

doi:10.15199/48.2024.08.21

O możliwości ekspresji emocji przez maskę twarzy pokrytą proszkiem ferromagnetycznym aktywowanym za pośrednictwem pola magnetycznego

Streszczenie. Artykuł omawia badania możliwości ekspresji emocji przez maskę ludzkiej twarzy pokrytą proszkiem ferromagnetycznym, którego rozkład przestrzenny jest sterowany za pośrednictwem pola magnetycznego. Maska twarzy, wykonana w technologii druku 3D, zawiera kasetki odwzorowujące wyselekcjonowane obszary anatomiczne. Rolę wzbudników, wytwarzających pole magnetyczne i sterujących rozkładem proszku ferromagnetycznego w obrębie kaset, spełniają miniaturowe magnesy trwałe, rozmieszczone w odpowiednich minicelkach w matrycy wzbudników.

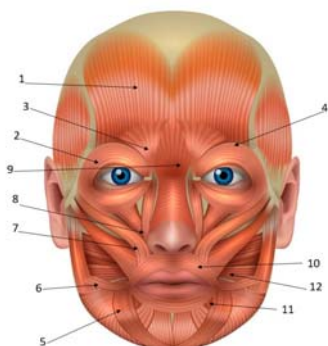
Abstract. The article discusses research on the possibility of expressing emotions through a human face mask covered with ferromagnetic powder, the spatial distribution of which is controlled by a magnetic field. The face mask, made using 3D printing technology, contains cassettes mapping selected anatomical areas. The role of exciters, generating a magnetic field and controlling the distribution of ferromagnetic powder within the cassettes, is played by miniature permanent magnets arranged in appropriate minicells in the inductor matrix. **(About the possibility of expressing emotions through a face mask covered with ferromagnetic powder activated by a magnetic field).**

Słowa kluczowe: roboty humanoidalne, ekspresja emocji, maska z proszkiem ferromagnetycznym, maska sterowana polem magnetycznym

Keywords: humanoid robots, expressions of emotions, ferromagnetic powder face mask, magnetic field controlled mask

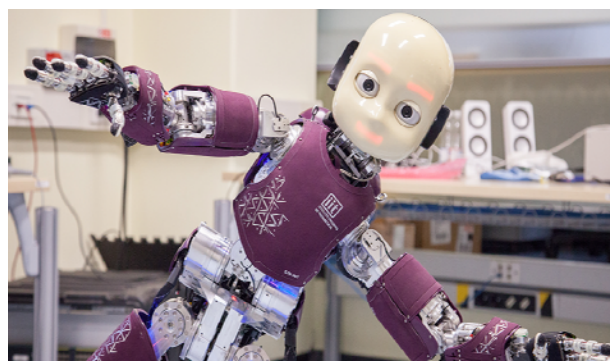
Wstęp

Dynamicznie rozwijającym się działem współczesnej robotyki jest robotyka humanoidalna, której celem jest konstrukcja robotów przypominających swoją strukturą oraz działaniem budowę i zachowanie istoty ludzkiej. Wiele uwagi poświęca się rozwiązaniom konstrukcyjnym głowy robota, a w szczególności części przedniej – maski, która stanowi odpowiednik ludzkiej twarzy. Szczególnym wyzwaniem jest stworzenie możliwości wyrażania przez maskę emocji przy pomocy mimiki, czyli – innymi słowy – nadanie masce zdolności do mimicznej ekspresji uczuć oraz stanów emocjonalnych. U człowieka ta zdolność do ekspresji mimicznej jest ściśle związana z mięśniami twarzowymi, przez które przechodzą nerwy twarzy [1]. Mięśnie te są zgrupowane głównie wokół oczodołów, ust oraz nosa. Od ich stanów aktywacji, jak też od ruchów gałek ocznych zależy wyraz twarzy, oddające w danej chwili przez człowieka emocje i charakteryzujące jego nastrój [2]. Umieszczenie głównych mięśni, które są odpowiedzialne za ruchy mimiczne twarzy, prezentuje rysunek 1.



