

Julia NOWAK¹, Małgorzata MUZALEWSKA²

¹SKN Zastosowania Metod Sztucznej Inteligencji AI-METH, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

²Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

DISCOBULBULATOR - INTERAKTYWNE URZĄDZENIE DO TERAPII MOTORYKI MAŁEJ I INTEGRACJI SENSORYCZNEJ

Abstract: DiscoBulbulator to edukacyjne urządzenie terapeutyczne, pozwalające na wykonanie odpowiednich ruchów stylusem, co powoduje gratyfikację sygnałem dźwiękowym. Różnorodność stylusów oraz dodatkowych modułów i akcesoriów pozwala na urozmaicenie wykonywanych ćwiczeń polegających na zamknięciu ścieżki przewodu. Interaktywne urządzenie przeznaczone jest do terapii motoryki małej oraz integracji sensorycznej w pracy z dziećmi z niepełnosprawnościami.

Keywords: subject monitoring, psychophysiological state, EDA, HR, gait, rhythmic auditory stimulation

1. WSTĘP

Prawidłowy odbiór świata zewnętrznego jest konieczny w rozwoju każdego dziecka [1, 2]. Oprócz utrudnień związanych z niepełnosprawnościami, wiele dzieci dodatkowo dotknęły negatywne skutki pandemii COVID-19 związane z izolacją. Przez brak dostępu do naturalnych źródeł sygnałów słuchowych, wzrokowych czy dotykowych utrudniony został odbiór bodźców zewnętrznych, postrzeganie świata. Odpowiedzią na ten problem jest praca terapeutyczna z wykorzystaniem wyspecjalizowanych urządzeń, przy czym niestety na ogół nie spełniają one wszystkich potrzeb każdej z grup dzieci. Tym samym terapeuci mają ograniczoną możliwość prowadzenia efektywnych zajęć w zmieniających się warunkach. Aby ułatwić i urozmaicić pracę wielu specjalistów na bieżąco samodzielnie wytwarza i konstruuje pomoce edukacyjne posługując się łatwo dostępnymi materiałami oraz przedmiotami codziennego użytku. Między innymi dlatego podjęto się skonstruowania urządzenia terapeutycznego, służącego do pracy z dziećmi z niepełnosprawnościami, z zaburzonym odbiorem bodźców zewnętrznych. Głównymi cechami urządzenia jest rozwojowość, modułowość, możliwość szybkiego dostosowania do zmieniających się potrzeb użytkownika oraz prostota obsługi. Kolejną ważną cechą jest uniwersalność i możliwość szerokiego wykorzystania w różnorodnych ćwiczeniach, gdzie terapeuta ma dowolność doboru modułu i sposobu jego wykorzystania.

2. ISTOTA URZĄDZENIA

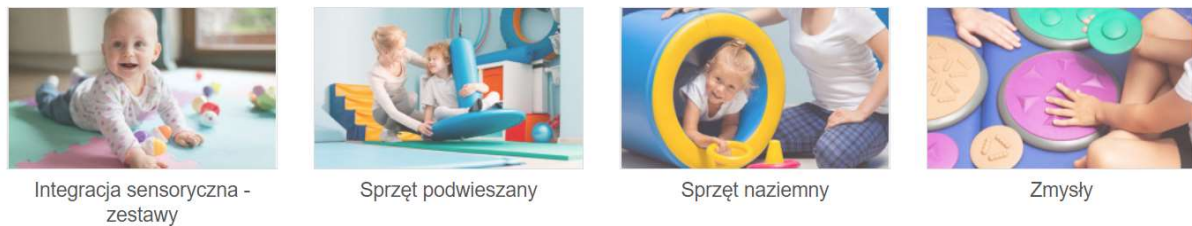
DiscoBulbulator (DB) to urządzenie o humorystycznej nazwie, skonstruowane aby wspomóc pracę terapeutów ze Specjalnego Ośrodka Szkolno-Wychowawczego (SOSW) z Dąbrowy Górniczej. SOSW jest jednym z największych ośrodków w Europie, którego kadra opiekuńcza i terapeutyczna zajmuje się szeroko rozumianą rehabilitacją i terapią dzieci z niepełnosprawnościami. Dzięki wizytom w ośrodku, licznym konsultacjom, wywiadom oraz ankietom zebrano informacje na temat aktualnych potrzeb w terapii dzieci, a w szczególności na temat terapii motoryki małej oraz terapii sensorycznej.

