



dr inż. RAFAŁ MŁYŃSKI (ORCID: 0000-0002-0500-0638)

dr inż. EMIL KOŻŁOWSKI (ORCID: 0000-0003-4685-1145)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: rmlynski@ciop.pl

DOI: 10.54215/BP.2023.01.2.Mlynski

# Materiał dźwiękowy wspierający przygotowanie się osób z dysfunkcją wzroku do udania się w nieznanne im środowisko

Fot. dashkindobru/Bigstockphoto



W Polsce liczba osób z dysfunkcjami wzroku (uszkodzeniami i chorobami narządu wzroku), w tym osób z niepełnosprawnościami prawnymi oraz deklarujących ograniczenia w wykonywaniu normalnych czynności, stanowi aż 1/3 ogółu ludności. Powszechnie wiadomo, że słuch odgrywa ważną rolę w funkcjonowaniu osób z niepełnosprawnością narządu wzroku. Jednocześnie osoby te często boją się opuścić znane im otoczenie, np. własne domy. Istotnym wsparciem osób z niepełnosprawnością narządu wzroku byłaby możliwość zapoznania się z takimi dźwiękami, które mogą napotkać w środowisku zewnętrznym. W toku badań w CIOP-PIB zebrano zestaw dźwięków, które mogą być wykorzystane przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku do zapoznania się z otoczeniem, do którego potencjalnie mogą się udać. Dźwięki nagrywano z wykorzystaniem techniki ambisonicznej oraz binauralnie za pomocą mikrofonów wbudowanych w zestaw słuchawkowy. Rozwiązania te pozwoliły na uzyskanie wrażenia przestrzennego związanego z prawidłowym kierunkiem docierania dźwięku. Materiał dźwiękowy obejmuje szereg sytuacji, w których osoba z niepełnosprawnością narządu wzroku może się znaleźć, i zawiera dźwięki zarejestrowane nie tylko w domu, lecz także np. w pobliżu skrzyżowań czy w budynkach biurowych. Dokonano niezbędnych konwersji danych w celu uzyskania plików w formacie, który można odtwarzać na słuchawkach podłączonych do komputera. Pozyskane dane przeznaczone są do wykorzystania w oprogramowaniu służącym do zapoznania osób z niepełnosprawnością narządu wzroku z potencjalnie nowymi dla nich sytuacjami.

*Słowa kluczowe: dźwięk, hałas, lokalizacja dźwięku, niepełnosprawność wzroku, ślepotą, zaburzenia widzenia*

## Audio material facilitating the preparation to explore an unknown environment by persons with visual impairments

In Poland, the number of people with visual impairment (damage and disease of the visual organ), including legal disabilities and those who declare that they have limitations in carrying out normal activities is 1/3 of the total population. It is well known that the hearing plays an important role in the functioning of people with visual impairment. At the same time, these people are often afraid of leaving their well-known environment, such as their homes. It would be important for people with visual impairment to become familiar with surrounding sounds that they might encounter in an external environment. During the research carried out in CIOP-PIB a set of sounds has been collected that can be used by people with visual impairment to familiarize with the environment to which they can potentially go. The Ambisonics technique was used and sounds were binaurally recorded with the use of microphones built into the headset. These solutions allowed to obtain the spatial impression associated with the correct direction of the sound. The audio material includes a number of situations in which a person with a visual impairment could potentially be found, recorded not only at home but also, for example, near junctions or in office buildings. Necessary data conversions were used to obtain files in a format that could be played back over headphones connected to a PC. The data obtained is intended for use in the software familiarizing people with visual impairment with potentially new situations for them.

*Keywords: sound, noise, sound localization, visual disability, blindness, visual impairment*

## Wstęp

Dane GUS opublikowane w 2021 r. [1] wskazują, że odsetek osób z dysfunkcją wzroku (uszkodzeniami i chorobami narządu wzroku) w 2019 r. w Polsce, według kryterium statystycznego, wynosił aż 33,3%. Kryterium statystyczne obejmuje zarówno niepełnosprawność prawną, orzeczaną przez różne instytucje do rozmaitych celów, jak i uwzględnia osoby, które co prawda orzeczenia o niepełnosprawności nie posiadają, ale deklarują, że mają ograniczenia w wykonywaniu zwykłych czynności w stopniu poważnym. Według danych Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań z 2011 r. [2] w Polsce żyły 155 433 osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku, w rozumieniu osób niepełnosprawnych biologicznie, z czego 22 159 to osoby posiadające całkowite ograniczenie sprawności, 40 028 – poważne, a 93 246 – umiarkowane.

