VERSITA

Artykuły oryginalne – Rehabilitacja

DOI: 10.2478/rehab-2013-0002

Postępy Rehabilitacji (1), 11 – 18, 2011

Wybrane rozwiązania automatyki i robotyki w wózkach dla niepełnosprawnych

Emilia Mikołajewska[1], Dariusz Mikołajewski[2]

[1] Klinika Rehabilitacji, 10 Kliniczny Szpital Wojskowy w Bydgoszczy, Poland
[2] Wydział Informatyki Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Streszczenie

Rosnąca liczba osób niepełnosprawnych, w podeszłym wieku oraz ciężko chorych powoduje wzrost zapotrzebowania na różne rodzaje wózków dla niepełnosprawnych. Sprzyja to automatyzacji i robotyzacji wózków dla niepełnosprawnych oraz ich integracji w szersze środowiska wspomagające osoby niepełnosprawne. Prezentowane w artykule rozwiązania służą wsparciu pacjenta i zapewnieniu mu samodzielności. Przyszłe wykorzystanie wózka zależy również od jego wpisywania się w już istniejące rozwiązania inteligentnego domu, ale również coraz powszechniejszej tzw. rzeczywistości poszerzonej oraz inteligentnego otoczenia. Szeroki wachlarz dostępnych możliwości powoduje, że kluczowy staje się fachowy dobór wózka. Nawet najlepsze rozwiązania, ale źle dobrane lub wyregulowane, mogą spowodować niechęć użytkownika, a wózek zamiast pomagać będzie stanowić dla niego kolejne ograniczenie.

Słowa kluczowe: **automatyka, robotyka, rehabilitacja, osoby niepełnosprawne**

Selected solutions of automatics and robotics in wheelchairs for disabled people

Running title: Solutions of automatics and robotics in wheelchairs for disabled

Abstract

Increasing amount of disabled, severe ill and older people causes growth of demands for various kinds of wheelchairs. No doubts it is conducive to automation and robotization of wheelchairs and their integration into wider environments designed to support disabled people. Presented solutions serve to support and independency of the person.
Main directions of development modern wheelchairs are as follows:
– power wheelchairs with advanced and sophisticated driving system, including all wheel driven, caterpilar tracks, special rollers etc.,
– control systems, including both newest solutions for conventional joystick control, control with any part of users body and sophisticated voice control system, Brain Computer Interfaces, intelligent wheelchiars avoiding obstacles etc.
– increase of comfort for user including automatic adjustment, easy-to-use set-up and special functions made wheelchair friendly during long use,
– integration of wheelchaior and its user with wireless nets, mobile comms systems, GPS etc.
– robotization of wheelchairs, which allows to perform with wheelchair another functions, eg. stair climbing, balance position etc. and makes possible use of wheelchair-side robots accompanied by bed-side robots.
It makes easier to use wheelchairs by active users in developed countries. Poor countries need another apporach, decreasing prices and increasing accessibility to wheelchairs.
Further wheelchairs development depends partly on their interoperability within smart home systems, augmented reality systems and ambient intelligence systems. All these systems contains solutions (both hardware and software) dedicated to disabled, severe ill and older people, significantly increasing their possibilities and independence. Joined together, thanks

e-mail: e.mikolajewska@wp.pl

to effect of synergy, it can be more effective and much chiper compared with traditional (current) solutions. Moreover growth of people, who needs care probably will cause shortage of qualified medical staff, especially physicians, physiotherapists and nurses. In significant percent of causes integrated solutions can relieve them, even if partly only.
Broad offer of possibilities causes neccesity to provide professional selection of the wheelchair. Even the best solution, but unsuiltable or improperly adjusted can cause dislike of user and be his/her another limitation.

Keywords: **automatics, robotics, rehabilitation, disabled people**

Wprowadzenie

Rosnąca liczba osób niepełnosprawnych, w podeszłym wieku oraz ciężko chorych powoduje wzrost zapotrzebowania na różne rodzaje wózków dla niepełnosprawnych. Szacunki Światowej Organizacji Zdrowia (ang. World Health Organization – WHO) podają liczbę 650 mln osób niepełnosprawnych żyjących obecnie na świecie. Liczba osób w podeszłym wieku ma wg prognoz WHO osiągnąć 2 mld już w 2050 r. Postęp medyczny oraz, w konsekwencji, wzrost liczby osób przeżywających ciężkie schorzenia oraz wypadki dodatkowo powiększają liczbę osób korzystających, również czasowo, z wózków dla niepełnosprawnych. W ciągu ostatnich lat wózek stał się podstawowym środkiem transportu, wykorzystywanym do codziennego życia, nauki i pracy[11]. Przyniosło to nie tylko silne zróżnicowanie konstrukcji i wyposażenia wózków w zależności od potrzeb ich użytkowników, ale również stanowi silny impuls do ich dalszego rozwoju i wyposażania w najnowsze osiągnięcia techniczne. Osoby niepełnosprawne, ciężko chore i w podeszłym wieku powoli stają się ważną grupą docelową, postrzeganą również jako klienci. Za wzrostem liczby osób niepełnosprawnych,

w podeszłym wieku oraz ciężko chorych nie nadąża kształcenie personelu medycznego i opiekunów. Coraz większa specjalizacja wymaga coraz dłuższego kształcenia, a prognozy demograficzne wskazują, że liczba młodych ludzi wchodzących na rynek pracy będzie się raczej zmniejszać niż zwiększać. Powoduje to nacisk na rozwój systemów telemedycznych, telerehabilitacyjnych oraz zintegrowanych systemów ułatwiających osobom niepelnosprawnym normalne funkcjonowanie. Należą do nich m.in. dedykowane im funkcje inteligentnego domu (ang. smart home) czy inteligentnego ubrania (ang. i-wear).

