

Wybrane zastosowania technologii informatycznych wspomagające osoby z niepełnosprawnością ruchową wszystkich kończyn w sterowaniu komputerem osobistym

**Katarzyna Jach,
Justyna Piwińska**

Politechnika Wrocławska
Wydział Informatyki i Zarządzania

Abstrakt: W artykule przedstawiono przegląd współczesnych technologii możliwych do zastosowania przez osoby z ograniczoną sprawnością ruchową wszystkich kończyn, zastępujących tradycyjne rozwiązania, tj. mysz i klawiaturę komputera. Ze względu na wykorzystane technologie omawiane rozwiązania zostały sklasyfikowane w czterech grupach: oparte na śledzeniu twarzy, oparte na śledzeniu wzroku, oparte na rozpoznawaniu położenia obiektu oraz pozostałe. Stosownie do reprezentantów każdej grupy przeprowadzono porównanie technologii według dziewięciu kryteriów istotnych z punktu widzenia użytkownika. Wagę poszczególnych kryteriów przyporządkowano na podstawie badania ankietowego. Ustalono, że mimo porównywalnych sumarycznych ocen systemów każdorazowy dobór systemu powinien być oparty na indywidualnych potrzebach użytkownika.

Słowa kluczowe: społeczeństwo informacyjne, ICT, interfejs człowiek-komputer, osoby z niepełnosprawnościami, projektowanie uniwersalne

1. Wprowadzenie

Technologie informatyczne dawno już zaczęły dominować w naszym życiu. W ciągu ostatnich lat znacząco wzrosła liczba osób z niepełnosprawnościami korzystających z komputera. Jednocześnie z badań wynika, że mimo zwiększającego się dostępu tej grupy do komputera oraz Internetu, w porównaniu z użytkownikami pełnosprawnymi odsetek jest w dalszym ciągu niższy, choć zmniejszają się dysproporcje. Przykładowo, w Stanach Zjednoczonych w 2003 roku dostęp do komputera miało 63,6% osób powyżej 15. roku życia bez niepełnosprawności i tylko 39,7% osób z niepełnosprawnością. Podobnie dostęp do Internetu posiadało odpowiednio 59,1% i 33% użytkowników (Dobransky, Hargittai, 2006). Dla porównania, w 2013 roku (najświeższe udostępnione dane) dostęp do komputera miało 90,4% użytkowników bez niepełnosprawności i 73,9% osób z niepełnosprawnościami, a dostęp do Internetu w formie abonamentu posiadało odpo-

Korespondencja:
Katarzyna Jach
Politechnika Wrocławska
Wydział Informatyki i Zarządzania
Katedra Systemów Zarządzania
(W8/K6)
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław, Poland
Tel. +48 71 348 50 50
E-mail: katarzyna.jach@pwr.edu.pl

wiednio 81,1% i 63,8% użytkowników (File, Ryan, 2014). Widoczny jest więc coraz bardziej aktywny udział osób z niepełnosprawnością w usługach ICT. Komputer często stanowi nieodzowny element ich komunikacji ze światem, umożliwia pracę zawodową oraz częściowe lub całkowite usamodzielnienie się. Dla Światowej Organizacji Zdrowia komputer jest jednym z urządzeń, które ułatwiają osobom z niepełnosprawnością funkcjonowanie w życiu (*assistive technology*), a zwiększanie dostępu osób z niepełnosprawnością do tych urządzeń, w tym także komputerów, jest jednym z celów planu strategicznego na lata 2014–2021 (World Health Organization, 2015). Brak dostępu do Internetu czy komputera to jeden z podstawowych rodzajów wykluczenia. Dostęp ten w przypadku osób z niepełnosprawnością wpływa również pozytywnie na aspekty osobowościowe użytkowników, na przykład poprawia ich samoocenę w zakresie komunikacji interpersonalnej (Bradley, Poppen, 2003) oraz poczucia niezależności (Cook i in. 2005; badanie wśród osób z niepełnosprawnością psychiczną). Łatwoci komunikacji z innymi sprzyja możliwość ujawnienia przed wirtualnymi rozmówcami jedynie części wiedzy o sobie (Dobransky, Hargittai, 2006). Innym pozytywnym aspektem korzystania z technologii ICT jest poprawa jakości życia, odnotowana wśród badanych z uszkodzeniem rdzenia kręgowego (Drainoni i in., 2004). Co więcej, stwierdza się przydatność różnego rodzaju sprzętu elektronicznego (komputerów, konsol, robotów, rzeczywistości wirtualnej) i oprogramowania w rehabilitacji osób niepełnosprawnych, na przykład z porażeniem mózgowym (Manresa-Yee i in., 2014).