W przypadku osób niewidomych odbiór bodźców słuchowych stanowi istotny element ich funkcjonowania [3]. Dźwięk odgrywa również ważną rolę w określaniu przez osoby niewidome, czy dany przedmiot się porusza, czy też jest nieruchomy [4]. Osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku sygnalizują ponadto, że mają obawy przed opuszczeniem dobrze znanego im pobliskiego otoczenia, domu [5], a istotnym wsparciem byłoby uprzednie zaznajomienie się z dźwiękami, które mogą napotkać w dotychczas nieznanym im środowisku. Potrzeba taka wyniknęła podczas konsultacji przeprowadzanych w środowisku osób z niepełnosprawnością narządu wzroku, na etapie opracowywania wytycznych i dobrych praktyk w zakresie przystosowania obiektów, pomieszczeń oraz stanowisk pracy dla osób z niepełnosprawnościami [6, 7]. Ograniczenia w swobodnym przemieszczaniu się mogą mieć negatywne konsekwencje w związku z brakiem możliwości dotarcia np. do placówek medycznych lub rehabilitacyjnych lub nawet oznaczają brak aktywności fizycznej, co jest silnie związane ze spadkiem jakości życia tych osób [8]. Ograniczenia te mogą prowadzić do pogorszenia stanu zdrowia psychicznego i fizycznego. Pomocą w takiej sytuacji byłaby możliwość zaznajomienia się z dźwiękami, z którymi dana osoba nie miała do czynienia, a które może napotkać w dotychczas nieznanym jej środowisku.

Celem artykułu jest przedstawienie propozycji zawartości zbioru dźwięków oraz sposobu ich przygotowania, stanowiącego wsparcie w przygotowaniu osób z niepełnosprawnością narządu wzroku do udania się w dotychczas nieznanym im środowisko. Zbiór dźwięków jest dedykowany do zastosowania w aplikacji komputerowej przeznaczonej do rozwijania możliwości percepcji dźwięków występujących w środowisku akustycznym przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku.

## Sposób rejestracji dźwięków

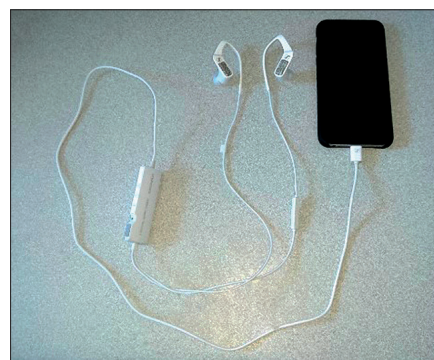
Zapoznanie się z dźwiękami obecnymi w określonym środowisku, zanim dana osoba

z niepełnosprawnością wzroku się do niego uda, jest możliwe dzięki ich zarejestrowaniu i odtworzeniu tej osobie za pomocą zestawów głośnikowych lub słuchawek. Zarówno proces rejestrowania dźwięków, jak i ich przygotowanie oraz prezentacja powinny być tak zrealizowane, aby umożliwić potencjalnemu użytkownikowi odzwierciedlenie sytuacji dźwiękowej zastanej w miejscu, w którym przeprowadzano rejestrację danego zbioru dźwięków. Oznacza to, że istotne jest możliwie wierne odtworzenie dźwięku przestrzennego, co z kolei pozwoli na odzwierciedlenie sytuacji dźwiękowej osobie, która chce się zapoznać z tym, co może ją spotkać po przybyciu w określone miejsce lub w określonej sytuacji. Jednocześnie istotne jest, aby korzystanie ze zbioru dźwięków mogło się odbywać z wykorzystaniem sprzętu powszechnego użytku. W tym celu założono przede wszystkim, że zbiór dźwięków zostanie przygotowany tak, aby ich odtwarzanie było możliwe z użyciem słuchawek, przy wykorzystaniu techniki binauralnej, tj. prowadzącej do wrażenia przebywania w miejscu, w którym przeprowadzono rejestrację dźwięków przy odłuchu obuusznym. Uzyskanie właściwych wrażeń związanych z odłuchiowaniem dźwięku wymaga, aby jego rejestracja odbywała się z użyciem wyposażenia, które umożliwi pozyskanie danych z zachowaniem właściwości przestrzennych dźwięku. Uwzględniono dwa następujące układy rejestracji dźwięku, składające się z:

- pary mikrofonów zestawu słuchawkowego podłączonych do urządzenia przenośnego,
- mikrofonu ambisonicznego podłączonego do wielokanałowego rejestratora cyfrowego.