Rys.1. Główne mięśnie twarzy odpowiadające za ruchy mimiczne: brzusiec czołowy (1), mięsień okrężny oka (2), obniżacz brwi (3), mięsień marszczący brwi (4), prawy obniżacz kąta ust (5), mięsień śmiechowy (6), mięsień jarzmowy większy (7), dźwignic wargi górnej i skrzydła nosa (8), mięsień podłużny (9), mięsień okrężny ust (10), lewy obniżacz kąta ust (11), lewy mięsień śmiechowy (12) [2]

W robotyce humanoidalnej podejmuje się próby nadania masce właściwości mimicznych poprzez umieszczenie w wyselekcjonowanych miejscach maski aktuatorów, zmieniających położenie i kształt wybranych elementów twarzy np. oczu, warg, czy też nosa [3]. Rozwiązanie takie w odniesieniu do gałek oczu zastosowano w robocie iCub, pokazanym na rysunku 2.



Rys.2. Robot humanoidalny iCub, w którym ruch gałek ocznych jest realizowany za pomocą aktuatorów [6]

Czynione są również próby pokrycia maski syntetyczną „sztuczną skórą” (materiałem kompozytowym imitującym ludzką skórę), wyposażoną w cięgna zdolne do zmiany długości pod wpływem sygnałów sterujących, czego skutkiem jest zmiana kształtu powierzchni maski i powstawanie w jej określonych fragmentach zmarszczek, bruzd, czy też fałdów skóry [4]. Przykładem robota humanoidalnego, w którym zmiana wyrazu maski twarzy odbywa się za pomocą cięgien umieszczonych pod „sztuczną skórą”, jest robot Sophia zbudowany przez firmę Hanson Robotics, przedstawiony na rysunku 2 [7].

Celem wstępnych badań, przedstawionych w niniejszym referacie, jest rozeznanie możliwości ekspresji emocji przez maskę pokrytą proszkiem ferromagnetycznym, którego rozkład przestrzenny w obrębie wybranych fragmentów twarzy jest kształtowany za pomocą pola magnetycznego [5]. Realizacja tego zadania wymagała w pierwszej fazie

zapoznania się z budową ludzkiej twarzy oraz rolą i funkcjami różnych jej mięśni (rys. 1), a następnie – wyodrębnienia charakterystycznych cech geometrycznych odpowiadających różnym stanom emocjonalnym, możliwych do odwzorowania środkami technicznymi na masce twarzy [8].



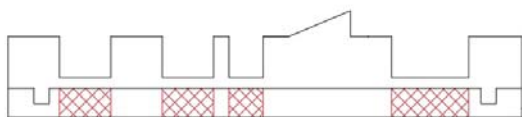
Rys.3. Robot humanoidalny Sophia, w którym wyraz twarzy jest kształtowany za pomocą cięgien [7]

Projekt i wykonanie maski twarzy

W psychologii wyróżnia się 7 podstawowych stanów emocjonalnych. Są to: radość, smutek, gniew, zdziwienie, zniesmaczenie, strach oraz obojętność (neutralny stan odniesienia). Możliwość ekspresji tych stanów emocjonalnych jest związana z różnymi obszarami anatomicznymi twarzy, ale dominujące znaczenie mają cztery spośród nich: bruzda brwiowa, brwi (ich para), oczy (ich para) oraz usta. Przebiegający przez te obszary nerw twarzowy zmienia ich ułożenie i kształt. Na opracowywanym, wyidealizowanym i uproszczonym modelu twarzy, postawiono uwzględnić 4 powyższe najistotniejsze obszary anatomiczne. Założono również, że maska twarzy będzie ułożona poziomo (horyzontalnie), co powoduje, że nie jest konieczne zabezpieczenie proszku przed jego wypadnięciem.

