

## Interfejsy człowiek–komputer dla osób niepełnosprawnych i w podeszłym wieku

### Human-computer interfaces for disabled and elderly people

Emilia Mikołajewska<sup>1</sup>, Dariusz Mikołajewski<sup>2,3</sup>

#### STRESZCZENIE

Wykorzystanie komputera może dać osobie niepełnosprawnej niezależność, poczucie zwiększonej produktywności oraz wzrost szacunku do samego siebie. Istnieje zatem stała potrzeba wdrażania osób niepełnosprawnych w użycie komputerów oraz rozwiązań dostosowujących komputery do potrzeb osób niepełnosprawnych. Stanowi to ogromne wyzwanie w związku z rosnącą liczbą osób niepełnosprawnych oraz starzeniem się społeczeństwa. Artykuł stanowi próbę oceny stopnia wykorzystania możliwości w omawianym zakresie.

#### SŁOWA KLUCZOWE

społeczeństwo informacyjne, informatyka, komputer, zastosowania medyczne, osoby niepełnosprawne, osoby w podeszłym wieku

#### ABSTRACT

The use of a computer may give disabled people independence, a feeling of increased productivity and an increased sense of self-respect. Thus there is a constant need to train disabled people in the use of computers and associated assistive technology. This task constitutes an enormous challenge because of both the increasing number of disabled people and the ageing population. This article aims at investigating the extent to which the available opportunities in this area are being exploited.

#### KEY WORDS

information society, information technology, computer, medical applications, disabled people, elderly people

<sup>1</sup>Klinika Rehabilitacji,  
10 Wojskowy Szpital Kliniczny  
z Polikliniką SP ZOZ

<sup>2</sup>Instytut Mechaniki i Informatyki Stosowanej,  
Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki,

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy  
<sup>3</sup>Katedra Informatyki Stosowanej, Wydział Fizyki,  
Astronomii i Informatyki Stosowanej,  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

#### ADRES DO KORESPONDENCJI:

Dr n. med. Emilia Mikołajewska  
Klinika Rehabilitacji  
10 Wojskowy Szpital Kliniczny  
z Polikliniką SP ZOZ w Bydgoszczy  
ul. Powstańców Warszawy 5  
85-681 Bydgoszcz  
tel. +48 607 887 707  
e-mail: e.mikolajewska@wp.pl

Ann. Acad. Med. Siles. 2014, 68, 1, 53–61  
Copyright © Śląski Uniwersytet Medyczny  
w Katowicach  
eISSN 1734-025X  
www.annales.sum.edu.pl

#### WPROWADZENIE

Zapewnienie efektywnej interakcji człowiek–komputer (*human-computer interaction* – HCI) wymaga

interdyscyplinarnego połączenia osiągnięć techniki z wiedzą z zakresu neurofizjologii, biomechaniki, ergonomii, kognitywistyki, psychologii i nauk społecznych. Wykorzystanie komputerów we współczesnym społeczeństwie jest na tyle duże, że interakcja

człowiek–komputer stała się samodzielną dziedziną nauki. Jej celem jest zwiększenie użyteczności systemów komputerowych i ich poszczególnych elementów składowych. Istotą HCI jest zbadanie, w jaki sposób ludzie zachowują się we współpracy z komputerem oraz jak integracja percepcji, motoryki i procesów poznawczych użytkownika działa w procesie interakcji z komputerem.

Szczególną grupą użytkowników komputerów są osoby z różnego rodzaju deficytami. Wykorzystanie komputera może dać takim osobom niezależność, poczucie zwiększonej produktywności oraz wzrost szacunku do samego siebie. Istnieje zatem stała potrzeba wdrażania osób niepełnosprawnych w użycie komputerów oraz rozwiązań dostosowujących komputery do ich potrzeb. Stanowi to ogromne wyzwanie w związku z rosnącą liczbą osób niepełnosprawnych oraz starzeniem się społeczeństwa. Artykuł stanowi próbę oceny stopnia wykorzystania możliwości w omawianym zakresie. Praca koncentruje się na czynnikach istotnych przy doborze komputerów dla osób niepełnosprawnych i w podeszłym wieku oraz determinantach postępu w tej dziedzinie.

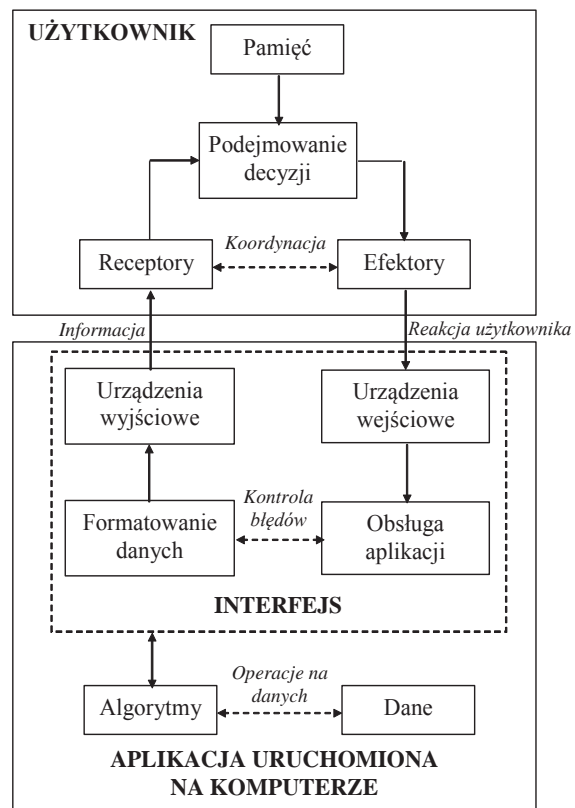
### Interfejsy człowiek–komputer

Interfejs człowiek–komputer (*human-computer interface*) określa sposób, w jaki użytkownik komunikuje się z komputerem. Zasadnicze funkcje interfejsu człowiek–komputer obejmują: wspomaganie pracy użytkownika, zapewnienie użytkownikowi dostępu do danych przechowywanych na komputerze i operacji na nich, zarządzanie informacją oraz ergonomię i organizację pracy.