W przypadku pierwszego z wymienionych układów, którego zasadniczym elementem jest para mikrofonów zestawu słuchawkowego (fot. 1), rejestracja sygnału przekonwertowanego na postać cyfrową była realizowana za pomocą urządzenia przenośnego pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego iOS. Nagranie binauralne, pozwalające zachować wrażenie przestrzenności dźwięku, uzyskiwane jest bezpośrednio – bez potrzeby konwersji materiału dźwiękowego. Użycie drugiego z wymienionych rozwiązań, czyli mikrofonu ambisonicznego (fot. 2), opiera się – jak wskazuje nazwa tego mikrofonu – na stosowaniu techniki ambisonicznej, dającej możliwość odtwarzania dźwięku przestrzennego pod warunkiem właściwej konwersji zebranych danych. Więcej informacji na temat techniki ambisonicznej znajduje się w innym artykule autorów [9]. Użycie mikrofonu ambisonicznego wymagało stosowania wielokanałowego rejestratora cyfrowego. Przebiegi czasowe sygnału z mikrofonu ambisonicznego były podawane na wejścia rejestratora cyfrowego (fot. 3), w którym odbywa się ich przetwarzanie z postaci analogowej do cyfrowej.

Opisywane wyposażenie, tj. oba układy rejestracji dźwięku, z założenia jest przeznaczone do rejestracji tzw. dźwięku przestrzennego. Nie ma więc potrzeby szerokiej weryfikacji ich



Fot. 1. Zestaw słuchawkowy połączony z urządzeniem przenośnym (smartfonem)

Photo 1. Smart Headset connected to smartphone



Fot. 2. Mikrofon ambisoniczny (na zdjęciu przedstawiono mikrofon ze zdjętą osłoną przeciwwietrzną)

Photo 2. Ambisonic microphone (the photo shows the microphone with the windscreen removed)



Fot. 3. Wielokanałowy rejestrator cyfrowy wykorzystywany do rejestracji sygnału z mikrofonu ambisonicznego

Photo 3. Multi-channel digital recorder used to record the signal from an ambisonic microphone

działania. Ponadto wykorzystanie mikrofonu ambisonicznego do badań percepcji dźwięku przestrzennego było przedmiotem poprzedniej pracy [9]. Niemniej jednak sprawdzono, czy każdy z układów rejestracji dźwięku zapewni realizację postawionego celu, jakim jest wykonanie nagrań dźwięków i zaprezentowanie ich osobom z niepełnosprawnością narządu wzroku. Jako kryterium, na podstawie którego można uznać, że stosowane wyposażenie spełnia to wymaganie, przyjęto możliwość wyodrębniania w zarejestrowanym

materiale poszczególnych kierunków docierania dźwięku w trakcie odsłuchu przykładowych nagrań wykonanych w przypadku, gdy znane są kierunek i położenie źródła dźwięku. Rozpatrywano przy tym docieranie dźwięku z ośmiu kierunków równomiernie rozłożonych wokół obserwatora (co 45°). Po wykonaniu przykładowych rejestracji dźwięków przeprowadzono odsłuchy w celu zweryfikowania, czy nagrania pozwalają na wyodrębnienie dźwięków docierających z poszczególnych kierunków w określonych momentach czasowych. Próby odsłuchowe dotyczyły nagrań dźwięków z kilku źródeł (klasycznego dzwonka, dzwonka rowerowego, klaksonu, odgłosu kroków) i docierających z ośmiu kierunków równomiernie rozłożonych wokół obserwatora. Nagrania przygotowane w taki sposób, że znany był kierunek docierania dźwięku rejestrowanego w określonym przedziale czasu.