Zasadnicze kierunki automatyzacji i robotyzacji wózków dla niepełnosprawnych

Wózek dla niepełnosprawnych jest znany i rozwijany od XVI wieku, niemniej jednak pierwsze elementy automatyki pojawiały się w nich w drugiej połowie XX wieku wraz

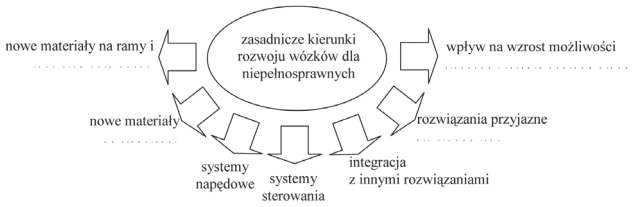
z pojawieniem się wózków z napędem (ang. power wheelchairs). Obecnie automatyzacja ta obejmuje:

1. napęd i układ przeniesienia napędu (elektrycznego lub spalinowego), dzięki czemu poruszanie się nie wymaga od użytkownika wysiłku oraz zachowania pełnej sprawności przynajmniej jednej kończyny górnej,
2. układ jezdny – w postaci różnego rodzaju kół, w tym napędu na dwie osie, oraz form alternatywnych: zestawów rolek, gąsienic itp. umożliwiających m. in. zawracanie w miejscu i jazdę w bok (np. wózek terenowy Action Trackchair) ,
3. systemy sterowania:

– różne formy rozwiązań konwencjonalnych, tj. manipulatora typu dżojstik rozbudowanego o dodatkowe przyciski,
– rozwiązania alternatywne: sterowanie ruchami głowy i mimiką twarzy, ustami i językiem, wdychaniem i wydychaniem powietrza, przyciskami nożnymi, głosem (za pomocą prostych komend) oraz sygnałami mózgowymi (interfejsy mózg-komputer, obecnie oparte głównie na analizie sygnału EEG oraz neuroprotezy) – powoli to na korzystanie z wózków również osobom, dla których było to dotychczas niedostępne (np. poprzez brak precyzyjnych, powtarzalnych ruchów),
– odrębną grupę rozwiązań stanowią autonomiczne wózki inteligentne, wyposażone w funkcje rozpoznawania otoczenia oraz omijania przeszkód.

4. podwyższenie komfortu, głównie poprzez stosowania pamięci ustawień wózka, automatycznych ułatwień przy wsiadaniu i wysiadaniu oraz możliwości składania wózka bez względu na rodzaj i formę napędu,
5. zwiększenie liczby dostępnych akcesoriów i wyposażenia dodatkowego, co umożliwia indywidualną konfigurację wózka lub szybkie jego dostosowanie do rodzaju zadania, terenu, czy pory roku (również poprzez dołożenie modułu napędowego),
6. integrację systemów wózka (najczęściej z użyciem bezprzewodowych standardów komunikacji: telefonii GSM, bezprzewodowych WLAN czy Bluetooth 3.0+HS) z innymi rozwiązaniami wykorzystywanymi przez osoby niepełnosprawne: systemami telemedycznymi, geolokalizacyjnymi, inteligentnym domem i inteligentnym ubraniem [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], a przyszłościowo – z systemami rzeczywistości rozszerzonej (ang. Augmented Reality) oraz inteligentnego otoczenia (ang. Ambient Intelligence – AmI).

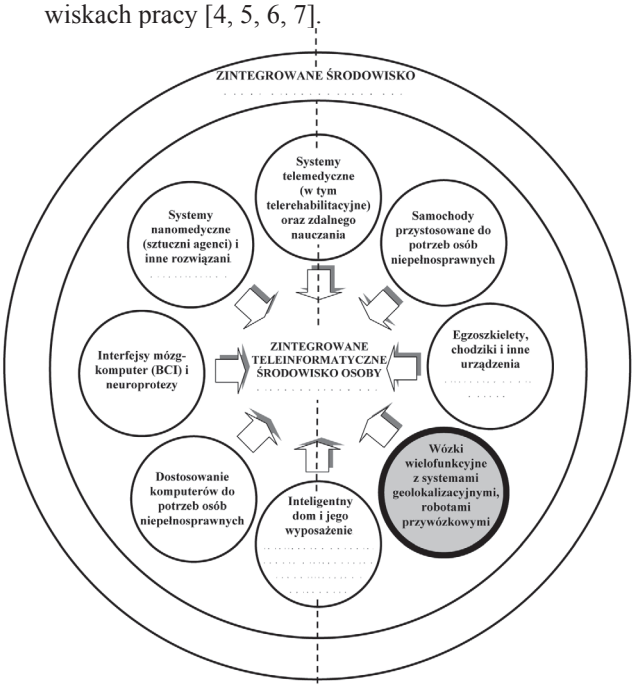
[1] W niektórych państwach Europy Zachodniej odsetek pracujących niepełnosprawnych dochodzi do 50 %.