Zaprojektowana maska twarzy, zdolna do ekspresji emocji przy wykorzystaniu proszku ferromagnetycznego, składa się z 2 poziomych warstw umieszczonych jedna nad drugą, uwidocznionych na rysunku 4:

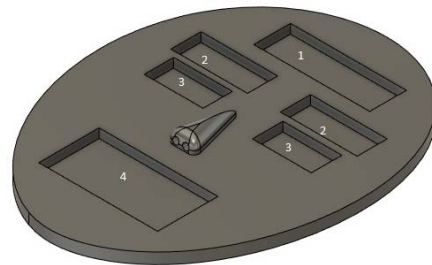
- podobizny twarzy, wykonanej z filamentu (polilaktydu PLA) w technologii druku 3D, w obrębie której mieści się zestaw prostokątnych kaset, odpowiadających wyróżnionym najistotniejszym obszarom anatomicznym,
 - matrycy wzbudników, odpowiedzialnych za wytwarzanie zadanego rozkładu przestrzennego pola magnetycznego.
- Na obecnym etapie rozwoju badań przyjęto, że wzbudnikami będą pastylkowe miniatury magnesy trwałe. Przekrój poprzeczny 2-warstwowej maski jest przedstawiony w sposób schematyczny na rysunku 4.



Rys.4. Poprzeczny przekrój maski twarzy, składającej się z 2 warstw: polilaktydowej podobizny twarzy z uwidocznionymi prostokątnymi kasetami na proszek ferromagnetyczny (warstwa wierzchnia) oraz matrycy wzbudników, w której lokowane są miniatury magnesy trwałe (warstwa spodnia)

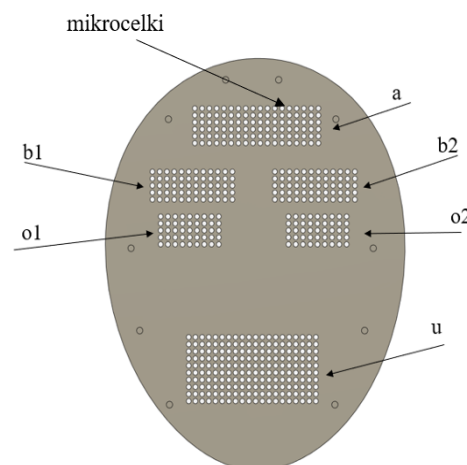
Wydrukowaną polilaktydową podobiznę twarzy wraz z prostokątnymi kasetami prezentuje rysunek 5. Jak

wskazano wcześniej, kasety służą jako pojemniki na proszek ferromagnetyczny. Eksperymenty prowadzono z użyciem zakupionego proszku ferromagnetycznego o granulacji 60 mikrometrów.



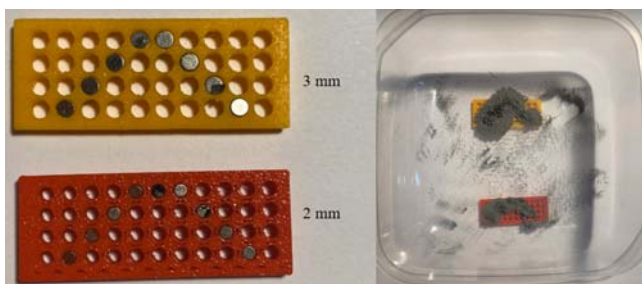
Rys.5. Polilaktydowa podobizna twarzy zawierająca kasety na proszek ferromagnetyczny, odpowiadające głównym obszarom anatomicznym twarzy: kasetę bruzdy brwiowej (1), dwie kasety łuków brwiowych (2), dwie kasety oczu (3) oraz kasetę ust (4)

Matrycę wzbudników, również wykonaną w technologii druku 3D z tego samego filamentu (polilaktydu PLA), przedstawiono na rysunku 6. Polilaktydowa podobizna twarzy jest połączona z matrycą wzbudników za pomocą połączeń wpustowych typu „walec – stożek”, pozwalających na stabilne zespolenie obu części (wydruków). Matryca w fragmentach, odpowiadających kasetom podobizny maski twarzy (rysunek 5) posiada komory, mieszczące macierzowo rozmieszczone minicelki o przekroju kołowym, przeznaczone do umieszczania w nich wzbudników magnetycznych (miniaturowych magnesów trwałych). Komory te będą dalej nazywane macierzami minicelki. Poprzez zmianę rozkładu wzbudników, który to rozkład określa tzw. kod matrycy, uzyskuje się zmianę przestrzennego rozkładu proszku ferromagnetycznego, a w konsekwencji zmianę mimiki twarzy.