Rozpoznawanie kierunku docierania dźwięku, gdy jest on emitowany przed daną osobą lub za jej plecami, wiąże się z naturalnymi ograniczeniami [10], dlatego sprawdzenie odbywało się z udziałem trzech osób posiadających doświadczenie w rejestracji, pomiarach parametrów sygnałów i ich analizie oraz przebiegało w sposób pozwalający na weryfikowanie kierunku docierania zarejestrowanego sygnału jako takiego, przy minimalizowaniu ograniczeń w percepcji dźwięków. W trakcie odsłuchiwania nagrań osoby dokonujące ich sprawdzenia konfrontowały to, co słyszą, z posiadaną wiedzą dotyczącą warunków przeprowadzania rejestracji dźwięków, w tym na temat lokalizacji źródeł dźwięków. Według tych osób w każdym analizowanym przypadku odsłuchiwane dźwięki odzwierciedlały sytuację, w których zostały zarejestrowane. Żadna z osób nie wskazała na znaczące rozbieżności pomiędzy nagraniami (uzyskanymi z poszczególnych układów ich rejestracji) w zakresie możliwości określania kierunku docierania dźwięku. Na podstawie tak uwarunkowanych założeń dotyczących sprawdzenia funkcjonowania rozpatrywanych układów rejestracji dźwięku uznano, że odwzorowanie kierunków docierania dźwięku należy uznać za poprawne niezależnie od tego, czy materiał audio pozyskiwany jest za pomocą zestawu mikrofonów zestawu słuchawkowego umożliwiającego rejestrację binauralną, czy za pomocą mikrofonu ambisonicznego.

Podczas rejestracji zbioru dźwięków przeznaczonych do zapoznawania z nimi osób z niepełnosprawnością narządu wzroku wykorzystywano oba wymienione wcześniej systemy sprzętu – w zależności od tego, który z nich bardziej odpowiadał potrzebom określonej sytuacji. Parę mikrofonów zestawu słuchawkowego stosowano wtedy, gdy wymagana była stosunkowo większa mobilność i poręczność sprzętu oraz gdy przydatna była opcja jednoczesnej rejestracji dźwięku i obrazu. Dane wizyjne znajdują zastosowanie na etapie analizy (identyfikacji) zarejestrowanych danych i przygotowywania ostatecznej wersji plików dźwiękowych. Zaletą

systemu zawierającego mikrofon ambisoniczny jest natomiast większa odporność na wpływy zakłóceń (głównie wywołanych podmuchami wiatru) na jakość zarejestrowanego materiału audio, niż ma to miejsce w przypadku mikrofonów zestawu słuchawkowego umożliwiającego rejestrację binauralną. Dotyczy to zatem niektórych sytuacji, gdy dźwięki mają być zarejestrowane na zewnątrz budynków.

## Zbiór dźwięków

Ośłuchanie się z dźwiękami, które osoba z niepełnosprawnością narządu wzroku może napotkać w dotychczas nieznanym jej środowisku, stanowi jej przysposobienie, zanim wyruszy ona poza miejsce, w którym zwykle przebywa i z którym jest obeznana. Zapoznanie się z dźwiękami, które mogą występować w różnych sytuacjach, pozwala m.in. pozyskać wiedzę o tym, co można napotkać w warunkach rzeczywistych, i odpowiednio się na to przygotować. Dzięki temu można np. uniknąć sytuacji, gdy pojawiający się nagle dźwięk przestraszy osobę, która nie jest z nim oswojona, i wywoła u niej natychmiastową, nieostrożną lub wręcz niebezpieczną reakcję. Zapoznanie się z różnymi dźwiękami jest ważne także z tego względu, że w pewnym stopniu przygotowuje do odpowiedniego zachowania się w określonych sytuacjach, np. gdy słychać dźwięk wydawany przez sygnalizator pojazdu uprzywilejowanego. Dla osób z niepełnosprawnościami narządu wzroku szansa na oswojenie się z niecodziennymi dźwiękami otoczenia (z którymi nie stykają się na co dzień lub niosącymi informacje, których te osoby nie są do końca świadome) oznacza większą samodzielność, polepszenie jakości życia i prawdopodobnie także większą motywację do poszukiwania pracy.