DiscoBulbulator jest interaktywnym urządzeniem terapeutycznym stworzonym do pracy z dziećmi i służącym do stymulacji zmysłów w terapii sensorycznej. Integracja sensoryczna (SI) jest dziedziną, w której odbierane przez człowieka bodźce z narządów zmysłów przetwarzane są tak, aby osoba wykazała odpowiednią na nie reakcję [3]. Działanie urządzenia polega na wykorzystaniu stylusów, modułów oraz akcesoriów dołączanych do bazy urządzenia i wspierających jego kreatywną obsługę w celu poszerzenia zbioru ćwiczeń w trakcie zajęć terapeutycznych z szerokiego zakresu tematycznego i uatrakcyjnienia ich o element zabawy [4]. Terapia sensoryczna staje się metodą efektywną w momencie wykorzystania zróżnicowanych bodźców stymulujących układ narządów zmysłów [1]. W pierwotnej wersji urządzenie pozwala na zastosowanie stylusów, które poprzez zetknięcie z wybranym przewodnikiem w postaci grafitu, wody, czy ciała ludzkiego – zamykają (przy spełnieniu określonych warunków) obwód elektryczny układu, co pozwala na przepływ napięcia w układzie i wywołuje regulowaną emisję sygnału dźwiękowego.

Opracowane urządzenie cechuje się możliwością łatwego dostosowania do potrzeb użytkownika w trakcie prowadzenia terapii, zaprojektowane z zamysłem dalszego rozwoju oraz rozbudowy wedle potrzeb terapeutów oraz pacjentów. Ćwiczenia wykonywane na urządzeniu dostosować można do szerokiego zakresu grup wiekowych użytkowników, ich predyspozycji, upodobań oraz dziedzin terapeutycznych. Urządzenie z powodzeniem można wykorzystać do ćwiczeń mięśni dłoni w terapii ręki [5], dzięki zadaniom związanym z wodzeniem stylusem w kształcie długopisu wzdłuż kształtów umieszczonych na kartach pracy, jak również w terapii logopedycznej w ćwiczeniu opartym o dokonywanie wyboru odpowiedniej karty z obrazkiem sylaby dzięki modułowi z przyciskami, a także w wielu innych.

2.1. Przegląd istniejących rozwiązań

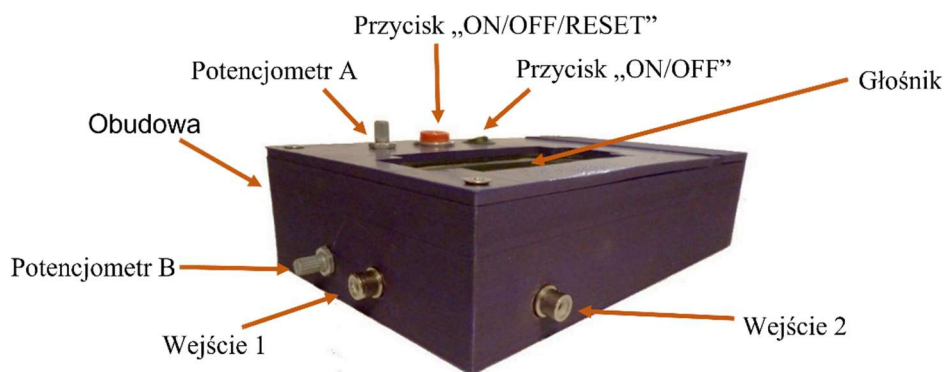
Na rynku znajduje się bardzo dużo rodzajów dedykowanego osprzętu do terapii SI [10,11,12]. Dużą część stanowią obiekty do stymulacji przedsionkowej, proprioceptywnej i dotykowej, stymulujące zmysły w trakcie ruchu, takie jak np. huśtawka, deskorolka, równoważnia, co przedstawiono na rys.1. Do aktywacji innej grupy zmysłów oferowane są fakturowe pomoce sensoryczne, obciążniki oraz przyrządy do stymulacji takie jak gry terapeutyczne i zabawki sensoryczne [6]. Spośród nich najmniejszą grupę stanowią urządzenia interaktywne.