W znaczącej części przypadków użytkownik nie musi nic wiedzieć o sterowanym systemie, poza znajomością jego obsługi. Tak więc interfejs na komputerze wcale nie musi dotyczyć samego komputera, lecz może sterować np. zewnętrznym systemem (np. inteligentnym domem). Szybki rozwój takich rozwiązań rozpoczął się we wczesnych latach 80. ubiegłego wieku, wraz z rozpowszechnieniem się graficznych interfejsów użytkownika (*graphic user interface* – GUI). Pozwalały one w podstawowym stopniu kształtować wielomodalną (tj. wykorzystującą więcej niż jeden zmysł) komunikację człowieka z komputerem przez: obraz nieruchomy, obraz ruchomy i tempo jego zmian, zmianę kolorów lub podświetlenia, ich lokalizację na ekranie, komunikaty dźwiękowe, reakcję komputera na wprowadzane komendy i dane itp. Możliwa stała się złożona nawigacja. Odtąd prostota lub złożoność interfejsu może decydować o jego ocenie przez użytkownika w zakresie złożoności i walorów użytkowych całego systemu. Opracowanie prostego i przejrzystego interfejsu użytkownika pozwoli

uczynić bardziej zrozumiałym działanie skomplikowanych urządzeń. Jakość interfejsu to parametr postrzegany przez użytkownika, nie zawsze mierzalny obiektywnie – stąd zaprojektowanie właściwego interfejsu jest prawdziwą sztuką.

Oprócz podejścia indywidualnego do użytkownika, ważne są również funkcje i całe systemy pracy zespołowej (*groupware*, *computer supported cooperative work* – CSCW), realizowane obecnie przez wykorzystanie zarówno tradycyjnych systemów teleinformatycznych (jak w MS SharePoint), jak i systemów rzeczywistości wirtualnej (*Virtual Reality* – VR) czy rzeczywistości rozszerzonej (*Augmented Reality* – AR, AugR). Przykładem są tu systemy wykorzystujące teleobecność czy systemy medyczne umożliwiające zdalne prowadzenie zabiegu chirurgicznego [2,3].



**Ryc. 1.** Miejsce interfejsu człowiek–komputer w procesie interakcji (wariant) [1]. Aplikacja (grupa aplikacji) może mieć więcej niż jeden interfejs o sposobie i zakresie dostępu zależnym np. od szerokości, obszaru obowiązków użytkownika, a w przypadku osób niepełnosprawnych – od rodzaju i stopnia deficytu.

**Fig. 1.** Place of human-computer interface within process of interaction (option) [1]. Application (group of applications) can have more than one interface with way and range of access depending on e.g. level and area of user responsibility, and among the disabled: kind and level of deficit).

**Ergonomia, użyteczność, skuteczność**

Interfejsy człowiek-komputer muszą uwzględniać ograniczenia człowieka:

- czasy manualnej reakcji użytkownika, definiowane przez prawo Fittsa,
- łatwość manipulacji (ergonomię manipulatorów) oraz wpływ zmęczenia i jednostajnych powtarzalnych ruchów,
- łatwość odszukania istotnych informacji, szybkość postrzegania i ograniczenia zmysłów człowieka,
- reakcje człowieka na atrakcyjność bodźców i wyszukiwanie odmienności,
- poziom koncentracji,
- mniejszą wiedzę użytkownika w stosunku do wiedzy projektanta interfejsu,
- wiek i zaawansowanie użytkownika oraz jego zróżnicowane reakcje (tzw. prowadzenie użytkownika),
- zróżnicowanie kulturowe,
- użyteczność (*usability, easy-to-learn, easy-to-use*), tj. dobre wspomaganie wykonywania określonych zadań użytkownika,
- u pacjentów niepełnosprawnych, ciężko chorych i w podeszłym wieku (deficyty poznawcze i ruchowe związane z nabytymi schorzeniami, procesami neurodegeneracyjnymi oraz naturalnymi zmianami wynikającymi ze starzenia się).

Rozwijane są tym samym efektywne narzędzia podnoszące jakość życia. Jednocześnie należy być świadomym możliwych negatywnych konsekwencji: spadku wagi relacji międzyludzkich, poczucia osamotnienia i depresji. Interfejs człowiek-komputer o tzw. wysokiej użyteczności powinien zapewnić:

- zgodność ze światem rzeczywistym, czytelne i estetyczne zobrazowanie stanu sterowanego systemu oraz wykonywanych operacji (bez przeładowywania niepotrzebnymi w danej chwili informacjami),
- zgodność z oczekiwaniami użytkowników oraz efektywność wspomaganie użytkownika,
- prowadzenie użytkownika i swobodę sterowania systemem (w tym możliwość cofania operacji itp.), rozpoznawanie i eliminację błędów użytkownika, odporność na błędy i zakłócenia z otoczenia,
- automatyzację typowych zadań, elastyczność i personalizację,
- łatwość instalacji i obsługi,
- spójność dialogu [4,5,6,7].

Ważne czynniki technologiczne w zakresie interakcji człowiek-komputer obejmują:

- maksymalne zbliżenie do naturalnych interfejsów,
- zarządzanie zasobami wiedzy, system organizacji i prezentacji informacji (należy pamiętać, że samo zgromadzenie dużych zasobów informacji nie jest równoznaczne z umiejętnością znalezienia właściwych danych we właściwym momencie),

- rozproszoną inteligencję,
- dyskretny, nienarzucający się sprzęt, mobilną i stacjonarną zintegrowaną infrastrukturę telekomunikacyjną,
- bezpieczeństwo [5,6].