Założono, że przygotowywana zawartość zbioru dźwięków do zapoznania się z nimi nie będzie ograniczać się do sytuacji, które można określić jako niezbędne, ani też do sytuacji ściśle związanych z jednym wybranym środowiskiem, np. ze środowiskiem pracy. Zawartość zbioru dźwięków była przedmiotem konsultacji, które odbyły z udziałem 20 osób z niepełnosprawnością narządu wzroku [11]. Sugestie przekazane w trakcie tych konsultacji wykorzystano podczas ustalania zawartości zbioru materiału dźwiękowego. Zdefiniowano 10 następujących grup, w których zgromadzono charakterystyczne dla każdej z nich dźwięki:

- 1 – pomieszczenia mieszkalne;
- 2 – wyjście z mieszkania;
- 3 – ruch komunikacyjny, przebywanie na ulicy, w pobliżu skrzyżowania dróg;
- 4 – miejsca przyjazdu/odjazdu środków komunikacji publicznej;
- 5 – pojazdy;
- 6 – sygnały ostrzegawcze;
- 7 – duże budynki;
- 8 – biura;
- 9 – miejsca rekreacji poza mieszkaniem;

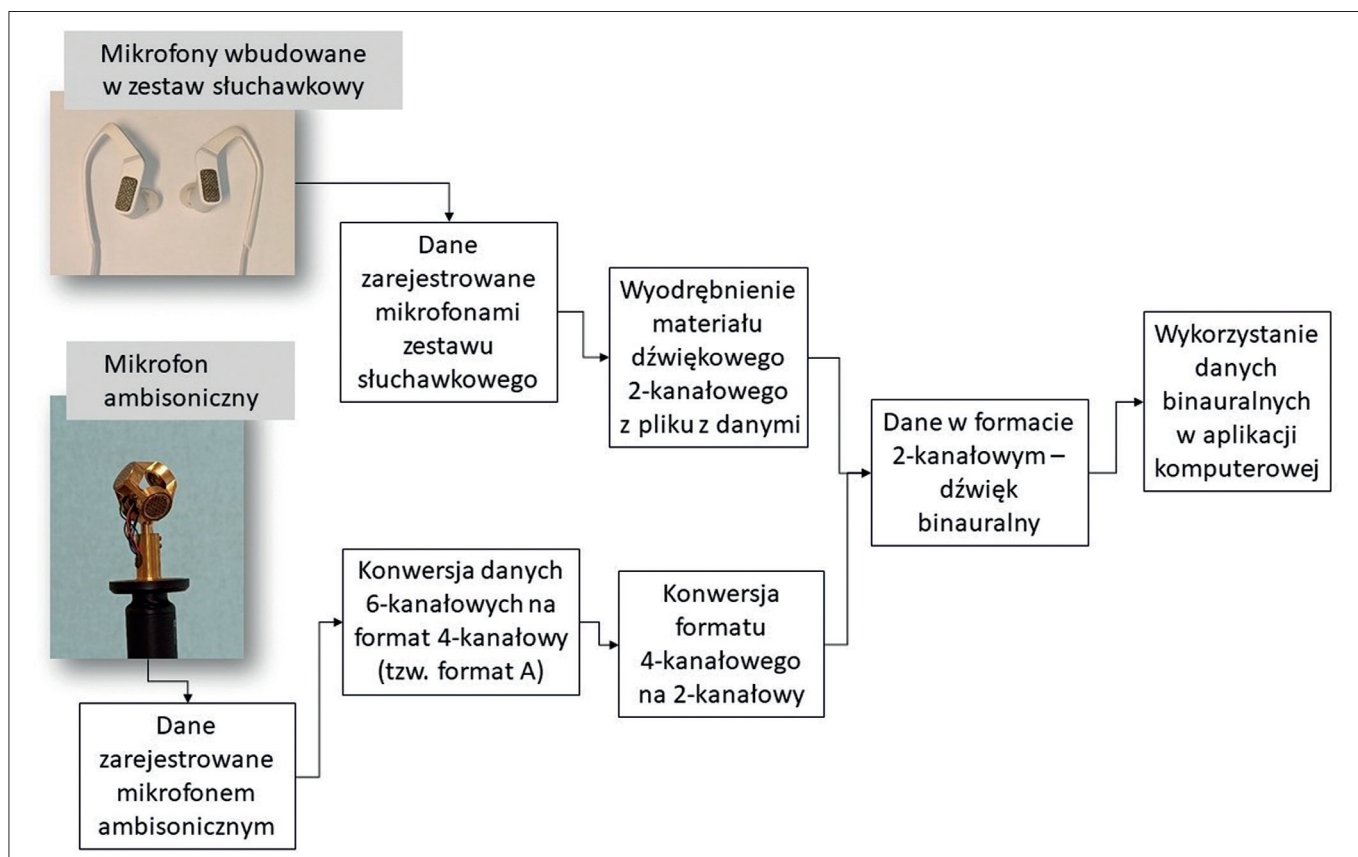
- 10 – inne sytuacje, dźwięki dodatkowe (np. prace remontowe w sąsiednim lokalu mieszkalnym, przejazd traktora obsługującego maszynę rolniczą, dźwig budowlany pracujący za oknem biura, koszenie trawnika kosą spalinową).

