

**Szymon HUDZIAK<sup>1</sup>, Małgorzata MUZALEWSKA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>SKN Ai-Meth, projekt Integral Senso, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska

<sup>2</sup>Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska

## **MOBILNE URZĄDZENIE DO NAUKI ALFABETU BRAILLE’A**

**Streszczenie:** W celu pomocy osobom niewidomym opracowano urządzenie mające za zadanie usprawnić proces nauki alfabetu Braille’a. Zastosowany został mechanizm wykorzystujący mikro serwomechanizmy, kontrolowany za pomocą aplikacji mobilnej łączącej się z urządzeniem za pomocą komunikacji bezprzewodowej. Zaprojektowane urządzenie jest częścią współpracy ze Specjalnym Ośrodkiem Szkolno-Wychowawczym w Dąbrowie Górniczej.

**Słowa kluczowe:** Braille, edukacja, niewidomi, mechanika

### **1. WSTĘP**

Urządzenie będące przedmiotem artykułu powstało jako pomoc edukacyjna w ramach współpracy Studenckiego Koła Naukowego Ai-Meth ze Specjalnym Ośrodkiem Szkolno-Wychowawczym w Dąbrowie Górniczej. Zgodnie z założeniami urządzenie miało służyć do usprawnienia procesu edukacji osób niewidomych i niedowidzących oraz tracących wzrok.

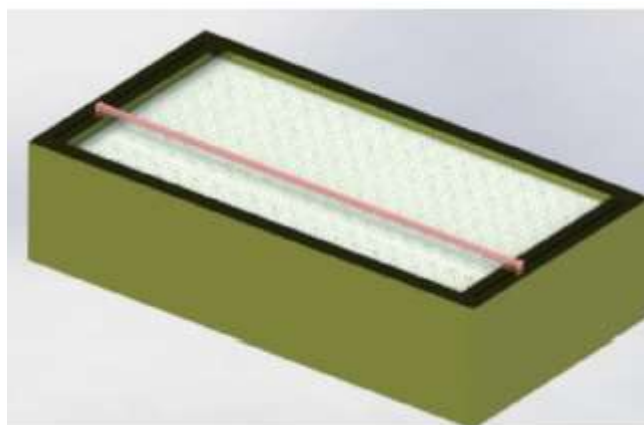
Osoby niewidome do czytania wykorzystują alfabet Braille’a. Jest to system, który polega na zapisie liter i liczb w formie sześciopunktu, czyli kombinacji wypukłych punktów ułożonych w 2 kolumnach, po 3 punkty w każdej. W prawidłowym sześciopunkcie, jeden taki punkt powinien mieć średnicę ok. 1,5 mm. Natomiast odległości pomiędzy poszczególnymi punktami powinny wynosić ok. 2,5 mm [1].

Popularnym rozwiązaniem, służącym do zamiany tekstu na jego reprezentację w alfabecie Braille’a, są monitory brajlowskie. Urządzenia te wykorzystują odwrotny efekt piezoelektryczny do podnoszenia lub opuszczania bolców tworzących sześciopunkt. Bolce te mają kształt zaokrąglonego walca i są umieszczone w otworach. Jedna komórka sześciopunktu zawiera sześć takich bolców w otworach. Takie urządzenia zazwyczaj posiadają od 20 do 80 komórek z sześciopunktami umieszczonymi obok siebie, tworząc poziomą linię, z której możliwe jest odczytywanie tekstu. Monitory brajlowskie służą przede wszystkim do korzystania z komputera przez niewidomych [2]. Przykład monitora brajlowskiego przedstawiono na rysunku 1. Wymiary tego przykładowego monitora to 310x119x18 mm, a jego waga to 825 g [3]. Z uwagi na skomplikowany mechanizm działania osiągają one wysokie ceny, przez co nie są dostępne dla każdego. Do tego przez ich gabaryty i wyświetlanie dużej ilości znaków mogą nie sprawdzić się z wysoką skutecznością w przypadku nauki alfabetu Braille’a, szczególnie dla dzieci.