Rys.1. Kategorie produktów do terapii sensorycznej [12]

3. INTERAKTYWNE URZĄDZENIE DO TERAPII MOTORYKI MAŁEJ I INTEGRACJI SENSORYCZNEJ

Skonstruowane urządzenie - DiscoBulbulator przedstawiono na rys.2.



Rys.2. DiscoBulbulator wraz z oznaczeniami elementów składowych

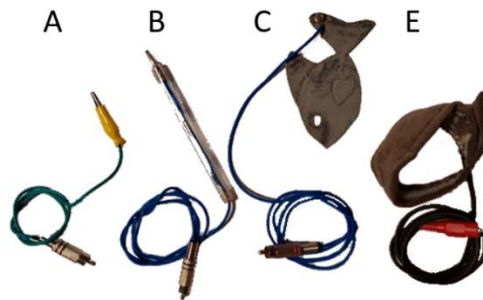
Zamodelowana w programie Autodesk Inventor obudowa urządzenia została wytworzona w technologii FDM (Fused Deposition Modeling - FDM) z poliaktydu (PLA). Następnie zamontowano na niej wszystkie komponenty, a wewnątrz umieszczono układ elektroniczny zawierający układ scalony NE 555 oraz głośnik.

3.2. Stylusy

Działanie urządzenia polega na podłączeniu wybranych stylusów bądź modułu do wejścia 1 oraz wejścia 2. Aktualnie dostępne stylusy przedstawione zostały w tabeli 1, gdzie najbardziej popularne to przykładowe stylusy przedstawione na rys.3.

Tabela 1. Tabela oferty stylusów

Nazwa	Końcówka x	Wykorzystanie
STYLUS A	„Krokodylek”	Zaciśnięcie, podłączenie do przewodnika
STYLUS B	Rysik	Dotykanie przewodnika
STYLUS C	Metalowa rybka	Umieszczenie w wodzie
STYLUS D	„Pastylka chwytana”	Trzymanie w dłoni
STYLUS E	Opaska zaciskowa	Zapinana na rzep na ręce
STYLUS F	Wiele „krokodylków”	Stylus rozgałęzia się na wiele końcówek stylusu A



Rys. 3. Przykładowe stylusy

Stylusy wykonane są z przewodu, na którego jednym końcu jest złącze RCA („chinch”), a na drugim - końcówka stykowa o spersonalizowanym kształcie (przykłady przedstawiono na rys.3). Przewody są kolorowe i przyjemne w dotyku, a cały stylus skonstruowany tak, aby był wytrzymały na uszkodzenia mechaniczne, których spodziewać się można podczas pracy z dziećmi. Ponadto konstrukcja i sposób wytwarzania są wystarczająco proste, aby możliwe było szybkie stworzenie kolejnych modeli.

Po podłączeniu wybranych stylusów do urządzenia, istotą każdego z ćwiczeń jest doprowadzenie do połączenia się pośredniego tychże stylusów tak, aby obwód znajdujący się wewnątrz urządzenia został zamknięty, co doprowadzi do wydania przez urządzenie dźwięku. Tym sposobem terapeuta może dowolnie dobrać stylus do danego ćwiczenia.