Najczęściej spotykane wady interfejsów człowiek-komputer to:

- niedostosowanie do potrzeb użytkowników,
- nadmiar informacji, szczególnie przy braku czytelnej klasyfikacji prezentowanych danych,
- zbyt słabe wspomaganie realizacji zadań przez użytkownika, zbyt zawiła obsługa,
- mała elastyczność i skalowalność (ograniczona możliwość dostosowania poszczególnych rozwiązań do zmieniających się potrzeb),
- trudności we współpracy z innymi systemami (programami),
- niespójność w operacjach manualnych i w warstwie prezentacyjnej (np. użytkownik nie widzi skutków własnych działań, widzi je z opóźnieniem lub częściowo) [8,9,10].

**Badania**

Badania w zakresie interakcji człowiek-komputer obejmują wykorzystanie komputera w płaszczyźnie zarówno poznawczej, jak i społecznej oraz organizacyjnej. Jest to konieczne ze względu na tzw. paradoks produktywności, oznaczający coraz wolniejszy wzrost mierzalnej produktywności, przy coraz większych inwestycjach we wspomagające ją systemy komputerowe. Komputery stają się coraz szybsze, ale ich użytkownicy za tym nie nadążają. Interfejsy człowiek-komputer muszą to uwzględniać, gdyż projektuje się je w sposób przyjazny dla człowieka, a nie dopasowany do możliwości drugiej strony interakcji, czyli komputera lub nawet całego systemu teleinformatycznego. Według zasady Pareto, 80% użytkowników będzie wykorzystywało 20% funkcji interfejsu. Dostosowując do użytkownika niezbędne elementy regulacyjne oraz obrazowane informacje, interfejs dynamicznie wychwytuje te 20%, oszczędzając moc obliczeniową oraz skracając do minimum czas potrzebny na reakcję systemu. Najczęściej wykonywane polecenia stają się łatwo dostępne, a złożone, niezbyt często używane operacje – mogą być, w celu uniknięcia błędów, poprzedzone krótką wskazówką. Interakcja człowiek-komputer stawia zatem przed naukowcami następujące zasadnicze problemy badawcze:

- techniki stosowane przez ludzi podczas rozwiązywania zadania – można badać m.in. za pomocą techniki GOMS (*goals, operators, methods, selection rule* – cele, procedury, metody, zasady wyboru), która pozwala określić czas na wykonanie zadania i opanowanie go oraz zbadać możliwe do popełnienia błędy w celu ich eliminacji,

- przebieg procesów poznawczych podczas współpracy człowieka z komputerem, co można pokazać m.in. za pomocą modelu *Executive Process – Interactive Control* (EPIC), który pozwala porównać dwa różne rozwiązania stosowane w tym samym celu, badać koordynację ręka–oko, współdziałanie obu rąk czy wykonywanie dwóch czynności równocześnie (np. kierowanie samochodem i rozmowa przez telefon komórkowy),
- współpraca grup ludzi wykonujących wspólnie zadanie, co można obrazować m.in. metodą *Distributed Cognition*, służącą do badania współdziałania zespołów ludzkich (w tym podziału ról i wpływu otoczenia) w sytuacjach związanych z brakiem czasu oraz potrzebą koordynacji (np. współdziałanie zespołu na sali operacyjnej w centrach symulacji medycznej),
- wpływ czynników ogólnych (właściwych dla wszystkich ludzi) oraz wiedzy specjalistycznej (czynników indywidualnych i wyuczonych strategii) na szybkość przetwarzania informacji i odnajdywania właściwych danych,
- wpływ rodzaju źródła informacji na stopień ich wiarygodności oraz sposób ich rozpoznawania i klasyfikacji przez użytkowników,
- dodatkowo w obszarze interakcji osób z deficytami: wpływ tych deficytów na możliwości wykorzystania poszczególnych modalności do komunikacji z komputerem.

**Tabela I.** Wady i zalety klasycznych interfejsów typu WIMP (*window, icon, menu, pointer device*)  
**Table I.** Advantages and disadvantages of WIMP (Window, Icon, Menu, Pointer device) interfaces

Wady	Zalety
Obraz tylko 2D	środowisko bardziej przyjazne dla początkującego użytkownika
Brak rozpoznawania mowy, gestów, mimiki itp.	od interfejsów tekstowych, przyzwyczajenie użytkowników, czytelność,
W większości wypadków wykorzystana tylko jedna ręka	jednoznaczność, efektywność,
Ograniczone komunikaty dźwiękowe	elastyczność
Brak możliwości zaawansowanej komunikacji multimodalnej	

Badania w zakresie projektowania interakcji (*interaction design – IxD*) mają na celu znalezienie sposobu zabudowania założonych funkcjonalności systemu w przyjaznej dla użytkownika formie dostępu (interfejsie). Jest to realizowane głównie przez projektowanie zorientowane na użytkownika (*user-centered design – UCD*), przy czym potrzeby, wymagania i ograniczenia docelowego użytkownika są badane na każdym etapie procesu projektowego. Użytkownicy wybierają bowiem zwykle rozwiązania łatwe do obsługi, atrakcyjne wizualnie i użyteczne.

Postrzeganiem wzrokowym człowieka rządzą podstawowe reguły oparte na: bliskości elementów, podobieństwie elementów, domknięciu, tj. uzupełnianiu

przez umysł obrazu o spodziewane elementy, poszukiwaniu wspólnej drogi (połączenia), skokach i zatrzymywaniu wzroku na określonych punktach. Efekty te można osłabiać lub wzmacniać dodatkowymi bodźcami dźwiękowymi (sygnały, komunikaty głosowe), wzrokowym itp. [11]. Postrzeganie i koncentrację użytkownika można więc w pewnym stopniu kształtować.