Na podstawie wspomnianych konsultacji stwierdzono, że dla niektórych osób z niepełnosprawnością narządu wzroku istotne mogą być również dźwięki występujące potencjalnie w najbardziej znanym im środowisku, a więc we własnym mieszkaniu. Osoby te mogą nie być obeznane ze wszystkimi sytuacjami życia codziennego, więc w grupie dźwięków obejmującej pomieszczenia mieszkalne uwzględniono np. zapalenie palnika kuchni gazowej – zarówno w trakcie prawidłowej pracy, jak i wtedy, gdy po odkręceniu kurka kuchni gazowej nie zapala się płomień i występuje krótkotrwałe ulatnianie się gazu. Znalazło się tam również wiele nagrań obrazujących akustycznie obsługę artykułów gospodarstwa domowego, wodę lejącą się z niedokręconego kranu czy hałas przedmiotów upadających na podłogę o różnej twardości.

Część zbioru dźwięków, które osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku mogą napotkać w dotychczas nieznanym im środowisku poza mieszkaniem, uwzględnia m.in. przejazd pojazdów uprzywilejowanych i inne odgłosy (mające różne natężenie i zarejestrowane w różnych warunkach pogodowych – podczas opadów deszczu lub po opadach śniegu) typowe dla sytuacji, które mogą zaistnieć podczas przebywania na ulicy. Zbiór dźwięków pozwala na zapoznanie się z odgłosami przejeżdżających pojazdów – rowerów, samochodów osobowych (w tym z napędem elektrycznym), samochodów ciężarowych i autobusów lub pociągów. Odzwierciedlono szereg sytuacji związanych z korzystaniem ze środków komunikacji miejskiej, podczas pobytu na przystanku tramwajowym, autobusowym lub w metrze. Wskazano też m.in. na problemy związane z maskowaniem dźwięku emitowanego przez sygnalizację dźwiękową towarzyszącą sygnalizatorowi świetlnemu przy przejściu dla pieszych. W zbiorze dźwięków zawarto ponadto przykłady prezentujące korzystanie z dźwigu osobowego lub drzwi przesuwanych oraz wybrane sytuacje związane z pracą biurową.

## Przygotowanie plików dźwiękowych

W celu umożliwienia właściwej prezentacji zarejestrowanych dźwięków osobom z niepełnosprawnością narządu wzroku niezbędne jest działanie techniczne, polegające na przygotowaniu plików dźwiękowych w taki sposób, aby możliwe było ich odtworzenie przez te osoby. Jak już wspomniano wcześniej, założono, że zbiór dźwięków ma być przystosowany do wykorzystania w aplikacji komputerowej, która będzie wspierała przygotowanie osób z niepełnosprawnością narządu wzroku do udania się do nieznanego sobie środowiska.



Rys. Schemat przetwarzania zarejestrowanych danych zawierających dźwięk  
Fig. Scheme for processing recorded data containing sound

Zamieszczenie plików dźwiękowych w aplikacji komputerowej, z ich przeznaczeniem do odtwarzania techniką binarną z użyciem słuchawek konsumenckich, wymaga przeprowadzenia określonego przetworzenia zebranych danych. Schemat przetwarzania zarejestrowanych sygnałów do plików dźwiękowych pokazano na rysunku. Przetwarzaniu temu musi ponadto towarzyszyć obróbka zarejestrowanych sygnałów polegająca na wybraniu z nich właściwych fragmentów, co pominięto na schemacie. W zależności od wykorzystywanego wyposażenia częstotliwość próbkowania przetwarzanych plików dźwiękowych wynosiła 44,1 kHz lub 48 kHz, przy czym obie te częstotliwości są wystarczające do zapewnienia właściwego pasma sygnału akustycznego na potrzeby realizowanego materiału dźwiękowego.

W przypadku rejestrowania dźwięków z wykorzystaniem zestawu słuchawkowego, który zawiera dwa mikrofony umieszczone w małżowinach usznych, zarejestrowany dźwięk od razu ma postać właściwą do wykorzystania przy odsłuchu binauralnym. Wynika to z faktu, że mikrofony zestawu słuchawkowego znajdują się w tych samych miejscach, co przetworniki słuchawek odtwarzających dźwięk. Przygotowanie plików dźwiękowych wiązało się w tym przypadku wyłącznie z koniecznością wyekstrahowania dźwięku z zapisanych danych, zawierających zarówno materiał audio, jak i wideo.