Propozycje ćwiczeń oraz zastosowanych do nich stylusów to m.in. :

a) „Wodny Theremin” – polegający na wykorzystaniu stylusu C (rys.3. C) z końcówką w kształcie ryby oraz stylusu D (rys 3. D) z pastylką chwytaną. Końcówkę w kształcie ryby umieszcza się w misie wypełnionej wodą, dziecko natomiast trzyma w dłoni pastylkę chwytaną. Jeśli dziecko włoży dłoń do wody, to przy różnym położeniu dłoni dziecka w stosunku do ryby urządzenie wyda odpowiedni dźwięk.

b) „Ścieżki Grafitu” – polegające na wykorzystaniu stylusu B (rys.3. B) z końcówką w kształcie długopisu oraz stylusu A (rys.3. A). Terapeuta rysuje ołówkiem dowolny kształt na kartce papieru, mający początek u brzegu kartki tak, aby zacisnąć końcówkę stylusu A na narysowanym kształcie. Jeśli dziecko dotknie narysowanego kształtu końcówką długopisową stylusu B, to urządzenie wyda dźwięk.

c) „Labirynt Grafitu” – jest odwrotnym ćwiczeniem do „Ścieżki Grafitu”, gdzie dziecko ma za zadanie nie dotknąć narysowanych brzegów labiryntu.

d) „Dobre Karteczki” – polegające na wykorzystaniu stylusu F z wieloma końcówkami zaciskowymi oraz stylusu B z końcówką długopisową. Do każdej z końcówek zaciskowych dołącza się przygotowaną podkładkę, tak że tylko na jednej utworzona grafitem ścieżka łącząca ją z narysowanym u dołu podstawki punktem. Następnie nakłada się na podstawkę karteczki, a dziecko dotyka końcówką długopisową wybranej podstawki i jeśli wybrana została odpowiednia karteczka (np. na polecenie terapeuty „które zwierzę robi miau”, dziecko wybrało karteczkę z rysunkiem kota) urządzenie wyda dźwięk.

3.3. Dodatkowe moduły

Urządzenie wyposażone jest również w Moduł Literki przedstawiony na rys.4. Przykładem pracy z Modułem Literki jest ćwiczenie z wykorzystaniem uprzednio przygotowanych kart

z obrazkami: cztery karty umieszczone zostają na dedykowanych podstawkach, następnie aktywowane zostaje przełącznikiem ON/OFF w czarnym kolorze działanie odpowiadającego mu przycisku monostabilnego, dzięki czemu dziecko przy wyborze „aktywowanego” obrazka i naciśnięciu przycisku usłyszy dźwięk wydany przez urządzenie.

Możliwe jest aktywowanie więcej niż jednego przycisku, a w miejscu podstawek umieszczenie innych obiektów, takich jak np. figurki czy drobne przedmioty. Taki zabieg urozmaica ćwiczenia i wprowadza element zaskoczenia. Kolory przycisków monostabilnych dobrane zostały tak, aby umożliwić prowadzenie ćwiczeń, w których rozróżnianie kolorów jest kluczowym elementem. Obudowa modułu tak samo, wydrukowana została metodą FDM z materiału PLA w kolorze jasnej zieleni z dodatkiem brokatu tak, aby dodatkowo zachęcić użytkowników do pracy z urządzeniem.



Rys. 4. Moduł Literki

3.4. Pozostałe akcesoria

Aby wykorzystać cały potencjał urządzenia do wielu ćwiczeń potrzebne są również łatwo dostępne przedmioty codziennego użytku, takie jak ołówek, kartka czy miska z wodą oraz akcesoria typu: karty z obrazkami, karty pracy.

Karty z obrazkami są popularnym, graficznym sposobem przedstawiania wiedzy w trakcie zajęć z dziećmi. Wszystkie karty zawarte w pomocach edukacyjnych dostępnych w SOSW są kompatybilne z DiscoBulbulatorem, oraz użytkownik ma możliwość samodzielnego wykonania kart. Idea kart pracy polega na wykonaniu przez terapeutę na karcie wzoru, labiryntu, ścieżki łączącej dwa punkty. Terapeuta może dowolnie dostosować kształt czy wielkość wzorów, przystosowując karty do pracy z dziećmi z danego przedziału umiejętności manualnych. Wzór wykonuje się przewodnikiem, np. grafitem, przy pomocy ołówka.