Część osób z niepełnosprawnościami nie potrzebuje dodatkowych funkcjonalności, niektórzy jednak wymagają zastosowania określonych technologii wspomagających. W Stanach Zjednoczonych 19% użytkowników z niepełnosprawnościami stwierdziło, że korzystanie z sieci jest dla nich trudne ze względu na ich ograniczenia (Lenhart i in., 2003). Kluczowe znaczenie dostępności podkreślał już wynalazca sieci (World Wide Web), mówiąc, że jej siła tkwi w uniwersalności, a dostęp powinien być zapewniony wszystkim, bez względu na potencjalne niepełnosprawności (Berners-Lee, 1997). Jeszcze do niedawna alternatywne rozwiązania były trudno dostępne, często projektowane w warunkach domowych. Dziś, po około 20 latach rozwoju, na rynku można zauważyć szeroką gamę systemów wspomagających, spełniających wymagania większości użytkowników (Clark, 2002). Szeroki przegląd dostępnych rozwiązań zawiera praca Simpsona (2013). Przegląd sposobów korzystania z komputera przez użytkowników z porażeniem mózgowym daje Davies i in. (2010). Istnieją różne rozwiązania, takie jak: adaptowane klawiatury, nakładki ochronne, klawiatury wykorzystujące kod Morse'a, systemy wskazujące, specjalistyczne rysiki. U osób z zaburzeniami wzroku bardzo popularne stały się systemy rozpoznawania mowy (Lazar i in., 2007). Podjęto również próby skonstruowania zestawu wskazówek mających pomóc terapeutom w doborze właściwego rozwiązania technicznego dla osób z niepełnosprawnością (Hwang i in., 2001), na przykład na podstawie drzewa decyzyjnego (Anson, 1994), serii zadań (Dumont, Vincent, Mazer, 2002) lub dedykowanego oprogramowania, między innymi Compass (LoPresti i in., 2002). Powstały także modele pozwalające na dobór rozwiązań zgodnie z kryteriami jakościowymi, a przegląd tego typu modeli zawiera praca Simpsona, Koestera i LoPrestiego (2010). Zasadniczo modele te zakładają uniwersalność stosowania dla osób z różnego rodzaju ograniczeniami.

W artykule przedstawiono wybrane zastosowania technologii informatycznych wspomagające osoby z ograniczoną sprawnością ruchową wszystkich kończyn w sterowaniu kompu-

terem osobistym. Głównym celem pracy jest porównanie dostępnych na rynku technologii, alternatywnych dla tradycyjnej myszy i klawiatury, według kryteriów istotnych z punktu widzenia użytkowników. Może to zwiększyć świadomość użytkowników z niepełnosprawnościami na temat oferowanych rozwiązań wspomagających ich pracę z komputerem. Proponowana ocena różnych rozwiązań, jak i zastosowane kryteria mogą ułatwić dobór technologii dla danego użytkownika.

2. Charakterystyka systemów wspomagających

2.1. Systemy oparte na rozpoznawaniach położenia obiektu

W systemach opartych na rozpoznawaniu lokalizacji obiektu położenie kursora na ekranie jest zależne od położenia fizycznie określonego obiektu. Przedstawicielem takiej grupy omawianych rozwiązań jest SmartNav (<https://www.naturalpoint.com/smarnav/>), pozwalający na obsługę komputera za pomocą ruchów głowy. Urządzenie to zastępuje mysz komputerową dzięki małej, cienkiej i błyszczącej kropce umieszczonej na czole, okularach lub czapce użytkownika. Detektor rejestruje występujące ruchy głowy, dzięki czemu kursor myszy przemieszcza się po ekranie.

Do urządzenia dołączone są: przejściówka umożliwiająca podłączenie jednego lub dwóch przycisków, oprogramowanie realizujące wszystkie funkcje klikania oraz klawiatura ekranowa. W zestawie podstawowym znajdują się także 52 kropki (*target dots*). W przypadku ich zużycia zachodzi konieczność zakupienia nowych. Do największych zalet SmartNav należą poręczność oraz mobilność. Detektor jest mały i lekki; może być umieszczony zarówno na laptopie, jak i tradycyjnym monitorze. Dodatkowo nie wymaga podłączenia do prądu – wykorzystuje port USB komputera. Jedną z istotnych trudności przy jego obsłudze jest konieczność naklejania kropki, co w przypadku osób sparaliżowanych często jest samodzielnie niemożliwe. Korzystanie ze sprzętu wymaga więc obecności asystenta, a co za tym idzie – ogranicza samodzielność. Kolejną ważną kwestią jest ewentualne serwisowanie. Urządzenie opiera się na autorskim rozwiązaniu, w związku z czym w przypadku awarii konieczna jest wymiana lub zakup całego sprzętu ponownie. Z racji tego, iż nie jest on produkowany w Polsce, może się to wiązać z dłuższym czasem oczekiwania lub dodatkowymi kosztami.



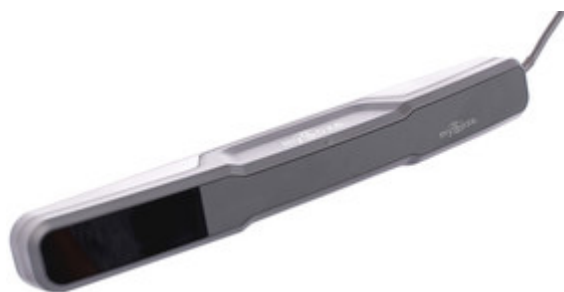
Rysunek 1. SmartNav

Inne systemy oparte na tej zasadzie to na przykład Tongue Drive System (Kim i in., 2013). Sterowanie w tym przypadku odbywa się poprzez poruszanie językiem, na którym umieszczony jest magnes lub standardowy kolczyk.