Z kolei w przypadku, gdy rejestracja odbywała się za pomocą mikrofonu ambisonicznego, zebrane dane wymagały przekonwertowania na format możliwy do odtwarzania przez słuchawki. Przede wszystkim przebiegi czasowe sygnału podawane z mikrofonu ambisonicznego na wejścia rejestratora cyfrowego, dokonującego ich przetwarzania z postaci analogowej do cyfrowej, są zapisywane przez rejestrator w formacie sześciokanałowym. Informacja użyteczna zapisywana jest przy tym w pierwszych czterech kanałach i zawiera dane w tzw. formacie A. Oznacza to, że każdy z czterech kanałów zawiera sygnał podawany przez kolejną z czterech kapsułek mikrofonowych ułożonych w układzie tetrahedralnym mikrofonu ambisonicznego pierwszego rzędu. W celu uzyskania zgodności stosowanego formatu danych z następnymi etapami ich przygotowywania, a jednocześnie w celu ograniczenia objętości przechowywanych danych, niezbędne jest zatem przekształcenie formatu plików danych otrzymywanych z rejestratora do formatu czterokanałowego (blok Konwersja danych 6-kanalowych na format 4-kanalowy {tzw. format A} – zob. rysunek). Następnie dźwięk konwertowany jest z formatu czterokanałowego do binauralnego (dwukanałowego). Do tego celu wykorzystywana jest tzw. wtyczka programowa Harpex-X uruchamiana w oprogramowaniu typu DAW – Digital Audio Workstation, wykorzystywanym w Laboratorium

TECH-SAFE-BIO w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym.

### Odsłuch dźwięków przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku

Po zgromadzeniu materiału dźwiękowego poproszono 10 osób z niepełnosprawnością narządu wzroku o odsłuchanie, z użyciem słuchawek, przygotowanych nagrań oraz o ocenę wrażeń związanych z postrzeganiem nagranych dźwięków. Udział osób w odsłuchu materiału dźwiękowego poprzedzono skierowaniem wniosku do Komisji Etyki i Bioetyki Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego o wyrażenie opinii o projekcie. Komisja rozpatrzyła wniosek i wydała pozytywną opinię, co oznacza zgodę na jego realizację i publikację wyników.

Żadna z osób nie zasygnalizowała problemów z określeniem, skąd docierają dźwięki. Ponadto kilka osób, które opisały swoje wrażenia w tym zakresie, stwierdziło, że dźwięki są realistyczne, a nagrania dobrze oddają to, co się słyszy w życiu codziennym, oraz pozwalają się zorientować w położeniu konkretnych obiektów.

### Podsumowanie

Zaprezentowane prace z zakresu przygotowania zbioru dźwięków – od ich zarejestrowania



do przetworzenia – stanowiły element zmierzający do opracowania aplikacji komputerowej przeznaczonej do rozwijania możliwości percepcji dźwięków, występujących w środowisku akustycznym, przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku. Przygotowany materiał dźwiękowy obejmuje szereg sytuacji, w których dana osoba może się znaleźć poza swoim domem, a więc np. w pobliżu skrzyżowań czy w budynkach biurowych.

Wyposażenie wybrane do przeprowadzania nagrań z założenia jest przeznaczone do rejestracji tzw. dźwięku przestrzennego. Mimo tej zadeklarowanej funkcjonalności przeprowadzono sprawdzenie, które pokazało, że niezależnie od wykorzystanego wyposażenia rejestrującego dźwięk, tj. mikrofonów zestawu słuchawkowego lub mikrofonu ambisonicznego, możliwe jest odwzorowanie kierunku docierania dźwięku (rozpoznawane w trakcie odsłuchu kierunki docierania dźwięku są zgodne z kierunkami uwzględnionymi podczas przeprowadzania rejestracji). Na podstawie tego prostego sprawdzenia oceniono, że oba zestawy wyposażenia nadają się do wykonania nagrań, które będą mogły być odsłuchiwane przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku. Możliwe jest bowiem odwzorowanie danej sytuacji poprzez zarejestrowane dźwięki w takim stopniu, że zachowana jest możliwość określenia kierunku ich docierania.