**Rys.1. Przykład monitora brajlowskiego [3]**

Innym istniejącym rozwiązaniem jest wyświetlacz brajlowski wykorzystujący bimetaliczne aktuatory, czyli dwa połączone paski wykonane z dwóch różnych metali, posiadających inne właściwości rozszerzania się pod wpływem ciepła. Ogrzewanie lub schładzanie takiego akтуatora powoduje jego wyginanie się. W tym urządzeniu, bolce tworzące sześciopunkt zostały osadzone na sprężynie i połączone z bimetalicznymi paskami, które po podgrzaniu wyginają się i umożliwiają ruch sprężynie wypychającej bolca. Schłodzenie akтуatora powoduje ściśnięcie sprężyny i wciągnięcie bolca z powrotem do wnętrza urządzenia. Aktuatory podgrzewane są poprzez podłączenie ich do napięcia. Do ich schładzania wykorzystywane są wiatraki. Urządzenie posiada kilkadziesiąt komórek pozwalających wyświetlać znaki alfabetu Braille'a [4]. Model urządzenia jest przedstawiony na rysunku 2. Wymiary główne omawianego urządzenia nie zostały podane przez jego autorów. Niedogodnością jest w tym przypadku stosowanie w urządzeniu komponentów niedostępnych powszechnie na rynku, co prowadzi do wzrostu kosztów urządzenia oraz utrudnia jego naprawę w przypadku uszkodzenia.



**Rys.2. Model ostatecznej postaci wyświetlacza dotykowego dla niewidomych [4]**

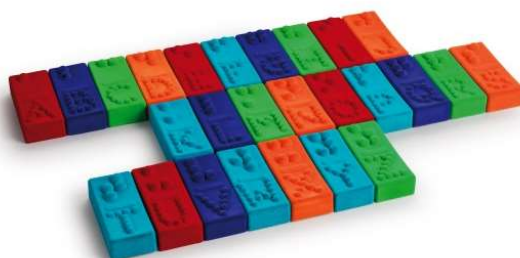
Dostępne jest również urządzenie wyświetlające znaki w alfabecie Braille'a wykorzystujące stopy metali z pamięcią kształtu. Mechanizm wyświetlania znaków wykorzystuje bolce osadzone na sprężynie, połączone z drutem z pamięcią kształtu. Po podgrzaniu drutu za

pomocą prądu elektrycznego dochodzi do jego skurczenia, co powoduje wciągnięcie bolca do wnętrza urządzenia i ściśnięcie sprężyny. Odłączenie zasilania doprowadza do schłodzenia drutu i rozciągnięcia sprężyny. Bolec jest wypychany z powrotem do góry, a drut wydłuża się, co umożliwia wykonanie kolejnego cyklu. W przypadku omawianego urządzenia wykorzystującego stop z pamięcią kształtu, ilość sześciopunktów może być modyfikowana zwiększając lub zmniejszając liczbę modułów, gdzie jeden moduł zawiera pięć sześciopunktów [1]. Na rysunku 3 zostało przedstawione gotowe urządzenie w trakcie użytkowania. Twórcy urządzenia nie podali jego dokładnych wymiarów. Wadą tego rozwiązania jest konieczność podłączenia urządzenia do sieci elektrycznej, ze względu na konieczność pobierania dużej ilości energii do podgrzewania drutów. Ogranicza to miejsca, w których urządzenie mogłoby być stosowane do tych z dostępem do sieci energetycznej.



Rys.3. Urządzenie wykorzystujące materiał z pamięcią kształtu w trakcie użytkowania [1]

W celu nauczania alfabetu Braille'a stosowane są również klocki brajlowskie. Mają one postać prostopadłościanów, na których wytłoczone są znaki w alfabecie Braille'a [5]. Największym problemem w przypadku tego rozwiązania jest to, że znaki na klockach są znacznie powiększone w stosunku do rzeczywistych wymiarów sześciopunktu. Oznacza to, że takie klocki można stosować jedynie do nauki położenia bolców w określonych znakach, a nie do czytania tekstu zapisanego alfabetem Braille'a. Przykład klocków do nauki alfabetu Braille'a zaprezentowany został na rysunku 4.



Rys.4. Klocki brajlowskie [5]

Często stosowanym urządzeniem do uczenia alfabetu Braille'a są również drukarki brajlowskie. Użytkownik takiej maszyny może przesłać do niej tekst z komputera lub wprowadzić go ręcznie. Urządzenie następnie wytłacza wprowadzone znaki w alfabecie

Braille'a na specjalnych arkuszach i umożliwia czytanie ich osobom niewidomym [6]. Niedogodnością przy korzystaniu z tego urządzenia jest konieczność używania specjalnego papieru do wydruku oraz brak możliwości zmiany raz wydrukowanego tekstu. W tym celu konieczne jest wykonanie nowego wydruku. Przykładowa drukarka brajlowska została przedstawiona na rysunku 5.