Rys.6. Rozkład matrycy minicelki na matrycy wzbudników: macierz minicelki dla bruzdy brwiowej (a), 2 macierze minicelki odpowiednio dla lewego i prawego łuku brwiowego (b1 i b2), 2 macierze minicelki odpowiednio dla oka lewego i prawego (o1 i o2) oraz macierz minicelki dla ust (u)

Rozważono wykorzystanie pastylkowych magnesów trwałych o wysokości 2 mm oraz o dwóch różnych średnicach 2 mm i 3 mm. Jak widać na rysunku 7, lepsze efekty w wyostrzeniu konturów, przekładające się w konsekwencji na lepsze wyostrzenie rysów maski twarzy, uzyskuje się przy magnesach o średnicy 2 mm (matryca czerwona).

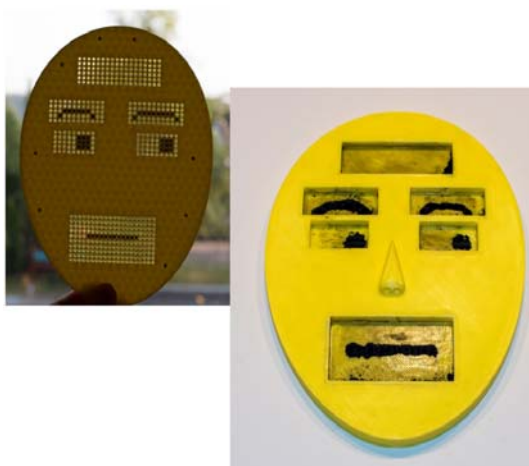


Rys.7. Porównanie zachowania się proszku ferromagnetycznego w polu magnetycznym, wytworzonym przez magnesy o średnicach : 3 mm (matryca żółta) oraz 2 mm (matryca czerwona)

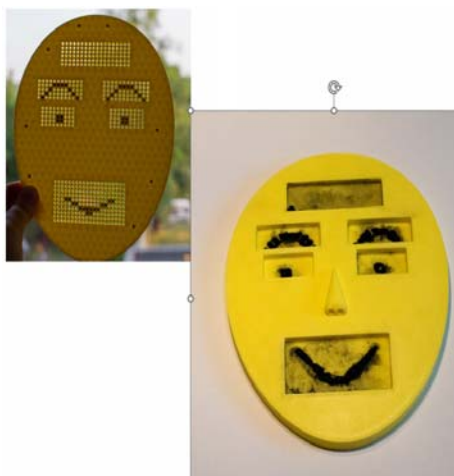
W kolejnym etapie badań planuje się zastąpienie miniaturowych magnesów trwałych miniaturowymi wzбудnikami elektro-magnetycznymi, sterowanymi przez układ mikro-procesorowy.

Badanie eksperymentalne zdolności maski do ekspresji wybranych stanów emocjonalnych

Poniżej przedstawiono przykładowo wygląd maski twarzy i kody matrycy wzбудników dla stanu: spojrzenie w prawo (rys.8) oraz dla trzech stanów emocjonalnych: radość (rys.9), smutek (rys. 10) i strach (rys. 11).



Rys.8. Kod dla matrycy magnesów oraz wygląd maski twarzy dla stanu : spojrzenie w prawo



Rys.9. Kod dla matrycy magnesów oraz wygląd maski twarzy dla stanu emocjonalnego : radość



Rys.10. Kod dla matrycy magnesów oraz wygląd maski twarzy dla stanu emocjonalnego : smutek