Istotne jest również wykorzystanie odpowiednich barw:

- istnieją standardy percepcji barw, tzw. standardy nawigacyjne, klasyczne znaczenia im przypisywane (czerwona, pomarańczowa, zielona) oraz konieczność adaptacji kulturowej w tym zakresie,
- spójność i harmonia kolorystyczna – powoduje uniknięcie chaosu, dezorientacji użytkownika i odwracania jego uwagi,
- unikanie stosowania jaskrawych kolorów męczących odbiorcę,
- konieczność zapewnienia kontrastu i tła,
- zbyt skromna liczba barw również jest niewskazana, np. na stronach internetowych przyjmuje się jako standard  $5 \pm 2$  barw,
- uwzględnianie możliwego daltonizmu i innych deficytów użytkownika,
- unikanie niektórych kombinacji barw odległych od siebie na widmie, mogących powodować bóle głowy i zaburzenia widzenia.

Miganie napisu/ikony zwraca uwagę użytkownika, jednak zbyt wiele informacji migających jednocześnie rozprasza go. Ważne jest umiejscowienie informacji, na podstawie badań skupiania wzroku za pomocą okulografu (*eye tracker*), odmienne u użytkowników początkujących i zaawansowanych. Istotne jest więc intuicyjne i użyteczne rozmieszczenie elementów interfejsu w przestrzeni, dostosowane do sposobu sterowania. Trzeba pamiętać, że *eye tracking* sprawdza, w którym punkcie skupiony jest wzrok człowieka, natomiast nie jest w stanie kontrolować jego uwagi. Badania pokazują również, że w komunikacji człowieka z komputerem dominują w zasadzie dwa kody, przekładające się na styl interakcji:

- alfabetyczny – mówiony lub pisany (jak w sms), czasem równoważne dzięki programom odczytującym wiadomości tekstowe,
- ikonograficzny – ikony na ekranie (np. kosz czy format pliku) oraz emotikony.

Panuje pogląd, że symbole ikonograficzne są łatwiej przyswajalne, co pokazują badania nad grami dla dzieci. Trwa walka o prymat elementów graficznych (por. Windows 8 czy „kafelkowe” menu dotykowe w wielu tabletach i smartfonach) z tekstowymi. O ile zdjęcie czy rysunek mogą przenosić znaczną liczbę informacji, to jednak z reguły zajmują znacznie więcej miejsca w pamięci niż wiadomość tekstowa, dłużej trwa też ich przesłanie. Nabiera to większego znaczenia w sieciach pracujących z małymi szybkościami



transmisji oraz w systemach przetwarzających dużą liczbę grafik [12,13].

W zakresie badań nad sterowaniem komendami głosowymi z wykorzystaniem systemów rozpoznawania mowy (*speech recognition*) największy nacisk jest kładziony na:

- zwiększenie liczby rozpoznawanych komend (> 1000),
- zwiększenie dokładności rozpoznawania do co najmniej 95%, w tym przy zmieniających się użytkownikach (*speaker independent*), dużym zasobie słownictwa, możliwych zniekształceniach i zakłóceniach [14],
- przejście do translacji naturalnej (tzw. mowy ciągłej – *continuous speech*) dzięki implementacji reguł gramatycznych i składniowych [15],
- wprowadzenie tych rozwiązań do przetwarzania w czasie rzeczywistym w zbiorowiskach ludzkich,
- standaryzację i integrację rozwiązań (Sphinks, VUST, Lexical Tree Search), również w formie elementów systemów wielomodalnych [16].

Sterowanie sygnałami bioelektrycznymi mózgu, tj. sygnałami elektrofizjologicznymi pobieranymi z ośrodkowego układu nerwowego, staje się możliwe dzięki interfejsom mózg–komputer (*brain-computer interface* – BCI). Rozwiązania prototypowe (np. nieinwazyjny Wadsworth BCI System czy implantowany Brain Gate2) umożliwiają przede wszystkim obsługę „myśla” prostych programów komunikacyjnych oraz sterowanie neuroproteżami lub innymi urządzeniami [17,18,19,20,21].

Rozwój badań z tym zakresie dotyczy: doboru i pozyskiwania sygnałów do sterowania interfejsami mózg–komputer; samych interfejsów (w tym implantowanych bezinwazyjnie), i ich oprogramowania; procedur doboru interfejsu dla konkretnego użytkownika oraz treningu w użytkowaniu, zwiększenia efektywności systemu przy niskich prędkościach transmisji.

Rozpoznawanie pisma odręcznego jest możliwe, natomiast coraz częściej stawiane jest pytanie o jego celowość w epoce powszechności sms-ów i e-maili. Młodsze pokolenia częściej będą pisały szybciej na klawiaturze (nawet szczytkowej) niż odręcznie, szczególnie z użyciem ikon (np. emotikonów) i skrótów.