Rys.5. Drukarka brajlowska [6]

## 2. CHARAKTERYSTYKA OPRACOWANEGO MOBILNEGO URZĄDZENIA DO NAUKI ALFABETU BRAILLE'A

Skonstruowane urządzenie służy do nauki alfabetu Braille'a poprzez wyświetlanie pojedynczych znaków alfabetu Braille'a. Odbywa się ono poprzez wybijanie bolców z korpusu urządzenia oraz wciąganie ich z powrotem do wnętrza za pomocą mechanizmu złożonego z dźwigni i serwomechanizmów. Dzięki temu osoba niewidoma może odczytać znak za pomocą dotyku. Urządzenie ma na celu poprawienie jakości nauczania alfabetu Braille'a poprzez wyeliminowanie niedogodności związanych z innymi przyrządami dostępnymi na rynku. Wprowadzanie tekstu przeznaczonego do wyświetlenia odbywa się w czasie rzeczywistym za pośrednictwem aplikacji. Urządzenie ma postać prostopadłościanu o wymiarach 200x170x62 mm oraz wadze 620 g. Na jego górnej ścianie znajduje się sześciopunkt (o standardowych wymiarach czyli z bolcami o średnicy 1,5 mm i odległościami między nimi wynoszącymi 2,5 mm) oraz przyciski do jego obsługi (przycisk włącz/wyłącz oraz przyciski do przewijania kolejnych liter). Niewielkie gabaryty i waga urządzenia sprawia, że jest ono mobilne, czyli łatwo je przenieść w dowolne miejsce. Urządzenie posiada własne zasilanie w postaci 6 baterii AA, przez co użytkownik nie jest uzależniony od dostępu do sieci energetycznej.

### 2.1. Konstrukcja urządzenia

Do przyjętych założeń technicznych urządzenia należały:

- możliwość wyświetlania jednego sześciopunktu;
- bezprzewodowość;
- minimalizacja wymiarów zewnętrznych;
- minimalizacja wagi;
- minimalizacja ceny;
- obsługa za pomocą aplikacji mobilnej.

Najważniejszym elementem całego urządzenia jest mechanizm podnoszenia bolców w sześciopunkcie. Opracowanie go było kluczowe i jednocześnie najbardziej kłopotliwe

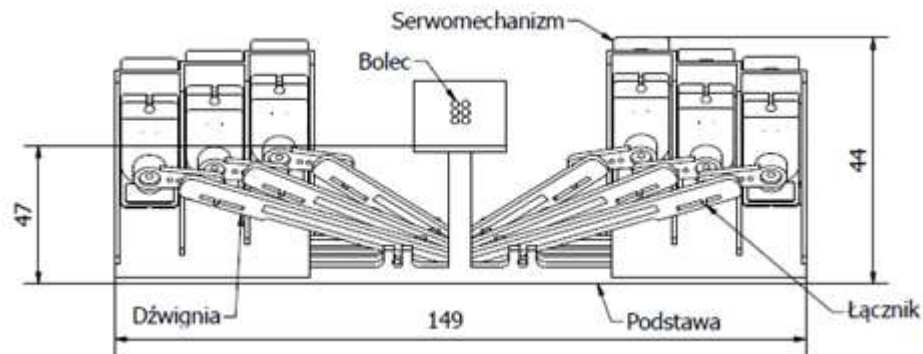
z uwagi na wymaganą precyzję mechanizmu związaną z niewielkimi wymiarami sześciopunktu. Cały sześciopunkt powinien zawrzeć się w prostokącie o wymiarach 7x4 mm. Jeśli wymiary sześciopunktu zostałyby zbyt mocno zmienione w stosunku do rzeczywistych, istniałoby ryzyko, że osoba niewidoma nie będzie w stanie go odczytać na co zwracali uwagę specjaliści z SOSW w Dąbrowie Górniczej.