Przedstawiony sposób postępowania pozwolił na opracowanie materiału dźwiękowego, przygotowanego w formie dźwięków binauralnych, przeznaczonego do odtwarzania z użyciem słuchawek. Uzyskano zbiór dźwięków, które pozwalają na odzwierciedlenie osobie z niepełnosprawnością narządu wzroku sytuacji dźwiękowej zastanej w miejscu, w którym przeprowadzano rejestrację tych dźwięków. Przydatność wykorzystanej procedury przygotowania nagrań, które zawierają zbiór dźwięków ułatwiających zapoznanie się z nieznanym środowiskiem, została potwierdzona przez osoby z dysfunkcją wzroku.

W ramach kolejnych prac prowadzonych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym opracowano aplikację komputerową zawierającą zestaw ćwiczeń dźwiękowych, przeznaczonych do rozwijania możliwości percepcji dźwięków, występujących w środowisku akustycznym, przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku. Przedstawiony w tym artykule zbiór dźwięków jest istotnym elementem wspomnianej aplikacji. Stanowi on wsparcie w przygotowaniu się osób z niepełnosprawnością narządu wzroku do udania się w do tychczas nieznanym im środowisko.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Główny Urząd Statystyczny. Stan zdrowia ludności Polski w 2019 r. Warszawa 2021.
- [2] Niepełnosprawność w liczbach. Dane demograficzne. Informacje i dane demograficzne. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011. <http://www.niepelnosprawni.gov.pl> [dostęp: 20.05.2022].
- [3] WICIAK J. i in. Niewidomi w dużym mieście. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2012.
- [4] MAJEWSKI T. Psychologia niewidomych i niedowidzących. Warszawa: Wydawnictwo PWN, 1985.
- [5] Polski Związek Niewidomych. Osoby niewidome i słabowidzące w przestrzeni publicznej. Zalecenia, przepisy, dobre praktyki. Warszawa 2009, <http://www.pzn.org.pl/wp-content/uploads/2015/10/informator.pdf>.
- [6] ZAWIESKA W.M. (red.). Projektowanie obiektów, pomieszczeń oraz przystosowanie stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych o specyficznych potrzebach – ramowe wytyczne. Warszawa: CIOP-PIB, 2014, [https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/74754/Ramowe\\_wytyczne2014.pdf](https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/74754/Ramowe_wytyczne2014.pdf).
- [7] BARTUZI P. i in. Przystosowanie obiektów, pomieszczeń oraz stanowisk pracy dla osób niepeł-

nosprawnych o specyficznych potrzebach – dobre praktyki. Warszawa: CIOP-PIB, 2014. [https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/74755/Dobre\\_praktyki-wersja\\_finalna2014.pdf](https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/74755/Dobre_praktyki-wersja_finalna2014.pdf).

[8] TIKHONOV A. Jakość życia osób z dysfunkcją wzroku. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu nr 483. 2017. [http://www.dbc.wroc.pl/Content/39202/Tikhonov\\_Jakosc\\_Zycia\\_Osob\\_z\\_Dysfunkcja\\_Wzroku\\_2017.pdf](http://www.dbc.wroc.pl/Content/39202/Tikhonov_Jakosc_Zycia_Osob_z_Dysfunkcja_Wzroku_2017.pdf).

[9] SZCZEPAŃSKI G., MORZYŃSKI L., PLEBAN D., MĘYŃSKI R. Stanowisko badawcze CIOP-PIB do badań percepcji dźwięku przestrzennego z zastosowaniem techniki ambisonicznej. Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka. 2018, 10: 24-27, doi: 10.5604/01.3001.0012.6477.

[10] OVCHARENKO A., CHAO S.J., CHONG U.-P. Front-back confusion resolution in three-dimensional sound localization using databases built with a dummy head. Journal of the Acoustical Society of America. 2007, 122: 489, doi: 10.1121/1.2739415.

[11] MLYŃSKI R., KOZŁOWSKI E., ADAMCZYK J. Sounds That People with Visual Impairment Want to Experience. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021, 18:2630, doi: 10.3390/ijerph18052630.

*Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 2.SP.04 pt. „Opracowanie zestawu ćwiczeń dźwiękowych przeznaczonego do rozwijania możliwości percepcji dźwięków występujących w środowisku akustycznym przez osoby z niepełnosprawnością narządu wzroku”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*