Badania nad komunikacją wielomodalną pokazały, że mimo znacznego zaawansowania technicznego nie zawsze jesteśmy w stanie sprostać jej wymaganiom [22,23,24,25,26], przede wszystkim z następujących względów:

- każdy z użytkowników może mieć swoją preferowaną modalność (sposób przekazu) lub ich grupę – w tym kontekście ciekawe wydaje się wykorzystanie najpopularniejszego manipulatora, czyli pilota od telewizora i menu ekranowego,
- efektywność interfejsu zależy nie tylko od uwzględnienia jak najszerszego przekroju prefe-

rencji użytkowników, ale również możliwych kontekstów użycia, motywacji, szybkości i sposobu uczenia się, wieku, doświadczenia oraz właściwości zadania,

- trudno o jednoznaczność – te same polecenia wprowadzane dowolną modalnością (np. z klawiatury, głosowo, naciśnięciem przycisku lub ustalonym kodem) muszą powodować dokładnie ten sam efekt,
- musi być zapewniona synchronizacja czasowa między tym, co użytkownicy mówią lub robią i tym co widzą, przekłada się to również na mniejszą liczbę błędów dzięki własności „dopełniania” informacji przez użytkownika,
- kluczowa jest bezpośrednia wielomodalna dostępność funkcji typu „cofnij polecenie”, „wyjdź” i „wejdź/wprowadź dane”,
- informacje dynamiczne, odnoszące się do przestrzeni czy wyobraźni (np. identyfikacja czy lokalizacja obiektów), odnoszą lepszy skutek przekazywane jako obraz lub obraz z dźwiękiem czy krótkimi komunikatami, często z wykorzystaniem więcej niż jednej modalności w ramach reakcji użytkownika,
- informacje statyczne oraz sygnały alarmowe i informacyjne odnoszą lepszy skutek jako komunikaty dźwiękowe (sygnały lub informacje głosowe), najczęściej z wykorzystaniem jednej modalności w ramach reakcji użytkownika,
- użytkownicy chcąc zapewnić prywatność lub poufność komunikacji preferują komunikację inną niż głosową,
- pojawienie się błędów musi umożliwiać użytkownikowi niezwłoczne ich poprawienie z użyciem innej modalności.

Odrębnym niezwykle interesującym polem badawczym jest kwestia tzw. wiedzy utajonej człowieka. Wiedza ta, bazując na doświadczeniu zebranych przez całe życie, stanowi jedno z możliwych rozwiązań problemu podejmowania trafnych decyzji w sytuacji niepełnej informacji i bardzo ograniczonego czasu. Intuicyjny wybór najlepszego rozwiązania, bez szczegółowego rozważania wszystkich za i przeciw, wydaje się obarczony dużym ryzykiem, niemniej jednak w dużej liczbie przypadków okazuje się trafny.

#### **Wymagania osób z deficytami w odniesieniu do interakcji z komputerem**

Rozwój społeczeństwa informacyjnego oraz nacisk na poprawę jakości życia osób niepełnosprawnych, ciężko chorych i w podeszłym wieku realizowany od połowy XX wieku w ramach modelu holistycznego oraz biopsychospołecznego podejścia do pacjenta spowodował nacisk na wykorzystanie korzyści płynących z szerszego wykorzystania komputerów również w tych grupach pacjentów.

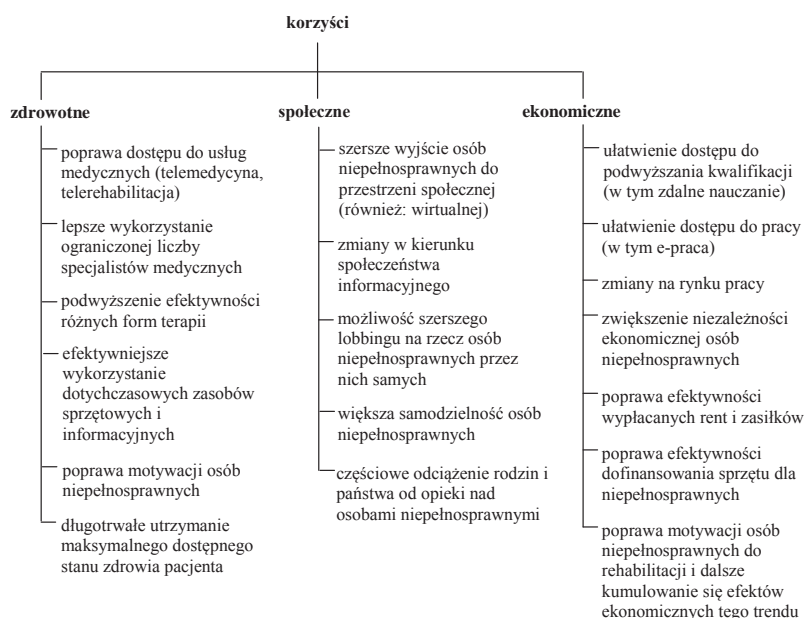
Wydaje się, że interakcja człowiek–komputer w odniesieniu do użytkowników z deficytami nie znajduje

w polskim piśmiennictwie naukowym miejsca odpowiadającego wadze tego problemu. Mimo kilku ciekawych prac, w tym również naszego autorstwa, oraz programów społecznych (w tym finansowanych z UE), oferta na rynku krajowym nie wzrosła znacząco, a dość wysokie dotychczas ceny adaptacji komputera nie spadły. Sytuację tę poprawiają poradniki dotyczące doboru komputera i oprogramowania dla osób w podeszłym wieku, ważną rolę dydaktyczną odegrały w tym zakresie również uniwersytety trzeciego wieku. Choć adaptacja komputera do potrzeb osób w podeszłym wieku wchodzi w zakres technologii wspomagającej (*assistive technology* – AT), to w Polsce należy zarówno do fizjoterapii i rehabilitacji, promocji zdrowia, opieki społecznej, jak i inżynierii rehabilitacyjnej oraz informatyki medycznej, brak bowiem całościowego naukowego i klinicznego ujęcia AT. Najczęściej używane w naszym kraju pojęcia: zaopatrzenia ortopedycznego czy zaopatrzenia rehabilitacyjnego wydają się nie obejmować tak szeroko pojętych rozwiązań automatyzacji otoczenia osoby niepełnosprawnej. Co więcej, popularyzacja ICF (*International Classification of Functioning, Disability and Health*) oraz modelu HAAT (*Human Activity Assistive Technology* [31,32]) przedłuża się, głównie ze względu na problemy z uproszczeniem i informatyzacją tych rozwiązań.