2.2. Rozwiązanie oparte na śledzeniu wzroku

Kolejna grupa rozwiązań opiera swoje działanie na śledzeniu ruchów gałek ocznych (*eye-tracking*). Na tej zasadzie działa między innymi MyGazeAssistive 2 (<http://www.mygaze.com/products/mygaze-assistive>), który pozwala za pośrednictwem wzroku przesuwać kursor po ekranie i używać funkcji przycisków myszy na kilka różnych sposobów – za pomocą mrugnięcia, zatrzymania wzroku lub klawiatury.

Urządzenie jest proste w działaniu i uniwersalne. Zostało dostosowane do potrzeb szerokiego grona użytkowników: zarówno osób dobrze widzących, jak i noszących okulary lub szkła kontaktowe. Korzystanie z urządzenia nie wymaga zaawansowanej znajomości technologii ani ponadprzeciętnego sprzętu komputerowego. Charakteryzuje się bardzo prostym sposobem instalacji i automatyczną kalibracją wzroku. Podobnie jak poprzednik, nie wymaga korzystania z zewnętrznego źródła zasilania i można przymocować go zarówno do laptopa, jak i tradycyjnego monitora. Do istotnych zalet sprzętu należy zaliczyć mobilność oraz łatwość obsługi. Dodatkowo wszelkie ustawienia kalibracji, szybkości czy też wielkości kursora są dostępne również za pomocą wzroku. Użytkownik może zatem działać w pełni samodzielnie, bez konieczności pomocy asystenta. Czynnikiem mogącym utrudnić kupno sprzętu przeciętnemu klientowi jest wyższa, niż w przypadku pozostałych rozwiązań, cena produktu.



Rysunek 2. MyGaze 2

Źródło: <http://www.mygaze.com/products/mygaze-assistive/>.

Inne systemy oparte na *eyetrackingu* dedykowane osobom z niepełnosprawnościami to na przykład TM5 mini produkowany przez EyeTech Digital Systems (<http://www.eyetechds.com/tm5-mini-assistive-tech.html>), systemy Tobii, między innymi PCEye Mini lub ekskluzywny system I-15.

2.3. Systemy oparte na śledzeniu twarzy użytkownika

Kolejna grupa rozwiązań to systemy śledzące twarz użytkownika, poruszające kursorem po ekranie w reakcji na ruchy jego głowy. Przykładem jest Face Controller (<http://www.>

face-controller.com). To system umożliwiający osobom z niepełnosprawnościami sterowanie komputerem za pomocą ruchów głowy, gestów oraz mimiki twarzy. Różni się od pozostałych tym, że korzysta z istniejących już rozwiązań technicznych – masowo produkowanych kontrolerów gier Microsoft Kinect.

Urządzenie, podobnie jak wyżej wymienione, współpracuje zarówno z komputerem przenośnym, jak i tradycyjnym monitorem. Na etapie kalibracji oprogramowania użytkownik ma możliwość przypisania wybranych gestów do podstawowych funkcjonalności, na przykład mrugnięcie prawym okiem to kliknięcie prawym przyciskiem myszy oraz określenie preferencji czułości gestów. Kamera umieszczona w kontrolerze rejestruje ruchy głowy, pozwalając w ten sposób na poruszanie kursorem, a także rozpoznaje gesty, dzięki czemu oprogramowanie może generować przypisane do nich akcje.

Jego podstawową zaletą jest uniwersalność i łatwa dostępność na rynku. Z racji wykorzystania urządzenia Microsoft Kinect, dostępnego w większości sklepów elektronicznych, istnieją znacznie łatwiejsze możliwości serwisowania czy ewentualnej wymiany. Inne systemy śledzące twarz użytkownika to na przykład korzystająca ze standardowych kamer internetowych Camera Mouse (<http://www.cameramouse.org>), rozwijana od roku 2000 (Gips, Betke, Fleming, 2000), lub oparty na śledzeniu ruchów nosa SINA (Manresa-Yee i in., 2014). W odróżnieniu od systemu Face Controller, w którym do kilku różnych akcji można przypisać różne gesty, systemy te jednak nie pozwalają na personalizację kliknięć myszy; jedyną dostępną opcją w celu kliknięcia jest utrzymanie kursora w stałym położeniu przez określony czas (*dwell time*).