Wykorzystywana w ćwiczeniu „Wodny Theremin”, woda pitna (wodociągowa) stanowi stymulator [7]. Podczas gdy w grze na instrumencie – thereminie, wykonuje się ruchy rękami wokół anten, w ćwiczeniu z DiscoBulbulatorem użytkownik manipuluje dźwiękiem poruszając dłonią w wodzie nalanej uprzednio do miski [8].

Punktami obwodu, które zetknięte zostaną z wodą jest stylus o końcówce w kształcie ryby, oraz dłoń użytkownika. Większość ćwiczeń dostosowana jest do dzieci z poważnymi zaburzeniami napięcia mięśniowego dłoni, zaburzeniami ruchowymi, dzięki zastosowaniu stylusu z opaską zaciskową. Tym sposobem wyeliminowana zostaje konieczność trzymania przez dziecko przedmiotu, a zamiast tego w ćwiczeniach może ono wykorzystać swoje dłonie.

3.5. Materiały przewodzące

Każdy z materiałów wykorzystywanych jako akcesorium posiada właściwości przewodzące. Dla materiałów izotropowych takich jak woda i grafit, rezystywność jest stała, oraz zachodzi zależność:

$$\rho = \frac{RS}{l} \quad (1)$$

Gdzie:

ρ – rezystywność [$\Omega \cdot m$]

R – rezystancja [Ω],

S – pole przekroju poprzecznego elementu [m^2],

l – długość elementu [m].

Do ćwiczeń zalecane jest użycie najłatwiej dostępnej wody pitnej, wodociągowej, której opór elektryczny właściwy w temperaturze pokojowej wynosi około $2,00 \cdot 10^{-1} [\Omega \cdot m]$. Natomiast opór elektryczny właściwy materiału w ołówku zależy od proporcji pomiędzy grafitem, a kaolinem zawartych w jego rdzeniu [13]. Im więcej grafitu występuje w rdzeniu, tym ołówek jest ciemniejszy oraz miększy, odnosząc się do skali w której oznaczenie H to zmniejszona, a B – zwiększona zawartość grafitu. Wykorzystanie do utworzenia karty pracy ołówka o oznaczeniu B, oznacza zmniejszoną rezystancję przewodnika, co usprawnia wykorzystanie karty pracy w ćwiczeniu z DiscoBulbulatorem.

Zachodzą różnice w dźwięku wydawanym przez urządzenie przy różnym położeniu końcówek stylusów w danym ośrodku. W ćwiczeniu „Wodny Theremin” użytkownik manipuluje dźwiękiem poruszając dłonią w wodzie nalanej uprzednio do miski, co reguluje wielkość nałożonej na układ rezystancji w zależności od odległości najdalszego punktu dłoni w stosunku do końcówki stylusu umieszczonego uprzednio w misie. Podobnie sytuacja wygląda przy wykorzystaniu kart pracy, gdzie w ćwiczeniu „Ścieżki Grafitu”, przykładając końcówkę długopisową w punkcie oddalonym o $\alpha > a'$, urządzenie wyda dźwięk odpowiednio cichszy i mniej wyraźny dla punktu α , w stosunku do punktu a' .