Początkowa koncepcja mechanizmu zakładała wykorzystanie siły magnetycznej. W pokrywie sześciopunktu umieszczone byłyby elektromagnesy, których zadaniem byłoby podnoszenie bolców poprzez przyciąganie metalowych elementów, które byłyby do nich przytwierdzone. Po przeprowadzeniu testów dotyczących siły elektromagnesu w zależności od jego rozmiarów, liczby zwojów oraz zasilania, okazało się jednak, że koncepcja ta będzie trudna do zrealizowania w rzeczywistości. Skonstruowane wystarczająco silnego elektromagnesu do podniesienia bolca, wymaga dużej liczby zwojów nawiniętych na rdzeń oraz mocnego zasilania. Pod pojedynczym sześciopunktem znajduje się jedynie kilka milimetrów wolnego miejsca, co uniemożliwia umieszczenie tam elektromagnesu o zadowalających parametrach.

Podjęta została próba zmodyfikowania działania mechanizmu tak, aby elektromagnesy przyciągały dźwignie wyprowadzone na boki sześciopunktu, których zadaniem byłoby podnoszenie bolców. Takie rozwiązanie umożliwia zastosowanie większych elektromagnesów, jednakże występuje wtedy znacznie większe zapotrzebowanie prądowe i konieczne byłoby zasilanie z sieci elektrycznej, a jednym z założeń urządzenia jest jego mobilność. Co więcej, elektromagnes w trakcie działania wytwarzają dużo ciepła, co niekorzystnie oddziaływałoby na urządzenie i mogło stwarzać potencjalne zagrożenie dla użytkownika przy długotrwałym korzystaniu z urządzenia. Konieczne byłoby wtedy wykonanie obudowy z materiału odpornego na temperaturę lub zastosowanie chłodzenia. Z tych powodów koncepcja stosowania siły magnetycznej w urządzeniu została porzucona.

Alternatywne wykonanie mechanizmu opierało się na wykorzystaniu drutu wykonanego z materiału z pamięcią kształtu. Jest to rozwiązanie podobne do opisanego we wcześniejszym rozdziale, jednakże w tym przypadku wytwarzany byłby tylko jeden sześciopunkt, co sprawia, że zasilanie bezprzewodowe byłoby wystarczające. Zakładało ono przewleczenie przez każdy boliec takiego drutu oraz oparcie bolca o sprężynę, co zapobiegłoby jego wpadnięciu do wnętrza urządzenia pod wpływem grawitacji. W tym przypadku wszystkie bolce byłyby początkowo wysunięte ponad płaską powierzchnię. Pod wpływem działania prądu następowałoby kurczenie się drutu i wciągnięcie bolca pod powierzchnię. Po odłączeniu zasilania, sprężyna wypychałaby go z powrotem do góry. Niestety na rynku niedostępne były komponenty z właściwymi parametrami. Próby skonstruowania mechanizmu podjęte na innych komponentach zakończyły się niepowodzeniem, gdyż druty były zbyt słabe, aby wciągnąć boliec. Co więcej do zmiany kształtu wymagały one dużej ilości prądu w krótkim czasie, co prowadzi do podobnych problemów jak w przypadku elektromagnesów.

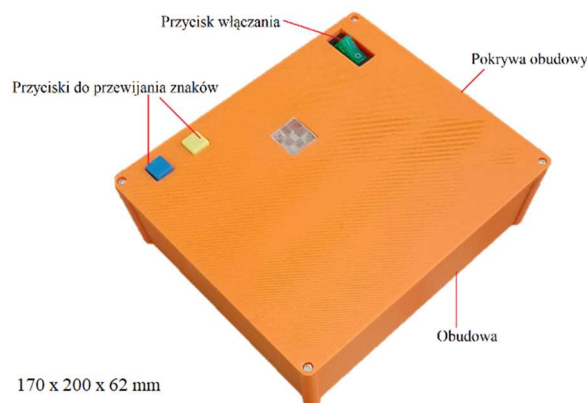
Ostatecznie mechanizm ten został skonstruowany wykorzystując jeden z wcześniejszych pomysłów zakładających zastosowanie dźwigni. Jednakże zamiast elektromagnesów, poruszane są przez mikro serwomechanizmy zdolne obracać swoją oś o 180 stopni. Takie rozwiązanie sprawia, że układ jest czysto mechaniczny i przez to bardziej niezawodny. Co więcej, serwomechanizmy nie są w tym układzie znacznie obciążone, przez co nie pobierają one dużo prądu, co znacznie wydłuża czas pracy urządzenia. Realizacja tego mechanizmu została przedstawiona na rysunku 6.