Ryc.1 Miejsce robotyzacji i automatyzacji w rozwoju wózków dla niepełnosprawnych

Na przedstawione powyżej rozwiązania nakłada się robotyzacja wózków dla niepełnosprawnych, obejmująca przede wszystkim:

– wózki transformowane, wyposażone w funkcje zmiany kształtu i ustawień wózka stosownie do potrzeb użytkownika, np. iBot 4000 z funkcją pionizacji oraz wchodzenia i schodzenia po schodach czy też łóżko transformowane w wózek opracowane przez firmę Panasonic,
– wózki zrobotyzowane, wyposażone w wyrafinowane systemy napędu oraz autonomiczne systemy sterowania,
– wózki wyposażone w roboty przywózkowe, tj. manipulatory dostosowane do potrzeb użytkownika, będące często prostszymi, mobilnymi wersjami robotów przyłóżkowych (ang. bedside robots) czy robotów na stanowiskach pracy [4, 5, 6, 7].



Ryc.2 Miejsce wózków dla niepełnosprawnych w ramach koncepcji zintegrowanego środowiska osoby niepełnosprawnej / rozwiązanie autorskie/ [14, 15]. Na rysunku nie ujęto platformy telekomunikacyjnej oraz wspólnej części systemu: sterowania środowiskiem, wymiany danych, priorytetowania itp.

Należy przy tym zaznaczyć, że w krajach rozwiniętych postępuje silna indywidualizacja rozwiązań w zależności od potrzeb i preferencji użytkownika. W krajach rozwijających się są z kolei potrzebne rozwiązania skuteczne i tanie, dostępne dla większej grupy użytkowników.

Bezpośrednimi pozytywnymi efektami postępu technicznego są:

– rozszerzenie liczby użytkowników wózków o osoby, które do tej pory nie mogły go używać ze względu na ograniczenia w możliwościach sterowania (brak precyzji ruchów itp.),
– brak potrzeby posiadania osoby asystującej,
– większe możliwości trakcyjne wózka (jazda terenowa, pokonywanie przeszkód urbanistycznych itp.),
– wzrost szybkości wózka,
– wzrost komfortu i czasu użytkowania wózka,
– możliwość integracji wózka w ramach zintegrowanego środowiska osoby niepełnosprawnej i poszerzenie przez to jego funkcjonalności jako np. miejsca do nauki i pracy [3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

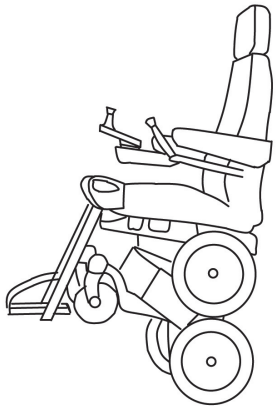
Postęp ten niesie ze sobą również utrudnienia w postaci:

– większych wymagań na niezawodność i bezpieczeństwo złożonych systemów oraz analizę potencjalnych zagrożeń,
– konieczności ich standaryzacji w celu zapewnienia współpracy z innymi systemami,
– dłuższego czasu niezbędnego na dobór i przysposobienie użytkowników i ich opiekunów do wózka,
– większych wymagań w stosunku do personelu medycznego, opieki społecznej oraz inżynierów biomedycznych (w tym inżynierów rehabilitacyjnych) projektujących i serwisujących wózki.

Napęd i układ jezdny

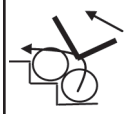
W obszarze napędu rywalizacja odbywa się na dwóch polach: autonomiczności i zasięgu. Obecny stan badań wskazuje, że do czasu opracowania znacznie lepszych akumulatorów podział wykorzystania wózków będzie przebiegał następująco:

– wózki elektryczne – do użytku wewnątrz pomieszczeń oraz do przemieszczania się na zewnątrz na małe odległości – wyjątek stanowi tu użycie kombinowane: składany wózek elektryczny + samochód,
– wózki spalinowe i skutery – do przemieszczania się na zewnątrz na większe odległości (spacery) oraz w terenie, jako odpowiednik roweru dla osoby w pełni sprawnej,
– pojawiają się również pierwsze wózki elektryczne przeznaczone od uprawiania turystyki typu off-road, m.in. wózek Adventure.