Praca z DiscoBulbulatorem umożliwia również wykorzystanie ciała człowieka jako części obwodu elektrycznego. Dużą zaletą urządzenia jest możliwość wykorzystania dłoni dziecka do wykonywania ćwiczeń, dzięki czemu uatrakcyjnione zostają zajęcia terapeutyczne i ułatwiona zostaje praca z dziećmi z niepełnosprawnościami ruchowymi. Ciało dziecka jest przewodnikiem anizotropowym, a jego impedancja zależy od czynników biofizycznych i rezystancji poszczególnych jego części. Rezystancja przejścia prądu elektrycznego przez skórę zależy od napięcia rażeniowego, powierzchni styku, siły docisku elektrody, zawilgocenia i stanu naskórka. Jedną z głównych przyczyn zmiany impedancji jest pocenie się dłoni dziecka w trakcie pracy terapeutycznej. Przepływ prądu przemiennego o wartości natężenia powyżej 50mA powoduje nieodwracalne negatywne skutki dla zdrowia i życia człowieka, a przy założonej wartości oporności ciała człowieka równej $1 k\Omega$, wiąże się to z przekroczeniem wartości napięcia równej 50V. DiscoBulbulator w obwodzie elektrycznym wykorzystuje maksymalnie 12% tej wartości. Zmiana impedancji ciała człowieka od napięcia rażeniowego dla suchego naskórka i drogi rażenia ręka-ręka maleje wraz ze wzrostem napięcia, natomiast napięcie wykorzystywane do prawidłowej pracy urządzenia jest niegroźne dla użytkownika przy stosownym wykorzystaniu stylusów, a droga przejścia napięcia elektrycznego przy

wykorzystaniu dłoni jest niewielka [9]. Opaska stylusu E nałożona zostaje na rękę dziecka, tak, że gdy dotknie ono przewodnika w postaci karty pracy, czy wody – napięcie pokonuje najkrótszą możliwą drogę, od końcówki palca wskazującego, do nadgarstka.

Niepożądany wpływ opisanych wyżej zjawisk na zmianę rezystancji, a co za tym idzie sygnału dźwiękowego urządzenia, użytkownik może kontrolować wykorzystując regulatory do korekty głośności oraz tonu dźwięku. W każdym z ćwiczeń sygnał dźwiękowy wykorzystywany jest nie tylko do sygnalizacji poprawności wykonywania ćwiczenia, ale również jako gratyfikacja, dlatego w urządzeniu zastosowano wyselekcjonowany głośnik, a podstawowy dźwięk wydawany przez urządzenie został przetestowany oraz skonsultowany ze specjalistami z SOSW, tak aby nie był drażniący ani nie zaburzał pracy dziecka.

4. WALIDACJA

W połowie roku akademickiego 2020/2021 DiscoBulbulator został przekazany terapeutom ze Specjalnego Ośrodka Szkolno-Wychowawczego z Dąbrowy Górniczej. Od tamtej pory urządzenie wraz z częścią stylusów jest czynnie wykorzystywane w trakcie zajęć terapeutycznych (rys.5). Stopniowo zasób akcesoriów uzupełniony został o kolejne stylusy oraz moduł. Do tej pory, urządzenie wykorzystane zostało w trakcie zajęć terapeutycznych podczas terapii SI, w pracowniach neurologopedycznych i tyflopedagogicznych, podczas zajęć z dziećmi z autyzmem, z Zespołem Downa, Mózgowym Porażeniem Dziecięcym, Zespołem Retta, oraz innymi schorzeniami. Użyteczność w ćwiczeniach w każdej z wyżej wymienionych dziedzin dowodzi uniwersalności zastosowania DiscoBulbulatora w pracy z różnymi grupami zaburzeń, oraz z różnymi grupami wiekowymi. Każdy ze specjalistów zajmujący się daną grupą zwrócił uwagę na inny aspekt pracy z urządzeniem. Terapeuci złożyli szereg pomysłów i próśb w stosunku do dalszego rozwoju urządzenia. W przyszłych iteracjach planowane jest wprowadzenie modyfikacji obudowy, powiększenie głównego korpusu, poszerzenie zasobu stylusów i modułów o nowe, innowacyjne rozwiązania. Rozważana jest zmiana sposobu zasilania urządzenia, co również pozytywnie przyczyniłoby się do zasilania dodatkowych modułów. Opinie dzieci na temat urządzenia okazały się być bardzo pozytywne. Ważny jest dla nich kolor obudowy, to że stylusy są przyjemne w dotyku. Kolejna iteracja powinna wyróżniać się nieszablonowymi oznaczeniami, zastosowaniem więcej niż jednego emitera sygnału gratyfikującego.