Właściwy dobór interfejsu podnosi jego walory dla użytkowników. Najważniejsze jest określenie charakterystyki użytkownika (rodzaj/poziom deficytu, spe-

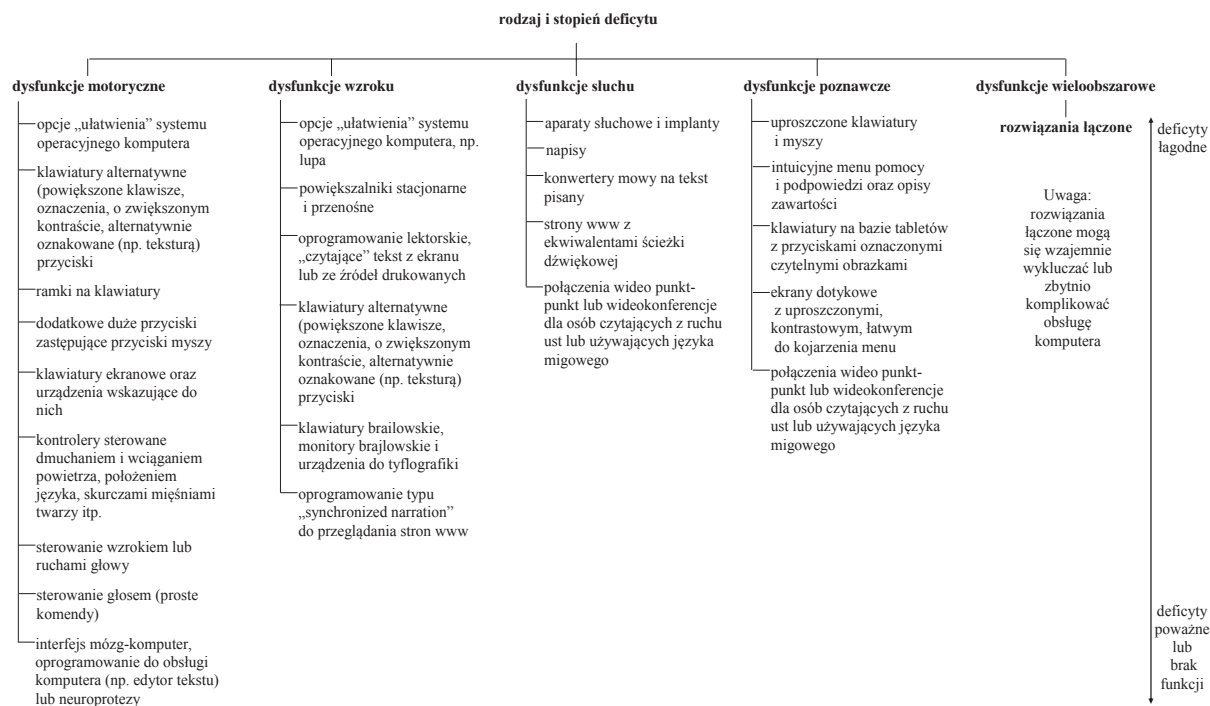
cialista/laik, początkujący/zaawansowany itp.) i jego wymagań. Interfejs powinien działać na zasadzie synergii: wzmacniać możliwości użytkownika oraz nie uwypuklać jego ograniczeń. Poprawne wykorzystanie interfejsu może poprawić percepcję przekazu, natomiast nieznanomość podstawowych reguł drastycznie pogarsza użyteczność systemów interakcyjnych [33]. Negatywne skutki spadku komunikacji w relacji użytkownik–komputer mogą objawiać się m.in. przeladowaniem informacyjnym lub zadaniowym użytkownika, wzrostem ryzyka popełnienia przez niego błędu oraz spadkiem ogólnej efektywności całego systemu. Kluczem, nie tylko do interfejsów w systemach związanych z ochroną zdrowia, jest przekaz zoptymalizowany z punktu widzenia istniejącego kontekstu pod kątem jasności, efektywności i jednoznaczności interpretacji. Sprowadza się to do stosowania następujących zasad:

- przemyślane ograniczanie z uwzględnieniem kontekstu,
- wychwytywanie i podkreślanie istotnych informacji,
- organizowanie wiedzy przez jej priorytetowanie, sortowanie oraz scalanie podobnych zasobów,
- nacisk na oszczędność czasu jako parametru krytycznego: zobrazowanie w czasie rzeczywistym (*real time* – RT) lub zbliżone do czasu rzeczywistego (*near-real time* – NRT) nakłada wymagania zarówno na charakterystykę transmitowanego sygnału, jak i sposób jego przetwarzania,
- różnicowanie i rozwój użytkowników.



**Ryc. 2.** Zasadnicze korzyści z wykorzystania komputerów przez osoby niepełnosprawne, ciężko chore i w podeszłym wieku [27,28,29,30].

**Fig. 2.** Basic benefits associated with computer use by disabled, seriously ill, and elderly people [27,28,29,30].



**Ryc. 3.** Wybrane urządzenia wspomagające obsługę komputera wykorzystywane przez osoby niepełnosprawne [27,28,29,30]. Uwaga: przy doborze ww. urządzeń w pierwszej kolejności należy sprawdzić, czy w przypadku danego pacjenta wystarczającym rozwiązaniem nie byłby seryjny komputer dedykowany osobom w podeszłym wieku.

**Fig. 3.** Selected devices supporting computer use by disabled people [27,28,29,30]. Note: when selecting above-mentioned devices, first check whether commercial computer dedicated to the elderly would not be sufficient solution for particular patient.