Ryc.3 Wózek wielofunkcyjny iBot 4000 w trybie balansu

Tab. 1 Tryby pracy wózka iBot 4000

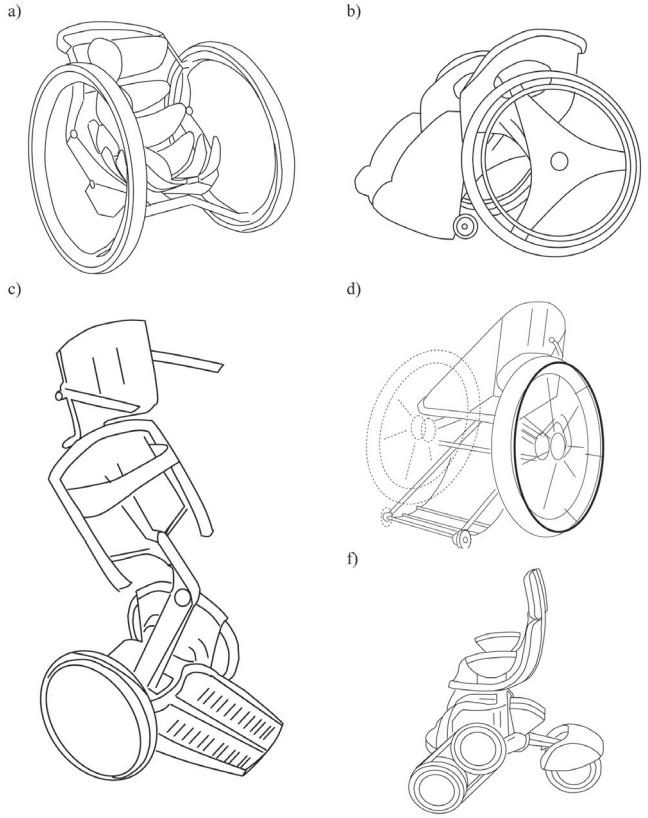
	Tryb pracy			
Nazwa	Zwykły wózek elektryczny Standard Function	balans Balance Function	wchodzenie po schodach Stair Function	bezdroża 4-Wheel Function
Zasada				
	klasyczny wózek elektryczny	„wspięcie się" wózka na dwa tylne koła i sprawne poruszanie się	dzięki obrotowej funkcja dwóch osi oraz elektrycznemu wspomaganie (użytkownik trzyma się poręczy schodów)	napęd na cztery koła

Tab. 2 Podstawowe parametry wózka iBot 4000

Parametr	Wartość	Uwagi
Wymiary	1,06 m (dł.) x 0,67 m (szer.) x 1,26 m (wys.),	
masa własna	do 127 kg	w zależności od wersji: składana lub nie
maksymalne obciążenie	113 kg	osoba i wiezione przez nią przedmioty
wymiary po złożeniu	0,92 m (dł.) x 0,67 m (szer.) x 0,73 m (wys.)	opcja
promień zawracania	do 0,98 m	zależnie od trybu
prędkość maksymalna	do 10,9 km/h	zależnie od trybu
Zasięg	25 km	w równym, płaskim terenie:, może się zmniejszyć w zależności od obciążenia, pogody, warunków terenowych, stylu jazdy
czas ładowania akumulatora	2,8 godziny	
spełniane standardy	ISO 7176-19:2001, ISO 7176-24 typ C i G, BS EN 12184:1999 klasa B	
możliwości konfiguracji	2 rozmiary szerokości siedziska i oparcia oraz 5 rozmiarów głębokości siedziska	
podstawowe regulacje	zmianę kąta nachylenia oparcia oraz kąta nachylenia i długości podnóżków	

Na przedstawione rozwiązania nakłada się opisana powyżej automatyzacja i robotyzacja wózków oraz rozwój inżynierii materiałowej skutkujący wykorzystaniem nowych, lżejszych i bardziej wytrzymałych materiałów. Umożliwia to nie tylko obniżenie masy wózka i lepszy dobór położenia jego środka ciężkości, ale również konstruowanie wózków o kształtach niemożliwych do osiągnięcia z wykorzystaniem poprzednio stosowanych materiałów.

Należy mieć również na uwadze, że w rozwoju wózków dla niepełnosprawnych należy zachować proporcje pomiędzy wsparciem i wygodą ich użytkowników, a walorami terapeutycznymi i zasadniczym celem stosowania wózków [14]. Priorytet stanowi niezmiennie zwiększanie możliwości fizycznych pacjentów i osiągnięcie przez nich największej dostępnej sprawności, a przywrócenie ich do życia bez wózka stanowi największy, choć nie zawsze osiągalny sukces. W tym miejscu warto wspomnieć o postępie w dziedzinie wózków manualnych sportowych, który, dzięki testowaniu w ekstremalnych warunkach nowych rozwiązań, wpływa na cały asortyment wózków dla niepełnosprawnych. Lżejsze i wytrzymalsze, tytanowe lub aluminiowe wózki sportowe to już standard. Postępuje specjalizacja, umożliwiająca maksymalne dostosowanie wózka do wymogów danej dyscypliny zespołowej (koszykówka, rugby na wózkach, softball) lub indywidualnej (tenis ziemny, tenis stołowy, badminton). Nie dziwią nikogo wózki do tańca (np. Top End Twirl Dance Wheelchair), terenowe (Top End Crossfire All Terrain), czy z opcją dla osób z oboma amputowanymi nogami. Cechują je często skrócony czas dopasowania i regulacji wózka, indywidualne dopasowanie aż po dostępność jedynie niezbędnych regulacji (środka ciężkości, głębokości siedziska i wysokości podparcia pleców) w celu obniżenia masy wózka, a w wybranych przypadkach: wyposażenie w elementy zabezpieczające i ofensywne jak skrzydła o regulowanej głębokości, platformę pod stopy z zabezpieczeniem palców stóp i pasy mocujące. Dla mniej zaawansowanych dostępne są oczywiście nadal wózki sportowe ogólnego przeznaczenia (ang. all sport), które mogą być nadal opcjonalnie wyposażone w bardziej wyrafinowane rozwiązania. Do ciekawostek należy możliwość zamówienia specjalnego pokrycia (nakładanego chemicznie) na elementy metalowe i tkaniny wózka, umożliwiającego samodzielne pomalowanie go i późniejsze ewentualne zmycie. Sprzyja to indywidualizacji wózka i wpisuje się w coraz bardziej widoczną tendencję pokazywania wózka jako wyrazu własnej osobowości, dzieła sztuki lub oznaki statusu materialnego.