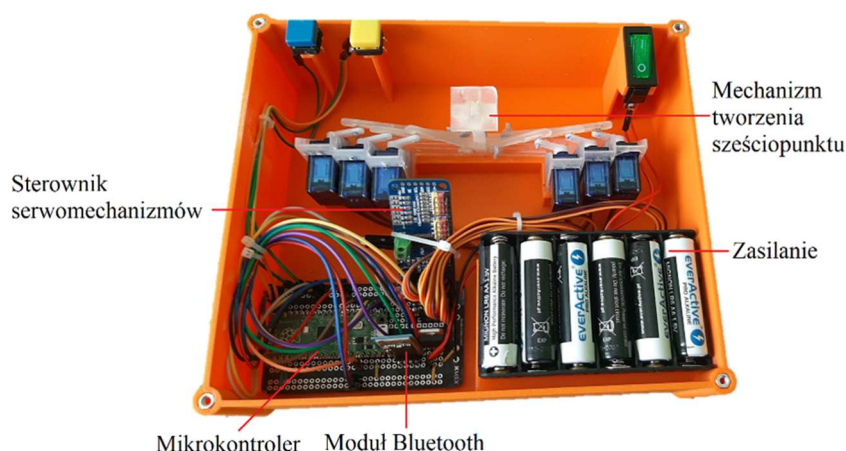
Rys.6. Mechanizm podnoszenia bolców sześciopunktu

Zgodnie z rysunkiem 6, centralną część mechanizmu stanowi podstawa, do której mocowane są pozostałe elementy. Orczyki serwomechanizmów są połączone z dźwigniami za pomocą łączników wykonanych ze stalowych drutów, zamocowanych na stałe w otworach orczyków. Otwory w dźwigniach, przez które przechodzą łączniki, mają podłużny kształt, aby nie doszło do zablokowania serwomechanizmu w trakcie ruchu. Podstawa mechanizmu, dźwignie oraz bolce są elementami, które muszą być wykonane z dużą precyzją, aby układ mógł działać poprawnie. Z tego względu, elementy te zostały wykonane z wykorzystaniem druku 3D metodą SLA.

Sterowanie serwomechanizmami w urządzeniu odbywa się za pośrednictwem mikrokontrolera Raspberry Pi Pico i sterownika serwomechanizmów PCA9685. To, jakie bolce zostaną w danym momencie podniesione lub opuszczone jest określone przez mikrokontroler na podstawie informacji odebranych od połączonego z nim modułu komunikacji bezprzewodowej. Oprócz tego urządzenie zawiera 2 przyciski służące do przewijania aktualnie wyświetlanego znaku w przypadku wysłania do urządzenia więcej niż 1 litery, a także przycisk służący do włączania i wyłączania urządzenia. Wszystkie te elementy wraz z zasilaniem są umieszczone w obudowie wykonanej z wykorzystaniem druku 3D metodą FDM. Obudowa jest wykonana inną metodą niż sam mechanizm sześciopunktu, gdyż nie wymaga ona aż tak dużej dokładności, ani nie musi wytrzymywać wysokich temperatur. Wykonanie całego urządzenia zostało przedstawione na rysunku 7 oraz rysunku 8.



Rys.7. Zewnętrzna postać urządzenia



Rys.8. Rozłożenie komponentów wewnątrz urządzenia

## 2.1. Funkcjonalność

Urządzenie służy przede wszystkim do nauki alfabetu Braille'a i z tego powodu zakłada się udział dwóch osób podczas korzystania z niego. Pierwszą osobą jest nauczyciel, który wprowadza żądany tekst do aplikacji mobilnej po nawiązaniu połączenia z urządzeniem poprzez Bluetooth. Drugą osobą jest uczeń, którego zadaniem jest odczytanie danego tekstu w formie alfabetu Braille'a. Aplikacja wykorzystywana do obsługi urządzenia musi posiadać możliwość nawiązania połączenia z modułem komunikacji bezprzewodowej w urządzeniu oraz terminal, za pomocą którego wprowadzane będą dane.