2.4. Inne rozwiązania techniczne

Najprostsze sterowanie tego rodzaju to korzystanie wyłącznie z klawiatury za pomocą na przykład ołówka, co jednak nie zastępuje w pełni funkcjonalności myszy. Inne rozwiązania bazują na wykorzystaniu ust lub podbródka, jak system BJOY Chin (<http://bjoliveat.com/bjoy-mice/211-BJOY-chin.html>). Działanie jest bardzo intuicyjne; ruch kursora po ekranie odzwierciedla kierunek ruchu głowy, zaś klikanie odbywa się po przechyleniu głowy i delikatnym naciśnięciu przycisków po bokach oparcia. Urządzenie nie wymaga dodatkowej instalacji – po zakupie jest od razu gotowe do użytku. Umożliwia jednak dostosowanie działania pod kątem szybkości, wrażliwości czy przypisanych do ruchów głowy akcji. Jest dość poręczne i korzysta z portu USB komputera. Jego największą wadą może być trudność w obsłudze. BJOY Chin trzeba bowiem każdorazowo przed użytkowaniem ustawić w odpowiednim miejscu. Ogranicza to zatem samodzielność użytkowników.



Rysunek 3. BJOY Chin

Źródło: <http://www.bjliveat.com/access/bjoy-chin.html>.

Inne systemy z tej grupy to na przykład IntegraMouse Plus umożliwiający sterowanie ustami, Sip/Puff Breeze sterowany poprzez zasysanie lub dmuchanie powietrza do rurki czy też różnego rodzaju wskaźniki sterowane ustami, jak MouthStick Stylus.

3. Wybór kryteriów oceny i ich wag

Kluczowym elementem analizy był wybór kryteriów oceny. Na podstawie literatury, analizy rynkowej i wcześniejszych doświadczeń jako istotne czynniki wpływające na jakość systemu interakcyjnego wyróżnione zostały: zasada przesuwania kursora, używanie funkcji myszy, wymagania techniczne, mobilność, zasilanie, personalizacja ustawień, instalacja i pierwsze użycie, zakres cenowy oraz samodzielność użytkowania.

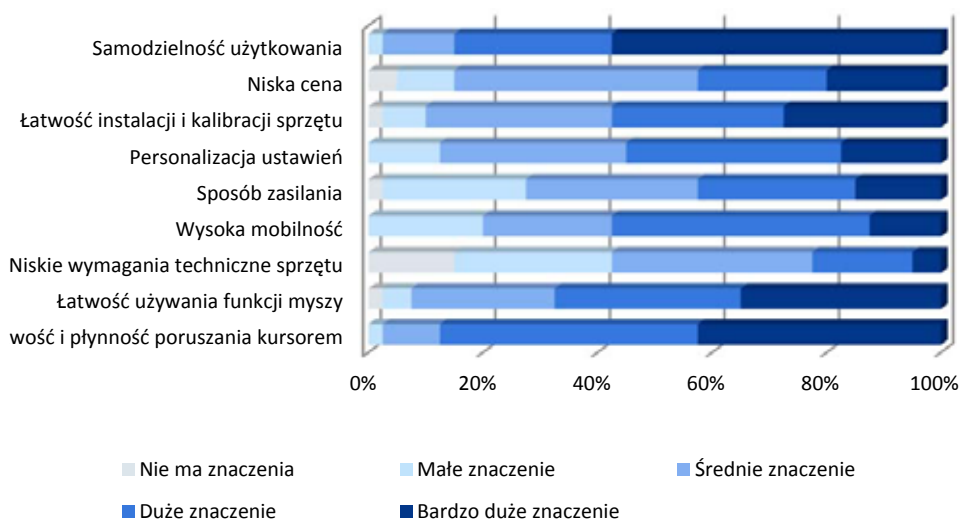
3.1. Przyjęte zasady oceny kryteriów

W przypadku zasad przesuwania kursora oraz używania funkcji myszy kryterium oceny było obciążenie użytkownika. Najwyższe oceny w tych kategoriach otrzymały systemy umożliwiające pełne sterowanie za pomocą wzroku, gestów, mimiki twarzy oraz poruszanie kursorem przez mało obciążające ruchy głowy. Kolejne kryterium – wymagania techniczne – ocenione zostało bardzo intuicyjnie: im wyższa bariera użytkowania, tym niższa ocena. Wszystkie z przedstawionych urządzeń działają zarówno z komputerem stacjonarnym, jak i laptopem. Mobilność w niektórych przypadkach została jednak ograniczona wielkością oraz wagą urządzenia. Podobnie było z zewnętrznym źródłem zasilania, gdzie wyższe noty przypisano urządzeniom korzystającym z portu USB komputera. Oceny w przypadku dwóch następnych czynników, a więc personalizacji ustawień oraz instalacji i pierwszego użycia, ułożyły się analogicznie. Systemy oferujące bogatą możliwość dostosowania do preferencji użytkownika i charakteryzujące się prostym procesem instalacji otrzymały najwyższe oceny. Kolejne kryterium, czyli cena produktu, ocenione zostało na podstawie przedziałów, zgodnie z zasadą: im niższa kwota, tym wyższa ocena dla systemu. Ostatnim, lecz z całą pewnością

niezwykle istotnym kryterium jest samodzielność użytkownika. Przypisane systemom oceny determinują stopień, w jakim osoba z niepełnosprawnością może posługiwać się sprzętem bez konieczności pomocy asystenta.