Ryc.4 Rozwiązania przyszłościowe i koncepcyjne: a) wózek transformowalny w fotel projektu Caspara Schmitza, b) wózek Big Foot zaprojektowany przez Wai Lama, c) wózek P'gasus zaprojektowany przez Porsche Design Studio, d) istniejący wózek terenowy miejski Trekinetic – trzecie (niewidoczne) kółko znajduje się z tyłu, e) koncepcja elektrycznego wózka dziecięcego (możliwe sterowanie przez opiekuna – nie pokazane na rysunku)

Sterowanie komendami głosowymi

Zdecydowana większość z interfejsów, którymi posługują się pacjenci niepełnosprawni, ciężko chorzy lub w podeszłym wieku wymaga zachowania choć w części precyzyjnych, powtarzalnych ruchów. Znaczne spowolnienie ruchów lub ograniczenie ich asortymentu powoduje spadek szybkości komunikacji, co może być kłopotliwe i irytujące dla osób je wykorzystujących. Stąd badania nad sterowaniem głosem w miejsce urządzeń tradycyjnych. Sterowanie głosem wymaga jednak efektywnych, działających w czasie rzeczywistym systemów rozpoznawania mowy (ang. speech recognition). Ich praktyczna implementacja napotyka na szereg przeszkód. Choć badania prowadzone są już od lat 50-tych XX wieku,

to dynamiki nabrały dopiero w latach 90-tych. Najpopularniejsze systemy, takie jak Sphinks czy VUST, na obecnym etapie rozwoju nie nadają się do wszystkich zastosowań. Na ich działanie ma wpływ szereg niezależnych czynników, takich jak: język, struktura dialogu, zasób słów i zakres tematyczny, wymowa i akcent, szybkość wymowy i łączenie słów, zaznaczane pauzy i znaki interpunkcyjne, popełniane błędy językowe, szum tła, dźwięki nie związane z mową (oddech, kaszel, pociąganie nosem), sposób aktywacji i czas uczenia systemu [16, 17]. Informacja musi być rozpoznana dokładnie, tak aby przekazać nie tylko sens pojedynczych słów, ale również przekazać myśli w nich zawarte i zapewnić właściwe zrozumienie mówiącego (często ważną rolę odgrywa kontekst rozmowy). Sterowanie głosem jest najlepszym rozwiązaniem, jeśli:

- dokładność rozpoznawania mowy wynosi co najmniej 95%,
- użytkownik ma pewne doświadczenie w korzystaniu z tego typu systemów,
- użytkownik używa prostych komend i funkcji [18, 19].

Przykładem prostego, sprawdzającego się w praktyce sterowania głosem jest sterowanie wózkiem inwalidzkim za pomocą sześciu prostych komend [18].

Systemy sterowania głosem znajdują się dopiero w początkowym okresie rozwoju, a perspektywy ich wykorzystania, nie tylko przez osoby niepełnosprawne, są ogromne. Celem jest wkomponowanie systemów tego typu w otoczenie jako coś naturalnego: pomocnego, ale nie natrętnego. Kluczowe wydaje się indywidualne wyważenie proporcji pomiędzy ilością informacji w relacji użytkownik-system i odwrotnie [20, 21].

Sterowanie za pomocą sygnałów elektrofizjologicznych

Sterowanie za pomocą sygnałów elektrofizjologicznych biegnących z ośrodkowego układu nerwowego, pomimo złożoności przetwarzania, często stanowi jedyną szansę dla osób

z najpoważniejszymi deficytami ruchowymi. Niemniej jednak jego praktyczna implementacja wymaga jeszcze wielu badań oraz opracowania procedur doboru interfejsu dla konkretnego użytkownika, treningu w użytkowaniu, szkoleń dla personelu medycznego, rodzin i opiekunów osób niepełnosprawnych wykorzystujących takie interfejsy [22, 23]. Prace badawcze mają na celu umożliwienie:

- obsługi „myślą" prostych procesorów tekstowych i graficznych oraz programów komunikacyjnych uruchomionych na komputerze, jak również sterowanych za pomocą komputera, jak np. odpowiednio przystosowane wózki elektryczne czy systemy multimedialne i inteligentnego domu,
- sterowania neuroprotezami (ang. neuroprostheses), czyli protezami układu nerwowego, zastępującymi utracone możliwości rdzenia kręgowego i/lub efektory kończyn.

Badania w tym zakresie trwają od 50-tych XX wieku. Za pierwszą neuroprotezę można uważać implant słuchowy z 1957 r.

W 1997 r. FDA (ang. Food and Drugs Administration) dopuścił wykorzystanie w USA neuroprotez tzw. I generacji. Od 2009r. na uniwersytecie w Saragossie testowany jest wózek dla niepełnosprawnych sterowany sygnałem EEG użytkownika. Kluczowym elementem są tu interfejsy mózg-komputer (ang. Brain-Computer Interface) - systemy komunikacji, w których wiadomości wysyłane są przez człowieka do komputera (lub odpowiadającego mu sterownika wózka czy protezy ruchowej) bez udziału nerwów obwodowych lub mięśni.