Spełnieniu oczekiwań użytkowników sprzyja dyskretne prowadzenie użytkownika oraz zapewnienie mu poprawnego współdziałania ze sterowanym systemem w warunkach hałasu, wibracji, pyłu i kurzu, podwyższonej temperatury i wilgotności oraz zmiennej natężenia oświetlenia otoczenia. Ważna jest waga, wymiary, czas życia akumulatorów, kompatybilność (w tym liczba i rodzaj portów) z innymi elementami wyposażenia w ramach systemów zintegrowanych oraz redundancja (nadmiarowość), pozwalająca poprawnie funkcjonować pomimo uszkodzeń. Środowiska zintegrowane znacznie zwiększają możliwości pojedynczego terminalu, niemniej jednak, ze względu na bezpieczeństwo danych, warto rozważyć opcję wykorzystania terminalu użytkownika. Terminal taki (laptop, tablet, smartfon, oprogramowanie wózka, protez, egzozkieletu), może być podłączany z dowolnego miejsca i dowolnym sposobem, z kontem użytkownika przenoszonym wraz z nim z terminalu na terminal i danymi przechowywanymi na serwerze. Wybór konkretnego rozwiązania jest związany z przeznaczeniem i warunkami pracy danego użytkownika.

**Kierunki rozwoju**

Obecnie za najnowocześniejsze uważa się rozwiązania wirtualne 3D (*immersive environments*), zarówno naśladowujące rzeczywistość, jak i tworzące sztuczne

środowiska (np. do przeszukiwania danych). Ich szczególną odmianą są wirtualne obszary pracy wspólnej całych zespołów (*collaborative virtual environments*). Użytkownicy mogą być w nich reprezentowani bezpośrednio lub pośrednio poprzez awatary. Najpowszechniej stosowanymi rozwiązaniami tego typu są *Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)* i *head-mounted display (HMD)* [34,35,36]. Różnice indywidualne między użytkownikami i rozwiązaniami im dedykowanymi mogą się uwidaczniać w organizacji wiedzy, zdolnościach motorycznych, umiejętności przyciągnięcia i utrzymania skupienia uwagi, dostosowaniu szybkości i sposobu prezentacji informacji do możliwości percepcji, kontekstu oraz preferencji użytkownika. Trwają prace nad obrazowaniem holograficznym, a w zakresie analizy danych: nad systemami prognozującymi, również w odniesieniu do zdarzeń, które nigdy wcześniej nie miały miejsca. Obszary rozwojowe w dziedzinie manipulatorów obejmują: rękawice, kombinezony i uprząże oraz interfejsy wbudowane bezpośrednio w ubranie, pozwalające zachować wolne dłonie. W przypadku konieczności wykorzystania w interfejsie funkcji dłoni rozwiązaniem są rękawice sterujące wywodzące się z gier komputerowych czy manipulatory wywodzące się z rozwiązań komercyjnych, takich jak Kinect, Move czy EyeToy.

Przyszłością jest wtopienie się komputerów w otoczenie, aż przestaną być dostrzegalne, np. dzięki technologii inteligentnego domu (*strat home*), inteligentnego ubrania (*i-wear, wereable computing, affective wereable*) czy inteligencji otoczenia (*ambient intelligence* – Aml), a także wyposażenie komputerów w możliwość rozpoznawania, analizy, a nawet kształtowania nastroju użytkownika podczas interakcji i np. zmniejszenie stresu użytkownika dzięki informatyce afektywnej (*affective computing* – AC) [37].

Wizja inteligencji otoczenia (Aml) wydaje się najbardziej prawdopodobną perspektywą interfejsów człowiek–komputer oraz dostępu do sieci teleinformatycznych kolejnych generacji. Oprócz łatwości użytkowania oraz personalizacji mogą one zapewnić pożądaną w systemach związanych z opieką zdrowotną redundancję, przez co systemy stają się odporniejsze na awarie i celowe uszkodzenia. W zależności od potrzeb komunikacja z komputerem może przechodzić od prostych komend (np. głosowych lub tekstowych) do dialogu opartego na komunikacji wielomodalnej i złożonym obrazowaniu. W przypadku złożonych systemów teleinformatycznych celowe wydaje się stosowanie jednocześnie wielu opcjonalnych interfejsów dostosowanych do wyposażenia, sposobu i szybkości transmisji oraz deficytów użytkownika, jego uprawnień i poziomu zaawansowania technicznego, a także ilości i sposobu obrazowania przekazywanych informacji. Przystosowanie człowieka do używania

kodów alfabetycznego i ikonograficznego ułatwia wprowadzenie podobnych rozwiązań i znacznie zmniejsza objętość przesyłanych danych.

## PODSUMOWANIE

Postępująca automatyzacja i robotyzacja otoczenia człowieka, konieczność sterowania złożonymi urządzeniami oraz komunikowania się człowieka z całym systemami teleinformatycznymi spowodowały wyłonienie się nowej dziedziny naukowej: interakcji człowiek–komputer. Wzrost nasycenia otoczenia osób niepełnosprawnych i w podeszłym wieku systemami informatycznymi jest nieunikniony – pokazuje to rozwój systemów telemedycznych i telerehabilitacyjnych oraz robotyki medycznej. Rozwój ten – właściwie ukierunkowany – pozwoli na rozsądne i efektywne ich wykorzystywanie.

Dobrze zaprojektowane, intuicyjne interfejsy człowiek–komputer pozwalają skrócić czas szkolenia użytkownika, zmniejszyć wymagania na jego wiedzę początkową oraz położyć nacisk na praktyczne wykorzystanie w konkretnych zastosowaniach czy kontekstach. Stąd projektowanie efektywnych interfejsów człowiek–komputer, dedykowanych osobom z deficytami, przekłada się zarówno na zwiększenie samodzielności pacjentów, jak i na sukces wdrażanych systemów.