3.2. Przypisanie wag poszczególnym kryteriom

W celu określenia znaczenia poszczególnych kryteriów w ocenie systemu interakcyjnego z perspektywy użytkowników przeprowadzone zostało anonimowe badanie ankietowe. Grupa respondentów liczyła 40 osób, w tym w szczególności osoby młode, na co dzień korzystające z komputera. Przebadane zostały osoby pełnosprawne, sięgające zwykle po tradycyjne rozwiązania, takie jak klawiatura i mysz komputerowa. Ankietyowanych poproszono o ocenę każdego z dziewięciu kryteriów pod względem ich istotności w korzystaniu z systemu interakcyjnego, w skali 1–5 (1 – nie ma znaczenia, 5 – bardzo duże znaczenie). Wyniki przedstawiono na rysunku 4.



Rysunek 4. Istotność poszczególnych kryteriów w ocenie systemu interakcyjnego
(Figure 4. The importance of individual criteria in the assessment of the interactive system)

Źródło: opracowanie własne.

Kryterium, któremu respondenci przypisywali najczęściej bardzo duże znaczenie, jest samodzielność użytkownika – rozumiana jako brak konieczności pomocy innych osób. Czynnikiem ten oceniło najwyżej blisko 58% respondentów, a 28% przypisało mu duże znaczenie. Do istotnych kryteriów można zaliczyć w dalszej kolejności „łatwość i płynność poruszania kursorem po ekranie” oraz „łatwość używania funkcji myszy”. Za najmniej istotne uznano „niskie wymagania techniczne sprzętu” (43% ankietowanych).

Na podstawie uzyskanych wyników ustalonym wcześniej kryteriom zostały przypisane wagi odpowiadające średnim ocenom respondentów. Wyniki zawiera tabela 1.

Tabela 1. Istotność kryteriów oceny systemu interakcyjnego
(Table 1. The importance of the interactive system assessment criteria)

Opis kryterium (Criterion description)	Istotność kryterium (średnia ocena) (The importance of the criterion [average estimation])
Łatwość i płynność poruszania kursorem po ekranie (Ease and smoothness of moving the cursor on the screen)	4,3
Łatwość używania funkcji myszy (Ease of mouse functions usage)	3,9
Niskie wymagania techniczne sprzętu (Low technical requirements of the equipment)	2,7
Wysoka mobilność (łatwość przenoszenia sprzętu) (High mobility [easy to carry equipment])	3,5
Zasilanie (uniwersalność oraz mały pobór energii elektrycznej podczas użytkowania) (Power supply [versatility and low power consumption while using])	3,3
Szeroki zakres dostosowania ustawień do indywidualnych preferencji użytkownika (Wide range of settings adjustment to the individual preferences of the user)	3,6
Łatwość instalacji i kalibracji sprzętu (Easy installation and calibration of equipment)	3,7
Niska cena (Low price)	3,4
Samodzielność użytkowania (brak konieczności pomocy innych osób) (Independence of use [no need for other people's assistance])	4,4

Źródło: opracowanie własne.

4. Ocena systemów

W tabeli 2 przedstawiono porównanie wybranych systemów. Ocena rozwiązań została dokonana na podstawie funkcjonalności produktów. Otrzymane ostatecznie średnie oceny systemów są do siebie bardzo zbliżone. Dopiero uzupełnienie ocen o wagi przypisane poszczególnym kryteriom (tabela 3) pozwala na bardziej zróżnicowane oceny.

Tabela 2. Porównanie wybranych systemów
(Table 2. The comparison of selected systems)

Kryterium (<i>Criterion</i>)	SmartNav		MyGaze Assistive 2		BJOY Chin		Face Controller	
	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)
Zasada przesuwania kursora (<i>Bases of moving the cursor</i>)	Ruchy głową z naklejoną na czole kropką rozpoznawaną przez detektor	4	Wzrok	5	Ruchy głowy	4	Ruchy głowy	4
Używanie funkcji myszy (<i>Using the mouse functions</i>)	Przejdziówka umożliwiająca podłączenie jednego lub dwóch przycisków, oprogramowanie realizujące wszystkie funkcje klikania oraz klawiatura ekranowa	2	Za pomocą mrugnięcia, zatrzymania wzroku lub klawiatury	4	Przez przechylenie głowy i nacisk przycisków po bokach oparcia	3	Za pomocą gestów i mimiki twarzy (np. mrugnięcie, uśmiech, otwarcie ust, dziubek)	5
Wymagania techniczne (<i>Technical requirements</i>)	Windows 98 lub nowszy, procesor min. Pentium 500 MHz, 5 KB wolnego miejsca, 65 MB RAM, port USB 1.1 lub 2.0	3	Windows XP lub nowszy, procesor $\geq 2,8$ GHz, Intel 13/i5/i7	3	Brak	5	Windows 8 lub nowszy, procesor x64 $\geq 3,1$ GHz, RAM ≥ 4 GB, port USB 3.0	2
Mobilność (<i>Mobility</i>)	Detektor mały i lekki	4	Mobilność oraz lekkość	4	Urządzenie przenośne, ale stosunkowo duże i ciężkie	2	Konsola Kinect stosunkowo duża, ale mobilna	3
Zasilanie (<i>Power supply</i>)	Port USB komputera	4	Zewnętrzne	2	Port USB komputera	4	Zewnętrzne	2