Zasadnicze wymagania, jakim powinny sprostać interfejsy mózg-komputer i neuroprotezy obejmują efektywność i stabilność w czasie, łatwość użycia przy stałym i/lub regularnym użytkowaniu oraz łatwość dopasowania i nauczenia użytkownika. Dodatkowym elementem jest opracowanie powtarzalnej procedury neurochirurgicznej w celu wszczepienia, wymiany i usunięcia, nie powodującej komplikacji medycznych mogących zakłócić działanie interfejsu (np. blizn lub obszarów o zmniejszonej wrażliwości, ryzyka infekcji) [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31]. Sygnały wykorzystywane przez interfejsy mózg-komputer można podzielić na:

– pozyskiwane nieinwazyjnie poprzez skórę głowy: potencjał endogenny P300, rytm alfa (8-12 Hz) lub rytm beta (18-25 Hz), elektryczne odpowiedzi wywołane (ang. steady-state visual evoked potentials - SSVEP) oraz desynchronizacja i synchronizacja EEG związana z bodźcem (ang. event-related desynchronization/synchronization - ERD/ERS),
– otrzymywane dzięki elektrodom inwazyjnie implantowanym do mózgu [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31].

Pomimo istnienia komercyjnych interfejsów BCI jak g.BCIsys, BrainGate2, ixtendiX czy popularna MindBall Game, wyzwanie dla badaczy wciąż stanowią:

– dobór łatwego do interpretacji oraz odpornego na zakłócenia i opóźnienia sygnału bioelektrycznego, umożliwiającego wprowadzanie do niego przez użytkownika celowych zmian o szybkości wystarczającej do sterowania urządzeniami ze sprawnością porównywalną np. z naturalnymi kończynami,
– długie procedury uczenia użytkownika, szczególnie w przypadku indywidualnej ich adaptacji do potrzeb i możliwości osób chorych.

Autonomiczne wózki inteligentne

Badania nad autonomicznymi wózkami inteligentnymi (ang. smart wheelchairs) dążą do wykorzystania w wózkach zalet systemów sztucznej inteligencji (ang. artificial intelligence – AI), takie jak: elastyczność, dostosowywanie się do zadania i użytkownika, znajdowanie optymalnego lub pierwszego zadowalającego (spełniającego narzucone kryteria) rozwiązania pomimo niepełnych danych, uczenie się i wyciąganie wniosków z poprzednich zadań. Wózek samodzielnie poruszający się po zadanej trasie oraz jednocześnie wykrywający i omijający przeszkody stanowiłby istotny postęp w dziedzinie mobilności osób niepełnosprawnych. Opracowane obecnie rozwiązania, takie jak NEC Wheelchair czy wózek firmy Toyota ciągle muszą posiadać poręczny wyłącznik bezpieczeństwa. Powoduje to konieczność utrzymywania przez użytkownika ciągłej koncentracji, co nie zawsze jest możliwe. Trwają prace nad wózkami inteligentnymi sterowanymi głosem, m.in. w ramach MIT Inteligent Wheelchair Projekt (sponsorzy: Microsoft i Nokia), w którym wózek nie tylko reaguje na komendę głosową „Take me to the dining room", ale również na pytanie „What's for launch today?" wyświetli lub odczyta jadłospis. Ciekawą funkcją jest również „narrated guide tour", podczas której wózek przemierza z nowym pensjonariuszem dom opieki zapoznając go głosem z całym budynkiem i poruszaniem się w nim. Z kolei prototyp wózka opracowany na Saitama University ma wbudowaną świadomość „stadną" – samodzielnie podąża za wyznaczonym opiekunem lub, przy większej grupie wózków, za wyznaczonym poprzedzającym go wózkiem.

W świetle tego wbudowane w wózek funkcje geolokalizacyjne (GPS) czy wysyłania alertów w przypadku zmiany parametrów życiowych użytkownika wydają się oczywiste.

W części państw (Japonia, USA) prace nad wózkami inteligentnymi są koniecznością ze względu na starzenie się społeczeństw, ograniczoną liczbę specjalistów medycznych i opiekunów oraz zmniejszenie liczby chętnych do wolontariatu. Pomimo istnienia szeregu prototypów trudno w tej chwili prognozować w tej dziedzinie – z pewnością jednak pojawienie się na rynku inteligentnego wózka dla niepełnosprawnych spotkałoby się z dużym odzewem, szczególnie w bogatszych krajach. Stanowiłoby to jednak kolejne wyzwanie dla szpitalnych terapeutycznych zespołów wielodyscyplinarnych, gdzie nowe znaczenie terminu „przysposobienie pacjenta do wózka" wymagałoby włączenia do zespołu nie tylko inżyniera biomedycznego/rehabilitacyjnego, ale być może szeregu innych specjalistów, przynajmniej w fazie programowania wózka.

Inne rozwiązania

Inne rozwojowe rozwiązania w omawianym zakresie obejmują:

– moduł umożliwiający połączenie wózka z rowerem (ang. wheelchair bicycle tandem), dostępne również w wersji dziecięcej, będące rozwiązaniem na dłuższe wycieczki – m.in. The Duet w wersjach Plus i Economy,
– modułowy napęd elektryczny (ang. electric drive for manual wheelchairs) dołączany do wózków ręcznych m.in. E.Fix w wersjach Basic i Plus, lub też elektryczne, sterowane pilotem koła napędowe e-motion M15,
– różnego rodzaju przystawki i moduły dedykowane konkretnym funkcjom, np. moduł do wspomagania wspinania wózkiem po schodach Scalamobil (działający na zasadzie podobnej do wózka iBot 4000) oraz moduł wspomagający ruszanie i hamowanie wózkiem z ciężkim pacjentem Viamobil.