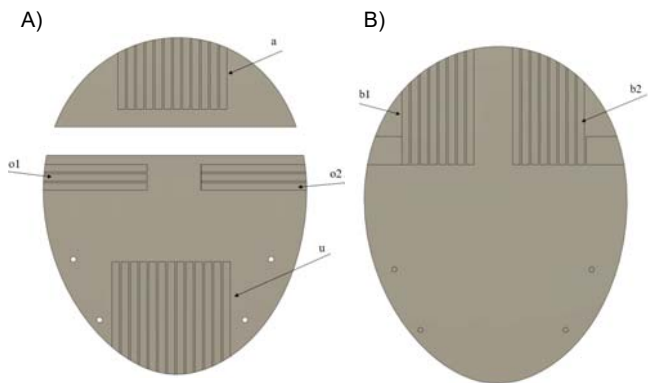
Rys.11. Kod dla matrycy magnesów oraz wygląd maski twarzy dla stanu emocjonalnego : strach

Jak widać na powyższych rysunkach, jest możliwe uzyskanie wyglądu maski twarzy odzwierciedlającej różne stany emocjonalne człowieka, stąd też celowe wydaje się prowadzenie dalszych badań masek pokrytych warstwą proszku ferromagnetycznego o rozkładzie sterowanym polem magnetycznym.

Należy zwrócić uwagę, że układanie miniaturowych magnesów trwałych w macierzach minicelek na matrycy wzbudników, jest bardzo pracochłonne i żmudne. Istotnym problemem jest również to, że relatywnie silne pola magnetyczne miniaturowych magnesów trwałych, mocno na siebie wzajemnie oddziałują, a konsekwencją tego są znaczne trudności, związane z umieszczaniem magnesów trwałych w sąsiadujących otworach (magnesy wykazują tendencję do wyskakiwania z otworów). Stąd też postanowiono rozważyć maskę twarzy o innej, zmodyfikowanej budowie, w której w każdym wierszu macierzy minicelek będzie się znajdował tylko jeden miniaturowy magnes trwały, umieszczony na stałe na przesuwnej pasku elementarnym.

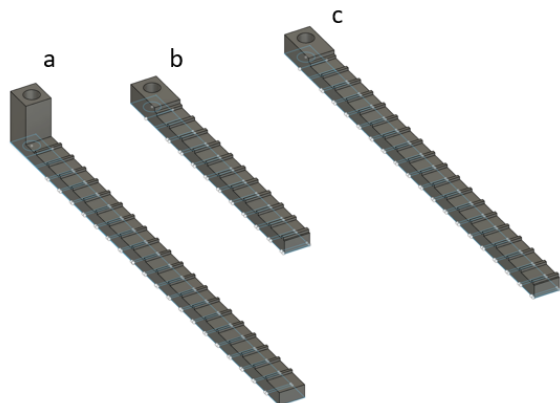
Projekt i wykonanie zmodyfikowanej maski twarzy z elementarnymi paskami przesuwными

Zmodyfikowana maska twarzy różni się od maski w wersji standardowej, przedstawionej w poprzednich rozdziałach, budową matrycy wzbudników. Matryca wzbudników składa się z 2 warstw: części wierzchniej oraz części spodniej, przedstawionych na rysunku 12.



Rys.12. 2-warstwowa 3-częściowa matryca wzbudników dla zmodyfikowanej maski twarzy A) część wierzchnia, zawierająca zmarszczkę brwiową (a), lewe oko (o1), prawe oko (o2) oraz usta (u) B) część spodnia, zawierająca lewy łuk brwiowy (b1) oraz prawy łuk brwiowy (b2)

Warstwa wierzchnia (rys. 12 A) jest złożona z dwóch oddzielnych części, zaś warstwa spodnia (rys. 12 B) jest jednoczęściowa. Warstwy są podzielone - w zależności od ich lokalizacji w obrębie maski - na kolumny lub wiersze (podłużne kanałiki), wzdłuż których są przesuwane paski elementarne o różnych długościach, przedstawione na rysunku 13.