Kryterium (<i>Criterion</i>)	SmartNav		MyGaze Assistive 2		BJOY Chin		Face Controller	
	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)	Opis (<i>Description</i>)	Ocena (<i>Evaluation</i>)
Personalizacja ustawień (<i>Personalization of settings</i>)	Różne opcje ustawienia ruchu kursora oraz aktywacji kliknięcia: komendy głosowe, <i>dwell time</i> , oddzielne urządzenie	3	Możliwość spersonalizowania wszelkich ustawień kalibracji, szybkości czy też wielkości kursora. Istotne funkcje dostępne za pomocą wzroku	5	Możliwość dostosowania działania pod kątem szybkości, wrażliwości czy przypisanych do ruchów głowy akcji	3	Możliwość przypisania wybranych gestów do podstawowych funkcjonalności oraz określenie preferencji czułości gestów	3
Instalacja i pierwsze użycie (<i>Installation and first use</i>)	Instalacja oprogramowania konieczna przed użyciem systemu	3	Prosty sposób instalacji i automatyczna kalibracja wzroku	5	Niewymagana instalacja. Przed użyciem konieczne jest ustawienie urządzenia w odpowiednim miejscu	3	Wymagana instalacja oprogramowania. Wymagane przejście przez proces kalibracji jednorazowo dla każdego nowego użytkownika	3
Zakres cenowy (w zł) (<i>Price range [in PLN]</i>)	2001–3000	4	Powyżej 5000	2	2001–3000	4	2001–3000	4
Samodzielność użytkownika (<i>Independence of the user</i>)	Konieczność każdorazowego naklejania kropki, a co za tym idzie – ograniczanie samodzielności większości użytkowników docelowych	3	Zmiana ustawień dostępna również za pomocą wzroku, a więc zwiększona samodzielność użytkowników	5	Przed każdym użyciem konieczne jest ustawienie urządzenia w odpowiednim miejscu, co ogranicza samodzielność większości użytkowników docelowych	1	Wysoka, przy korzystaniu z zapisanych ustawień	4
Średnia ocena (<i>Average evaluation</i>)	3,33		3,89		3,22		3,33	

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Ocena całkowita wybranych systemów z uwzględnieniem istotności kryteriów oceny
(Table 3. Overall evaluation taking into account the importance of the evaluation criteria)

Istotność kryterium (Importance of the criterion)	Opis kryterium (Criterion description)	SmartNav	MyGaze Assistive 2	BJOY Chin	Face Controller
4,3	Łatwość i płynność poruszania kursorem po ekranie (Ease and smoothness of moving the cursor on the screen)	17,2	21,5	17,2	17,2
3,9	Łatwość używania funkcji myszy (Ease of mouse functions usage)	7,8	15,6	11,7	19,5
2,7	Niskie wymagania techniczne sprzętu (Low technical requirements of the equipment)	8,1	8,1	13,5	5,4
3,5	Wysoka mobilność (łatwość przenoszenia sprzętu) (High mobility [easy to carry equipment])	14,0	14,0	7,0	10,5
3,3	Zasilanie (uniwersalność oraz mały pobór energii elektrycznej podczas użytkowania) (Power supply [versatility and low power consumption while using])	13,2	6,6	13,2	6,6
3,6	Szeroki zakres dostosowania ustawień do indywidualnych preferencji użytkownika (Wide range of settings adjustment to the individual preferences of the user)	10,8	18	10,8	10,8
3,7	Łatwość instalacji i kalibracji sprzętu (Easy installation and calibration of equipment)	11,1	18,5	11,1	11,1
3,4	Niska cena (Low price)	13,6	6,8	13,6	13,6
4,4	Samodzielność użytkowania (brak konieczności pomocy innych osób) (Independence of use [no need for other people's assistance])	13,2	22,0	4,4	17,6
Całkowita ocena (Overall evaluation)		109,0	131,1	102,5	112,3

Źródło: opracowanie własne.

Z zestawienia wynika, że wyróżniającym się rozwiązaniem jest MyGaze, urządzenie bazujące na technologii eyetrackingowej. O przewadze tego rozwiązania zdecydowały: samodzielność użytkownika, możliwość indywidualizacji ustawień oraz łatwość instalacji i kalibracji sprzętu. W dalszym ciągu jednak różnice nie są duże, należy również pamiętać o indywidualnych potrzebach każdego użytkownika i dostosowywać do nich wybór sprzętu.

5. Podsumowanie

Przedstawione systemy charakteryzują się bardzo różnym zakresem funkcjonalności. Najprostsze, jak Camera Mouse, nie wymagają żadnych dodatkowych urządzeń i są niskobudżetowe; najbardziej wyrafinowane, jak system Tobii I-15, kosztują powyżej 60 000 zł, co wydaje się przekraczać możliwości budżetowe większości zainteresowanych osób. Wszystkie prezentowane urządzenia pełnią funkcję urządzeń wskazujących (*pointing device*), zastępując tradycyjną mysz i klawiaturę.