Tekst wprowadzany w aplikacji może zawierać zarówno pojedyncze litery lub liczby, jak i całe słowa lub zdania. Po odebraniu wprowadzonych znaków przez moduł komunikacji bezprzewodowej, zostają one przesłane do mikrokontrolera, który konwertuje je na znaki alfabetu Braille'a poprzez określenie, które bolce należy podnieść, a które opuścić. Ta informacja zostaje przekazana do sterownika serwomechanizmów. Stosowanie sterownika jest konieczne, gdyż prąd pobierany przez serwomechanizmy mógłby uszkodzić kontroler w przypadku bezpośredniego połączenia. Następnie dochodzi do ruchu określonych serwomechanizmów i utworzenia sześciopunktu ponad płaską pokrywę urządzenia. Do przekazania napędu z serwomechanizmów na dźwignie, podnoszące i opuszczające bolce, wykorzystywane są łączniki przytwierdzone do orczyków. Do prawidłowego funkcjonowania urządzenie wymaga zasilania złożonego z 6 baterii AA.

Osoba korzystająca z urządzenia ma możliwość przejścia do wyświetlania następnego lub poprzedniego znaku za pomocą dedykowanych przycisków. Dzięki zachowaniu wymiarów sześciopunktu, osoby korzystające z urządzenia nie powinny mieć problemu z odczytywaniem znaków na urządzeniu.

## 3. PODSUMOWANIE

Mobilne urządzenie do nauki alfabetu Braille'a spotkało się z bardzo pozytywnym odzewem ze strony SOSW w Dąbrowie Górniczej. Najważniejszymi zaletami w stosunku do rozwiązań dostępnych na rynku jest prostota wykonania połączona z mobilnością urządzenia.

Dzięki stosowaniu rzeczywistych wymiarów sześciopunktu, minimalizowana jest szansa na niepoprawne odczytanie znaku i proces nauki zostaje znacznie usprawniony. Poprzez zastosowanie sterowania za pomocą aplikacji, obsługa urządzenia staje się znacznie wygodniejsza niż w przypadku podobnych urządzeń. Dodatkowo komponenty, z których złożone jest urządzenie są łatwo dostępne i tanie, przez co koszt wykonania tego urządzenia jest znacznie niższy od tych dostępnych na rynku. Wszystko to sprawia, że urządzenie to jest w stanie konkurować z rozwiązaniami stosowanymi do tej pory.

Dalszy rozwój urządzenia może doprowadzić do jeszcze większej miniaturyzacji oraz usprawnienia jego działania. Cały czas prowadzone są konsultacje z SOSW w Dąbrowie Górniczej w celu wprowadzania dodatkowych udoskonaleń. W planach jest również stworzenie drugiego wariantu urządzenia, w którym umieszczonych byłoby kilka sześciopunktów. Umożliwiłoby to szybszą naukę czytania osobom, które posiadają już podstawowe umiejętności.

## LITERATURA

- [1] Singhal A., Jain P., Chanana P., Jain D., Paul R., Balakrishnan M., Rao P. V. M.: Application of Shape Memory Alloy (SMA) Based Actuation for Refreshable Display of Braille, 2013
- [2] Runyan N.H., Carpi F.: Seeking the ‘holy Braille’ display: might electromechanically active polymers be the solution?, Expert Review of Medical Devices, vol. 8, no. 5, 2011, p.529-532
- [3] <https://lumen.pl/p/23/368/qbraille-xl-notatniki-i-monitory-sprzet-brajlowski-oferta.html> (27.04.2022)
- [4] Sharma R.M. , Katiyar S, Singh S.: Mechanism Design for Improved Resolution in Refreshable Tactile Graphics, International Journal of Science and Research, vol. 8, no. 10, 2019, p.289-295
- [5] <https://zabawkismart.pl/sklep/zabawka-sensoryczna-klocki-do-nauki-jezyka-braille/> (27.04.2022)
- [6] <https://www.harpo.com.pl/zakupy/sprzet-dla-niewidomych-i-slabowidzacych/drukarki-i-maszyny-brajlowskie/> (27.04.2022)

## MOBILE DEVICE FOR THE BRAILLE ALPHABET LEARNING

**Abstract:** The device was developed in order to help the blind and visually impaired people and make the process of learning the Braille alphabet easier for them. The mechanism used in the device consists of micro servomechanisms controlled by a mobile application through wireless communication. Creation of the device is part of the cooperation with the SOSW in Dąbrowa Górnicza.