## PIŚMIENNICTWO

1. Szpunar M. Interfejs użytkownika jako sposób komunikacji z komputerem. *Global Media Journal Polish Edition* 2007; 1(3): 117–125.
2. Sucher J.F., Todd S.R., Jones S.L., Throckmorton T., Turner K.L., Moore F.A. Robotic telepresence: a helpful adjunct that is viewed favorably by critically ill surgical patients. *Am. J. Surg.* 2011; 202: 843–847.
3. Haidegger T., Sándor J., Benyó Z. Surgery in space: the future of robotic telesurgery. *Surg. Endosc.* 2011; 25: 681–690.
4. Bowman D.A., Kruijff E., LaViola J.J. et al. 3D user interfaces: theory and practice. Addison Wesley Professional, Boston 2005.
5. HCI models, theories, and frameworks: toward a multidisciplinary science. Red. J.M. Carroll. Morgan Kaufmann Publishers, Massachusetts 2003.
6. Dix A., Finlay J.E., Abowd G.D. *Human Computer Interaction*. Prentice Hall, Upper Saddle River 2005.
7. Karwatka T. Usability w e-biznesie. Co kieruje Twoim klientem? Helion, Gliwice 2009.
8. Preece J., Rogers Y., Sharp H. *Interaction Design beyond Human Computer Interaction*. John Wiley & Sons, New York 2002.
9. Shneiderman B., Plaisant C. *Designing the user interface: strategies for effective Human-Computer Interaction*. Addison-Wesley Professional, Boston 2005.
10. Rosson M.B., Carroll J.M. *Usability engineering: scenario-based development of Human Computer Interaction*. Morgan Kaufmann Publishers, Massachusetts 2001.
11. Wright R.D., Ward L.M. *Orienting of attention*. Oxford University Press, Oxford 2008.
12. Manovich L. *Język nowych mediów*. Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2006.
13. Gogolek W. *Technologie informacyjne mediów*. ASPRA, Warszawa 2006.
14. 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, p. 239–242.
15. Dimitriadis D., Segura J.C., Garcia L. i wsp. Advanced front-end for robust Speech Recognition in extremely adverse environments. The Proceedings of INTERSPEECH 2007, 8<sup>th</sup> Annual Conference of the International Speech Communication Association 2007, p. 1–4.
16. Jones D., Wolf F., Gibbon E. i wsp. Measuring the readability of automatic speech-to-text transcripts. Materiały konferencji EUROSPEECH 2003, p. 1585–1588.
17. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Interfejsy mózg–komputer jako rozwiązania dla osób niepełnosprawnych z uszkodzeniami układu nerwowego. *Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania* 2012; III/2012(4): 19–36.
18. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Neuroprostheses for increasing disabled patients' mobility and control. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2012; 21: 263–272.
19. Birbaumer N., Cohen L.G. Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis. *J. Physiol.* 2007; 579: 621–636.
20. Birbaumer N. Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control. *Psychophysiology* 2006; 43: 517–532.
21. Wolpaw J.R. Brain-computer interfaces as new brain output pathways. *J. Physiol.* 2007; 579: 613–619.
22. Oviatt S. *Multimodal interfaces, The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies and emerging applications*. Lawrence Erlbaum Associates, Routledge 2002.
23. Bangalore S., Johnston M. Robust understanding in multimodal interfaces. *Computational Linguistics* 2009; 35: 345–397.
24. Bourguet M.-L. Handling uncertainty in multimodal pervasive computing applications. *Computer Communications* 2008; 31: 4234–4241.
25. Oviatt S., Cohen P., Wu L. i wsp. Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: state-of-the-art systems and future research directions. *Human-Computer Interaction* 2000; 15: 263–322.
26. Oviatt S., Lunsford R., Coulston R. Individual differences in multimodal integration patterns: what are they and why do they exist? Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, April 02–07, 2005, Portland, Oregon, USA.



27. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Komunikacja dla osób niepełnosprawnych w środowiskach nowych mediów. *Lingua ac Communitas* 2012; 22: 89–112.
28. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Dobór komputera dla osób niepełnosprawnych – doświadczenia własne. *Acta Bio. Opt. Inform. Med.* 2012; 8: 171–174.
29. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Neurorehabilitacja XXI wieku. Techniki teleinformatyczne. Impuls, Kraków 2011.
30. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Wsparcie teleinformatyczne aktywizacji edukacyjnej i zawodowej osób niepełnosprawnych – propozycja rozwiązania. *Roczniki Ekonomiczne KPSW* 2011; 4: 285–294.
31. Lenker J.A., Paquet V.L. A review of conceptual models for assistive technology outcomes research and practice. *Assist. Technol.* 2003; 15: 1–15.
32. Cook A., Hussey S. *Assistive technologies: principles and practice*. Mosby, St. Louis 1995.
33. Z. Wiśniewski: Ergonomia interfejsów. W: Rola informatyki w naukach ekonomicznych i społecznych. Innowacje i implikacje interdyscyplinarne. Red. Z. Zieliński. T 1 2/2009. Wyższa Szkoła Handlowa, Kielce 2009.
34. U. S. Army Weapon Systems Human-Computer Interface Style Guide v. 3 1999 <http://www.deepsloweasy.com/HFE%20resources/Army%20WS-HCI%20Style%20Guide%201999.pdf> – data pobrania 14.07.2013 r.
35. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Od komputera do niezależności życiowej. *Niepełnosprawność i Rehabilitacja* 2009; 1: 115–120.
36. Mikołajewska E., Mikołajewski D. E-learning in the education of people with disabilities. *Adv. Clin. Exp. Med.* 2011; 20: 103–109.
37. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Informatyka afektywna w zastosowaniach cywilnych i wojskowych. *Zeszyty Naukowe WSOWL*, 2013, 2(116): 171–184.