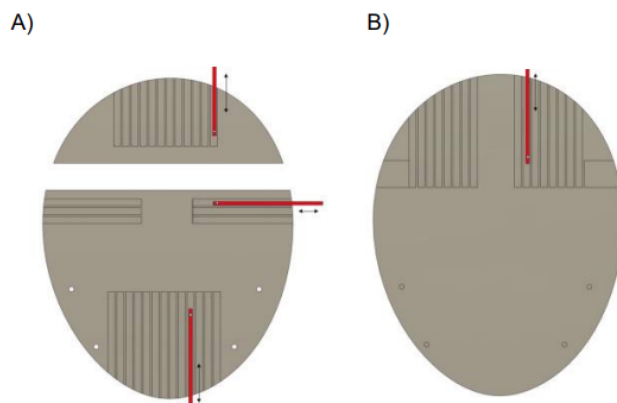


Rys.13. Paski elementarne, zawierające na górnym końcu gniazdo przeznaczone do umieszczenia w nim na stałe pojedynczego miniaturowego magnesu trwałego (długości pasków są różne dla różnych obszarów maski)

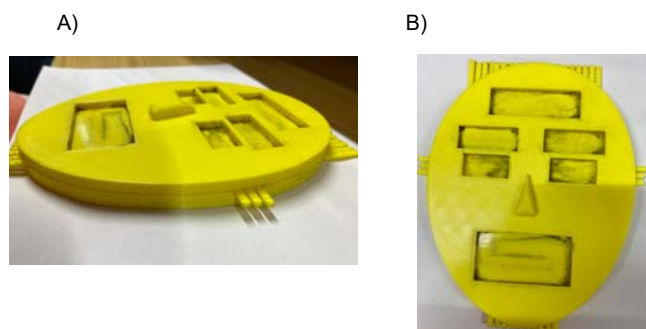
Na końcu każdego paska elementarnego w odpowiednio otworze jest umieszczony na stałe pojedynczy miniaturowy magnes trwały. Wysięgniki, które umożliwiają przesuwanie magnesów trwałych, są uzębrowane (stała odległość pomiędzy sąsiadującymi żebrami to skok) co pozwala na pozycjonowanie miniaturowych magnesów trwałych w taki sposób, że ich ustawienie wzdłuż wiersza lub kolumny jest wielokrotnością skoku. Możliwości manipulowania paskami elementarnymi wyjaśnia rysunek 14.

Tak, jak w masce standardowej (rozdział II), wszystkie elementy: 2-warstwowa 3-częściowa matryca wzbudników oraz zestawy pasków elementarnych zostały wykonane w technologii druku 3D z filamentu polilaktydowego (PLA). Wygląd wydrukowanej maski twarzy po jej złożeniu przedstawia rysunek 15.

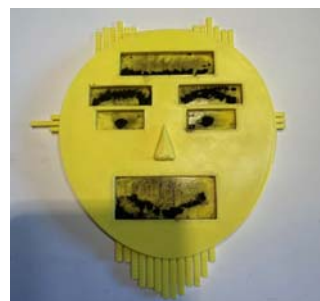
Możliwości ekspresji emocji na zmodyfikowanej masce twarzy z elementarnymi paskami przesuwnymi (zawierającymi pojedyncze miniaturowe magnesy trwałe), charakteryzuje rysunek 16.



Rys.14. Możliwości przesuwania pasków elementarnych wzdłuż kolumn i wierszy poszczególnych obszarów maski twarzy, odpowiadających obszarom anatomicznym twarzy



Rys.15. Wygląd wydrukowanej maski twarzy po jej złożeniu A) widok z boku B) widok z góry (sposób operowania miniaturowymi magnesami trwałymi, umieszczonymi na stałe w gniazdach na końcach pasków elementarnych, wyjaśnia szczególnie rysunek 13 i 14)



Rys.16. Zmodyfikowana maska twarzy – stan emocjonalny: radość

Jak widać, umożliwia ona również odwzorowywanie różnych podstawowych stanów emocjonalnych. Zaletą tej wersji jest to, że magnes trwały jest umieszczony na pasku na stałe (nie ma potrzeby jego wyjmowania i wkładania), a jego pozycjonowanie w obrębie maski twarzy, przeprowadza się za pomocą wysięgnika wychodzącego poza obręb maski twarzy. W przyszłości planuje się zastąpienie ręcznego sposobu przesuwania pasków elementarnych układem aktuatorów liniowych, sterowanych mikroprocesorowo.