Powyższy przegląd dostępnych rozwiązań wspomagających korzystanie z komputera bez użycia kończyn może pomóc w doborze odpowiedniego systemu osobom z ograniczeniami mobilności, a w konsekwencji zmniejszyć wykluczenie tej grupy użytkowników z przestrzeni wirtualnej (Ladner, Burgstahler, 2015). Jednakże z doświadczenia wynika, że każdorazowo konieczne jest wypróbowanie systemu dla konkretnego użytkownika, w dodatku z uwzględnieniem okresu adaptacji. Keates i in. (2002) rekomendują posługiwanie się w procedurze wyboru testami zaproponowanymi przez MacKenziego i in. (2001), a opartymi na teście Fittsa. Próba porównania użyteczności czterech różnych systemów, przeprowadzona przez Mana i Wong (2007) między innymi z użyciem tego testu, wykazała jednak rozbieżności w ocenach dla dwóch badanych przez ten zespół użytkowników z porażeniem mózgowym. Również przytoczone przez nich badania wskazują na podobne rozbieżności w ocenach preferencji oraz wyników testów obiektywnych, zarówno dla użytkowników w pełni sprawnych, jak i z niepełnosprawnością (Man, Wong, 2007). Warto też zwrócić uwagę, że nie należy przenosić wyników testów efektywnościowych (typu test Fittsa) uzyskanych przez osoby w pełni sprawne na użytkowników z niepełnosprawnością ze względu na różnice w charakterystykach ilościowych (dłuższe czasy realizacji zadań testowych) i jakościowych (inne charakterystyki ruchu kursora) (Hwang i in., 2004). Przedstawiona analiza stanowi także wstęp do dalszych badań użyteczności systemu Face Controller.

Artykuł został przygotowany na podstawie informacji o urządzeniach dostępnych na stronach ich producentów i dystrybutorów. Weryfikacja empiryczna była możliwa dla systemu Face Controller oraz w ograniczonym zakresie dla systemu SmartNav. Dostęp do systemu Face Controller był możliwy dzięki udostępnieniu go przez producenta na podstawie umowy nr S/228/16; prezentacja systemu SmartNav została przeprowadzona przez Laboratorium Tyfloinformatyczne Politechniki Wrocławskiej, za co autorki składają podziękowania.

Bibliografia

- Anson, D.K. (1994). Finding your way in the maze of computer access technology. *American Journal of Occupational Therapy*, 48, 121–129.
- Berners-Lee, T. (1997). World Wide Web Consortium (W3C) Launches International Web Accessibility Initiative. *Web Accessibility Initiative (WAI)* [online, dostęp: 2017-08-09]. Dostępny w Internecie: <https://www.w3.org/Press/WAI-Launch.html>.
- Bradley, N., Poppen, W. (2003). Assistive technology, computers and Internet may decrease sense of isolation for homebound elderly and disabled persons. *Technology and Disability*, 15(1), 19–25.

