ucho zewnętrzne, ucho środkowe, ucho wewnętrzne) oraz na poziomie centralnym (wyższe piętra drogi słuchowej). Jednym z podstawowych badań słuchu obwodowego jest audiometria tonalna przewodnictwa powietrznego. W proponowanej aplikacji taki test został zaimplementowany. Audiometr tonalny zasadniczo testuje głównie czułość słuchu. Wynikiem takiego testu jest próg słyszenia w funkcji częstotliwości. Okazuje się, że próg słyszenia nie jest jedynym ważnym parametrem opisującym kondycję słuchu obwodowego. Często ważna jest również informacja, jaki poziom dźwięku odbierany jest jako komfortowy a jaki jako poziom bólu (nieakceptowalny). Sposób postrzegania wrażenia głośności to również ważna informacja o słuchu obwodowym. Zdolność postrzegania narastania wrażenia głośności można zbadać za pomocą testu skalowania głośności. Wyniki tego typu testu prezentują dynamikę słuchu osoby badanej. Na podstawie tych wyników można również określić czy narastanie wrażenia głośności jest prawidłowe, czy nie występuje np. problem tzw. loudness recruitment. W proponowanej aplikacji został zaimplementowany test bazujący na teście LGOB (*Loudness Growth in 1/2 Octave Bands*).

Bateria testów słuchu centralnego jest znacznie większa. Za pomocą testów z tej grupy badane są między innymi takie zdolności jak: umiejętność rozróżniania dźwięków pod względem ich czasu trwania czy pod względem ich

wysokości, testowana jest również pamięć słuchowa oraz zdolność lokalizacji kierunku źródła dźwięku. W przypadku zaburzeń centralnych słuchu obserwuje się wyraźny spadek rozdzielczości czasowej słuchu. Nieprawidłowości w słuchu centralnym są szczególnie uciążliwa w przypadku dzieci uczących się. Wśród popularnych testów z tej grupy należy wymienić test zrozumiałości mowy w szumie, dychotomiczny test dwudzielny, testy sekwencji długości tonów, test sekwencji wysokości tonu, test wykrywania przerw w sygnale czy test mowy zniekształconej oraz test mowy przyspieszonej. W proponowanej aplikacji zaimplementowano dychotomiczny test dwudzielny, test sekwencji długości tonów oraz test sekwencji wysokości tonów. Warunkiem koniecznym do przeprowadzenia testów centralnych jest odpowiednie zdiagnozowanie i korekta zaburzeń typu obwodowego.

Warunkiem poprawnego działania aplikacji jest prawidłowe zainstalowanie dedykowanej karty dźwiękowej, której poziomy dźwięku zostały odpowiednio skalibrowane w laboratorium akustycznym Katedry Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej.

2. Komputerowy audiometr tonalny

Jedną z funkcjonalności proponowanej aplikacji jest funkcja audiometru tonalnego przewodnictwa powietrznego. W czasie badania używane są sygnały testowe (tony proste) o częstotliwościach: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 750 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 6000 Hz, 8000 Hz. Poziomy dźwięku są tak skalibrowane, aby za pomocą dedykowanej karty dźwiękowej możliwe było osiągnięcie zera audiometrycznego. Osiągany zakres zmiany poziomu dźwięku wynosi 90 dB.

Aby wyniki badania były wiarygodne test powinien być przeprowadzony przez terapeutę (osobę nadzorującą). Terapeuta decyduje o częstotliwości i poziomie prezentowanego sygnału testowego. Usłyszenie w słuchawkach sygnału dźwiękowego powinno być sygnalizowane podniesieniem ręki przez badanego. Fakt usłyszenia dźwięku powinien być zaznaczony przez terapeutę

przez kliknięcie na odpowiednim przycisku. Wyniki badanie zbierane są automatycznie. Na podstawie uzyskanych wyników generowany jest audiogram. Wyniki badania mogą być zapisywane w bazie danych.

3. Komputerowy test skalowania głośności

Aplikacja posiada również funkcjonalność testu skalowania głośności. Test ten został zaimplementowany na bazie testu LGOB. Test polega na ocenie wrażenia głośności wywoływanego przez losowo prezentowane sygnały testowe. Badanie prowadzone jest oddzielnie dla ucha prawego i ucha lewego. Test może być wykonywany samodzielnie przez osobę badaną.

Do oceny wrażenia głośności używana jest siedmio-punktowa skala kategorii głośności:

0. NIC NIE SŁYSZĘ
1. BARDZO CICHO
2. CICHO
3. KOMFORTOWO
4. GŁOŚNO
5. BARDZO GŁOŚNO
6. ZA GŁOŚNO

Sygnały testowe mają postać szumów wąskopasmowych (szerokość pół oktawy) o częstotliwościach środkowych: 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz. W dedykowanych słuchawkach poziom dźwięku zmienia się w zakresie od 20 do 110 dB SPL.