Opcje te, choć nie zawsze należą bezpośrednio do automatyki i robotyki, zdecydowanie zwiększają elastyczność i możliwości wózków dla niepełnosprawnych i pokazują elastyczność tego typu rozwiązań. Koncepcja wózka modułowego, tj. w wersji podstawowej jako wózek typu „active" (do użytku całodziennego) z napędem manualnym, który może być w łatwy i szybki sposób - poprzez instalację modułów – konfigurowany do aktualnych potrzeb, jest skalowalną koncepcją otwartą na zmiany i preferencje pacjenta i to może być jej klucz do sukcesu. Stanowi to znaczące rozszerzenie doboru i dopasowania wózka poprzez regulacje, dobór akcesoriów i wyposażenie dodatkowego.

Nowi rywale - egzoszkielety

Wózki dla niepełnosprawnych, nawet te najbardziej nowoczesne, mają już poważnego konkurenta w postaci egzoszkieletu (ang. exoskeleton). Egzoszkielety to szkielety

zewnętrzne, zakładane na użytkownika na podobieństwo kombinezonu. Dzięki autonomicznemu zasilaniu oraz wspomaganiu pracy mięśni człowieka (również: niesprawnych lub osłabionych) stanowią one dla osób niepełnosprawnych lub w podeszłym wieku nadzieję na samodzielne poruszanie się. Egzoszkielety są obecnie najbardziej wszechstronnymi z urządzeń wspomagających osoby niepełnosprawne, ciężko chore lub w podeszłym wieku:

– posiadają wszystkie zalety lokomocji dwunożnej[22], pozwalając zrezygnować niepełnosprawnym z konieczności transportowania ze sobą wózka oraz korzystania z wind,
– w wersji czterokończynowej umożliwiają jednoczesne korzystanie ze wsparcia funkcji kończyn górnych (w tym z odciążeniem dla osób osłabionych), w czym przewyższają wózki [6],
– mogą być wykorzystywane w rehabilitacji do reedukacji chodu, a w wersjach czterokończynowych – jednocześnie do usprawniania kończyn górnych (w tym z odciążeniem w czynnościach życia codziennego), również w ruchu, w czym przewyższają tradycyjne roboty rehabilitacyjne [6],
– dzięki swoim możliwościom zwielokrotniania siły udźwigu mogą również stanowić ważny element wyposażenia personelu w szpitalach i domach opieki [2, 32, 33].

Rozwój egzoszkieletów budzi nadzieję na znaczny wzrost jakości życia osób niepełnosprawnych. Na chwilę obecną niezbędne są jednak dalsze badania kliniczne w zakresie wykorzystania egzoszkieletów zarówno w warunkach klinicznych, jak i w domu pacjenta (również w trybie telerehabilitacji i w ramach środowisk zintegrowanych). Do rozwiązania pozostaje również szereg problemów technicznych, związanych zarówno z energooszczędnością, sterowaniem i biomechaniką ruchu użytkownika w egzoszkielecie, jak i kwestiami bezpieczeństwa użytkowania [33]. Równocześnie rozwijane są alternatywne rozwiązania kroczące, takie jak Walking Assitive Device.

Podsumowanie

Prezentowane rozwiązania służą wsparciu pacjenta i zapewnieniu mu samodzielności. Właściwe ich wykorzystanie podniesie jakość życia, zwiększy samodzielność i niezależność osób niepełnosprawnych, jak również zapewni narzędzia do nauki i pracy, niwelując znaczenie ich niepełnosprawności i czyniąc ich atrakcyjnymi na rynku pracy. Robotyzacja i automatyzacja wózków, czyniące wózki dostępnymi dla szerszych grup pacjentów, nawet tych z najcięższymi deficytami, powinny jednak wpisywać się w szerszy kontekst rehabilitacji i umożliwiać pacjentom stopniowe osiągnięcie jak największej możliwej sprawności, aż (w niektórych przypadkach) po brak potrzeby używania wózka włącznie. Szeroki wachlarz dostępnych możliwości powoduje, że kluczowy staje się fachowy dobór wózka. Nawet najlepsze rozwiązania, ale źle dobrane lub wyregulowane, mogą spowodować niechęć użytkownika, a wózek zamiast pomagać użytkownikowi będzie stanowić dla niego kolejne ograniczenie [34, 35]. Przyszłe wykorzystanie wózków zależy również od ich wpisywania się w już istniejące rozwiązania inteligentnego domu, ale również coraz częściej spotykane elementy rzeczywistości rozszerzonej oraz inteligentnego otoczenia, w ramach Społeczeństwa Informacyjnego.

[2] Wybrane egzoszkielety pozwalają nawet na kierowanie w nich samochodami.