Rys. 5. Podopieczni SOSW ćwiczący z wodą (z lewej) oraz Modułem Literki (z prawej)

5. PODSUMOWANIE

Prace nad udoskonalaniem urządzenia cały czas trwają. Zaletą sprzyjającą rozwojowi DiscoBulbulatora jest prostota jego działania, wszechstronne zastosowanie oraz modułowość. Jako odpowiedź na potrzeby specjalistów z SOSW, interaktywne urządzenie do terapii motoryki małej i integracji sensorycznej spełnia podstawowe założenia, pozwalając na przeprowadzanie szeregu ćwiczeń terapeutycznych z wprowadzonym w ich przebieg gratyfikatorem w postaci sygnału dźwiękowego. Jest to jedna z niewielu tak wszechstronnych pomocy edukacyjnych, co pokazuje jak ważny jest kontakt z użytkownikiem oraz rozumienie jego potrzeb. Największym sukcesem jest uśmiech dzieci i zadowolenie podczas terapii, która stała się zabawą. Jeden mały użytkownik DiscoBulbulatora podczas wykonywania ćwiczenia ze stylusem o końcówce ryby oraz z misą wody mówił: „Bulga, robi bul bul bul! To jest BULBUL-atorek!”.

LITERATURE

- [1] Karga M.: Nieprawidłowa integracja sensoryczna jako składowa zaburzeń psychicznych występujących zarówno u dzieci, jak i młodzieży oraz dorosłych. „Psychiatria”, nr 13, 2016, s. 143-148.
- [2] A. Jean Ayres.: Dziecko a integracja sensoryczna. Harmonia Universalis, Gdańsk, 2015.
- [3] Maas, V. F.: Uczenie się przez zmysły. Wprowadzenie do teorii integracji sensorycznej. Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1998.
- [4] Karga M.: Terapia zabawą, „Dziecko”, listopad, 2007, s. 86-88.
- [5] Szmalec J., Wyszyński D.: Terapia ręki od A do Z. Wydawnictwo Harmonia, Gdańsk, 2019.
- [6] Wenczyński B.: Zaburzenia integracji sensorycznej oraz ich oddziaływanie na rozwój dziecka w wieku przedszkolnym – w oparciu o teorię i praktykę pedagogiczną. Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzejewskiego, Kraków, 2019.
- [7] Hutny K., Ogonowska-Słowodnik A.: Integracja sensoryczna w wodzie. „Wiedza w praktyce”, nr 3, 2017, s. 35-40.
- [8] Kenneth D. S., Lindsay M. R., Vivienne M. Brendan D, Craig F: Physics of the Theremin, American Journal of Physics, vol.66, 1998, p.945-955.
- [9] Gierlotka S.: Rażenie człowieka prądem stałym i jego skutki. „Bezpieczeństwo w przemyśle”, nr 10, 2014, s.108-111.
- [10] <https://www.integracjasensorycznasi.pl/> (19.04.2022)
- [11] <https://www.sklep-kajkosz.pl/> (19.04.2022)
- [12] <https://si-is.pl/> (19.04.2022)
- [13] <https://asbury.com/resources/education/science-of-graphite/> (19.04.2022)

DISCOBULBULATOR - AN INTERACTIVE DEVICE FOR THE FINE MOTOR SKILLS THERAPY AND SENSORY INTEGRATION

Abstract: DiscoBulbulator is an educational therapeutic device that works based on user making appropriate movements with a stylus, which results in gratification with a sound signal. The variety of styluses as well as additional modules and accessories allows to diversify exercises performed during therapy sessions. Basic

premise of the device is to close the cable path. The interactive device is designed to be used in fine motor skills therapy and sensory integration for children with various disabilities