- Clark, J. (2002). *Building Accessible Websites* [online, dostęp: 2017-08-09]. Indianapolis–London: New Riders. ISBN 073571150X. Dostępny w Internecie: <https://joelclark.org/book/>.
- Cook, J.A., Fitzgibbon, G., Batteiger, D., Grey, D.D., Caras, S., Dansky, H., Priester, F. (2005). Information technology attitudes and behaviors among individuals with psychiatric disabilities who use the Internet: Results of a Web-based survey [online, dostęp: 2017-07-12]. *Disability Studies Quarterly*, 25(2). Dostępny w Internecie: <http://dsq-sds.org/article/view/549/726>.
- Davies, T.C., Mudge, S., Ameratunga, S., Stott, N.S. (2010). Enabling self-directed computer use for individuals with cerebral palsy: a systematic review of assistive devices and technologies. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52(6), 510–516.
- Dobransky, K., Hargittai, E. (2006). The disability divide in internet access and use. *Information, Communication and Society*, 9(3), 313–334.
- Drainoni, M.L., Houlihan, B., Williams, S., Vedrani, M., Esch, D., Lee-Hood, E., Weiner, C. (2004). Patterns of Internet use by persons with spinal cord injuries and relationship to health-related quality of life. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 85(11), 1872–1879.
- Dumont, C., Vincent, C., Mazer, B. (2002). Development of a standardized instrument to assess computer task performance. *American Journal of Occupational Therapy*, 56(1), 60–68.
- File, T., Ryan, C. (2014). Computer and Internet use in the United States: 2013 [online, dostęp: 2017-07-12]. *American Community Survey Reports, ACS-28*, Nov., 1–16. Dostępny w Internecie: <https://www.census.gov/history/pdf/2013computeruse.pdf>.
- Gips, J., Betke, M., Fleming, P. (2000). The Camera Mouse: Preliminary investigation of automated visual tracking for computer access. W: *The Proceedings of Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America RESNA 2000* (s. 98–100). Arlington, VA: RESNA Press. ISBN 0932101429.
- Hwang, F., Keates, S., Langdon, P., Clarkson, J. (2004). Mouse movements of motion-impaired users: A sub-movement analysis. W: *Assets '04 Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (s. 102–109). New York: Association for Computing Machinery. ISBN 158113911X.
- Keates, S., Hwang, F., Langdon, P., Clarkson, J., Robinson, P. (2002). Cursor measures for motion-impaired computer users. W: J.A. Jacko (ed.). *Assets 2002: The Fifth International ACM Conference on Assistive Technologies: July 8–10, 2002* (s. 135–142). New York: Association for Computing Machinery. ISBN 9781581134643.
- Kim, U.J., Park, H., Bruce, J., Sutton, E., Rowles, D., Pucci, D., Holbrook, J., Minocha, J., Nardone, B., West, D., Laumann, A., Roth, E., Jones, M., Veledar, E., Ghovanloo, M. (2013). The tongue enables computer and wheelchair control for people with spinal cord injury. *Science Translational Medicine*, 5(213), 213ra166.
- Ladner, R.E., Burgstahler, S. (2015). Increasing the participation of individuals with disabilities in computing. *Communications of the ACM*, 58(12), 33–36.
- Lazar, J., Allen, A., Kleinman, J., Malarkey, Ch. (2007). What frustrates screen reader users on the Web: A study of 100 blind users. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 22(3), 247–269.
- Lenhart, A., Horrigan, J.B., Rainie, L., Allen, K., Boyce, A., Madden, M., O'Grady, E. (2003). *The Ever-Shifting Internet Population: A new look at Internet access and the digital divide* [online, dostęp: 2017-07-12]. Report. Washington, DC: The Pew Internet and American Life Project. Dostępny w Internecie: <http://www.pewinternet.org/2003/04/16/the-ever-shifting-internet-population-a-new-look-at-internet-access-and-the-digital-divide/>.
- LoPresti, E.F., Koester, H.H., McMillan, W., Moore, P., Ashlock, G., Simpson, R.C. (2002). Compass: Software for computer skills assessment. W: J.A. Jacko (ed.). *Assets 2002: The Fifth International ACM Conference on Assistive Technologies: July 8–10, 2002, Crowne Plaza Hotel, Edinburgh, Scotland*. New York: Association for Computing Machinery. ISBN 9781581134643.
- MacKenzie, I.S., Kauppinen, T., Silfverberg, M. (2001). Accuracy measures for evaluating computer pointing devices. W: *CHI '01 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (s. 9–16). New York: Association for Computing Machinery. ISBN 1581133278.
- Man, D.W., Wong, M.S. (2007). Evaluation of computer-access solutions for students with quadriplegic athetoid cerebral palsy. *The American Journal of Occupational Therapy*, 61(3), 355–364.
- Manresa-Yee, C., Ponsa, P., Salinas, I., Perales, F.J., Negre, F., Varona, J. (2014). Observing the use of an input device for rehabilitation purposes. *Behaviour and Information Technology*, 33(3), 270–281.

- Sears, A., Young, M. (2002). Physical disabilities and computing technologies: an analysis of impairments. W: J.A. Jacko, A. Sears (eds.). *The Human-Computer Interaction Handbook* (s. 482–503). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. ISBN 0805844686.
- Simpson, R., Koester, H.H., LoPresti, E. (2010). Research in computer access assessment and intervention. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 21(1), 15–32. DOI: 10.1016/j.pmr.2009.07.006.
- Simpson, R.C. (2013). *Computer Access for People with Disabilities: A Human Factors Approach*. Boca Raton, FL: CRC. ISBN 1466553723.
- World Health Organization. (2015). WHO *Global disability action plan 2014–2021: Better health for all people with disability* [online, dostęp: 2017-07-12]. Geneva: World Health Organization. ISBN 9789241509619. Dostępny w Internecie: <http://www.who.int/disabilities/actionplan/en/>.

Strony internetowe producentów urządzeń

- BJOY Chin: <http://bjliveat.com/bjoy-mice/211-BJOY-chin.html>.
- Camera Mouse: <http://www.cameramouse.org>.
- Face Controller: <http://www.face-controller.com>.
- MyGazeAssistive 2: <http://www.mygaze.com/products/mygaze-assistive>.
- SmartNav: <https://www.naturalpoint.com/smarnav/>.
- TM5 mini: <http://www.eyetechds.com/tm5-mini-assistive-tech.html>.

Selected applications of information technologies supporting individuals of all limbs motor disability in controlling a personal computer

Abstract: The article presents an overview of modern technologies with their possible application by individuals with limited motor ability of all limbs replacing traditional solutions, i.e. a mouse and a computer keyboard. Due to applied technologies, the solutions being discussed have been classified into four groups: based on face tracking, based on eye tracking, based on an object location recognition and others. Analysing

representatives of each group a comparison of the technologies according to nine criteria which are significant from a user's point of view has been made. The weight of particular criteria has been assigned on the basis of a survey research. It has been determined that despite comparable cumulative evaluations of the systems, a selection of a system ought to be each time based on a user's individual needs.

Key words: information society, ICT, HCI, people with disabilities, universal design