Piśmiennictwo

1. Mikołajewska E. Osoba ciężko chora lub niepełnosprawna w domu. Warszawa: PZWL; 2008. s. 29-35.
2. Mikołajewska E. Neurorehabilitacja. Zaopatrzenie ortopedyczne. Warszawa: PZWL; 2009, s.74-76, 83-89.
3. Mikołajewska E, Mikołajewski D. Automatyzacja wózków dla niepełnosprawnych. Acta Bio-Opt Inform Med. 2010; 1: 13-14.
4. Mikołajewska E, Mikołajewski D. Roboty rehabilitacyjne i pielęgnacyjne. Mag. Piel. Położ. 2009; 12: 42.
5. Mikołajewski D. Mikołajewska E. Roboty rehabilitacyjne. Rehabilitacja w Praktyce 2010; 4: 49-53.
6. Mikołajewska E. Lokomat jako element nowoczesnej reedukacji chodu. Praktyczna Fizjoterapia i Rehabilitacja 2010; 10: 15-18.
7. Dindorf R. Rozwój i zastosowanie manipulatorów i robotów rehabilitacyjnych. Pomiary Automatyka Robotyka 2004; 4: 5-9.
8. Cortes U, Annicchiarico R, Vasquez-Salceda J. i wsp. Assistive technologies for the disabled and for the new generation of senior citizens: the e-Tools architecture. AI Communications 2003; 16: 193–207.
9. Edge M, Taylor B, Dewsbury G. i wsp. The potential of „smart Home" systems in meeting the care needs of older persons and people with disabilities. Senior's Housing Update 2000; 8: 6-7.
10. Panek P, Zagler WL, Beck C. i wsp. Smart home applications for disabled persons – experiences and perepectives. – Proceedings; 2001, 71 - 80. EIB Event 2001.
11. Kim Y, Kwang-Yun P, Kap-Ho S. A report on questionnaire for developing Intelligent Sweet Home for the disabled and the elderly in Korean living conditions. Proceedings of the ICORR, 2003; 171-174.
12. Mikołajewska E, Mikołajewski D. Telemedycyna. Mag. Piel. Położ. 2007; 7-8: 32.
13. Mikołajewska E. Mikołajewski D. Telerehabilitacja. Rehabilitacja w Praktyce 2011; 1: 64-67.
14. Mikołajewska E. Mikołajewski D. Wheelchair development from the perspective of physical therapists and biomedical engineers. Adv Clin Exp Med. 2010; 19, 6: 771-776.
15. Mikołajewska E. Mikołajewski D. E-learning in the education of people with disabilities. Adv Clin Exp Med. 2011; 20, 1: 103-109.
16. Fezari M., Mokhtar B., Bousbia-Salah M. i wsp. Design of a voice control for a disabled person wheelchair. Animal Journal of Information Technology 2005; 4(10): 940-944.
17. Jones, Douglas i wsp. Measuring the readability of automatic speech-to-text transcripts. Proc Eurospeech. 2003; 1585-1588.
18. Fezari M., Mokhtar B., Bousbia-Salah M. i wsp. Design of a voice control for a disabled person wheelchair. Animal Journal of Information Technology 2005; 4(10): 940-944.

19. Singh R. The Sphinx Speech Recognition Systems. W: Bainbridge W. (red.) Encyclopedia of human computer interaction, Berkshire Publishing Group, 2004.

20. Kouroupetroglou G, Mitsopoulos E. Speech-enabled e-Commerce for disabled and elderly persons. The Proceedings of COST 219 Seminar „Speech and hearing technology", 2000, 72-92.

21. Begel A. Programming By Voice: A domain-specific application of speech recognition. conference on human factors in computing systems. CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2006, 239-242.

22. Birbaumer N. Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control. Psychophysiology 2006; 43(6): 517-532.

23. Brown-Triolo DL, Roach MJ, Nelson K. i wsp. Consumer perspectives on mobility: implications for neuroprosthesis design. J. Rehabil. Res. Dev. 2002; 39(6): 659-669.

24. Birbaumer N, Cohen LG. Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis. J Physiol. 2007; 579 (3): 621-636.

25. Birbaumer N. Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control. Psychophysiology 2006; 43(6): 517-532.

26. Brown-Triolo DL, Roach MJ, Nelson K. i wsp. Consumer perspectives on mobility: implications for neuroprosthesis design. J. Rehabil. Res. Dev. 2002; 39(6): 659-669.

27. Wolpaw JR. Brain-computer interfaces as new brain output pathways. J. Physiol. 2007; 579(3): 613-619.

28. Wolpaw JR, Birbaumer N, McFarland DJ, Brain-computer interfaces for communication and control. Clin. Neurophysiol. 2002; 113(6): 767-791.

29. Fabiani GE, McFarland DJ, Wolpaw JR. i wsp. Conversion of EEG activity into cursor movement by a brain-computer interface (BCI). IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2004; 12(3): 331-338.

30. Kübler A, Neumann N. Brain-computer interfaces - the key for the conscious brain locked into a paralyzed body. Prog Brain Res. 2005; 150: 513-525.

31. Donoghue JP, Hochberg LR, Nurmikko AV. Neuromotor prosthesis development. Med Health R I. 2007; 90(1): 12-15.

32. Mikołajewska E. Egzoszkielet HAL 5. Mag Pielęg Położ. 2007; 5: 42.

33. Mikołajewska E. Mikołajewski D. Egzoszkielet jako szczególna forma robota – zastosowania cywilne i wojskowe. Kwartalnik Bellona 2011; 1: 160-169.

34. Mikołajewska E. Wózek aktywny – zasady doboru. Acta Bio-Opt Inform Med. 2010; 3: 228-229.

35. Mikołajewska E. Właściwy dobór wózka inwalidzkiego aktywnego. Niepełnosprawność i Rehabilitacja 2009; 4: 101-107.