Wyniki testu zbierane są automatycznie. Istnieje możliwość zapisania wyników w bazie danych.

4. Dychotomiczny test dwudzielny

Jednym z bardziej znanych testów przesiewowych, który testuje krótkotrwałą pamięć słuchową, zdolność koncentracji uwagi oraz transfer informacji między obu półkulami mózgowymi jest dwudzielny test cyfrowy (ang. Dichotic Digits

Test). Test ten polega na prezentacji do każdego ucha innego sygnału akustycznego w tym samym czasie. W aplikacji zaimplementowano test z wykorzystaniem sygnałów testowych w postaci słów (cyfr) nagranych w języku polskim. Możliwe są 3 niezależne konfiguracje testu: dla ucha lewego (badany musi skupić uwagę na informacji pojawiającej się w uchu lewym a ignorować informacje z ucha prawego), dla ucha prawego oraz dla obu uszu jednocześnie. Po każdej prezentacji sekwencji sygnałów testowych badany powinien kliknąć na przyciski odpowiadające cyfrom, które zostały usłyszane. Przejście do następnej sekwencji testowej następuje po kliknięciu na przycisk NASTĘPNY. W każdym momencie badanie może zostać przerwane przez kliknięcie na przycisku STOP. Badanie kończy się planszą z informacją, czy wyniki jest pozytywny oraz jaki był procent poprawnych odpowiedzi. Na koniec pojawi się pytanie, czy wynik ma być zapisanych w bazie danych.

5. Test sekwencji długości tonów

Test oceny długości sekwencji tonów (ang. Duration Pattern Sequence Test - DDST) polega na określeniu długości trwania poszczególnych sygnałów testowych. W teście prezentowane są sekwencje 3 sygnałów różniących się czasem trwania. Dłuższy sygnał trwa 500 ms, natomiast krótszy 250 ms. Przerwa między sygnałami trwa 300 ms (rys. 1). Częstotliwość tonu wynosi 1 kHz, natomiast poziom dźwięku ustalany jest na wartość 50 dB HL powyżej progu słyszenia dla częstotliwości 1 kHz w audiometrii tonalnej (chodzi o słuchanie na poziomie zbliżonym do komfortowego słyszenia osoby badanej).

Zadaniem badanego jest określenie właściwej zależności czasowej w sekwencji zaprezentowanych sygnałów (np. długi, krótki, krótki itd.). Badanie odbywa się osobno dla ucha prawego i osobno dla ucha lewego. W czasie testu prezentowane jest 60 sekwencji testowych, przy czym pierwsze 10 sekwencji składa się tylko z dwóch tonów i jest fazą próbną/treningową testu. Celem tej fazy jest pokazanie badanemu różnicy między tonami krótkimi i długimi. Wynik testu to obliczony procent poprawnych odpowiedzi (wyniki fazy treningowej nie są brane pod uwagę).

Na podstawie testu można określić zdolność różnicowania dźwięków pod względem ich czasu trwania oraz określić stan krótkotrwałej pamięci słuchowej.

6. Test sekwencji wysokości tonów

Test oceny sekwencji tonów o różnej częstotliwości (ang. Pitch Pattern Sequence Test - PPST) polega na określeniu względnej wysokości tonów w zaprezentowanej sekwencji tonów. Test ten został opracowany przez Pinheiro. W teście używane są tony o częstotliwości 880 Hz i 1430 Hz. Analogicznie jak w teście DDST test składa się z 60 sekwencji tonów. Przy czym 10 sekwencji to faza treningowej, w której sekwencja składa się z dwóch tonów. Celem tej fazy jest sprawdzenie czy osoba badana potrafi odróżnić prezentowane tony o różnej częstotliwości. Sygnały testowe prezentowane są na poziomie 50 dB HL powyżej progu słyszenia dla częstotliwości 1 kHz (na poziomie bliskim poziomowi komfortowego słyszenia dla osoby badanej). Czas trwania każdego sygnału wynosi 10 ms. a przerwa między nimi wynosi 15 ms. Osoba badana dla każdej sekwencji testowej musi określić w odpowiedniej kolejności wysokość usłyszanych sygnałów (np. niski, wysoki, wysoki). Badanie odbywa się niezależnie dla każdego ucha.

Odpowiedzi osoby badanej są analizowane statystycznie i na tej podstawie obliczany jest odsetek poprawnych odpowiedzi. Wynik testu może być zapisany w bazie danych.