Wnioski

Jest uzasadnione poszukiwanie nowych materiałów i nowych sposobów kształtowania mimiki na maskach twarzy. Eksperymentalnie potwierdzono, że jest możliwa ekspresja emocji na masce twarzy, pokrytej w odpowiedni sposób proszkiem ferromagnetycznym, którego rozkład przestrzenny jest sterowany za pośrednictwem

miniaturowych magnesów trwałych. Należy zwrócić uwagę, że proszek ferromagnetyczny po długotrwałym użytkowaniu wykazuje tendencje do zbrylania się, co jest wynikiem t.zw. zjawiska pozostałości magnetycznej. W prowadzonych eksperymentach zjawisko to stawało się zauważalne po około 50-krotnej zmianie stanu emocjonalnego. Konieczne będzie przeprowadzenie dodatkowych badań ukierunkowanych na degradację właściwości magnetycznych proszku ferromagnetycznego i określenie czasu, po którym konieczna jest wymiana proszku w kasetach.

Zastąpienie miniaturowych magnesów trwałych w matrycy wzbudników standardowej maski twarzy miniaturowymi wzbudnikami wzbudnikami elektromagnetycznymi pozwoli na łatwą zmianę rozkładu pola magnetycznego przy pomocy sygnałów elektrycznych. W matrycy wzbudników zmodyfikowanej maski twarzy elementarne paski z pojedynczymi magnesami trwałymi mogą być natomiast przesuwane za pomocą mikroprocesorowego układu napędowego, złożonego z aktuatorów liniowych.

Opracowane maski twarzy są maskami poziomymi, stąd też bezpośrednio ich wykorzystania w robotyce humanoidalnej będzie trudne. Rozważa się możliwość zbudowania maski w ułożeniu pionowym z warstwą proszku ferromagnetycznego zawieszzonego w gęstym oleju, bądź też maski wykorzystującej ciecz magnetoreologiczną.

Na obecnym etapie rozwoju zbudowana standardowa maska twarzy może natomiast znaleźć zastosowanie w gabinetach psychologicznych przy treningu emocjonalnym pacjentów z utrudnionym rozpoznawaniem emocji. Może być również wykorzystana w treningu

zdolności manualnych pacjentów, ponieważ proces rozmieszczania miniaturowych magnesów w minicelkach wymaga dużej zręczności i precyzji ruchów, a zadanie wykonane przez pacjenta jest nagradzane obrazem pożądanego stanu emocjonalnego maski twarzy.

Autorzy: mgr inż. Krzysztof Soltys, Politechnika Krakowska, Katedra Inżynierii Elektrycznej E-2, ul. Warszawska 24 31-155 Kraków, E-mail: krzysztof.soltys@pk.edu.pl ; prof. dr hab. inż. Krzysztof Kluszczyński, Politechnika Krakowska, Katedra Inżynierii Elektrycznej E-2, ul. Warszawska 24 31-155 Kraków, E-mail: krzysztof.kluszczyński@pk.edu.pl ; mgr inż. Ewa Krawczyk, Politechnika Krakowska, absolwentka Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej na kierunku studiów II stopnia Infotronika

LITERATURA

- [1] Bochenek A., Reicher M., Anatomia człowieka – podręcznik dla studentów medycyny i lekarzy, Tom I, wydanie XI, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa 2022
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją Czerwińska M. - atlas anatomiczny cz5., Wydawnictwo Buchman, Toruń 2007
- [3] Craig J. Wprowadzenie do robotyki mechanika i starowanie, wydanie II, Wydawnictwo Naukowo-techniczne, WNT
- [4] Hanson D. The Making of Sophia: Facial Recognition, Expressions and the Loving AI Project, Hanson Robotics 2019
- [5] Kluszczyński K. Od niewolnika do robota, Nasza Politechnika, nr 11/2021, Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
- [6] Tactile sensors (aka Skin) - Wiki for iCub and Friends dostęp 16.04.2023
- [7] Hanson D. The Making of Sophia: Facial Recognition, Expressions and the Loving AI Project, Hanson Robotics 2019
- [8] Tadusiewicz R., Elektroniczne zwierzęta, Wszechświat, nr 7-9/2011