

## Wybrane zagadnienia projektowania interfejsu człowiek-komputer dla osób niepełnosprawnych

### 1. Koncepcja analizy ruchów praksyjnych

W miarę upływu czasu komputery osobiste stają się narzędziem coraz powszechniej wykorzystywanym przez indywidualnych użytkowników, znajdując swoje zastosowanie w całym spektrum działalności człowieka, począwszy od pracy zawodowej, poprzez twórczość aż po rozrywkę. Wzrost liczby użytkowników komputerów wiąże się między innymi z ciągłym zwiększaniem się w tej grupie również ilości osób podlegających różnorodnym barierom i ograniczeniom sprawności. Skłania to do prowadzenia poszukiwań takich interfejsów sterujących pracą komputera, które byłyby możliwie najbardziej uniwersalne z punktu widzenia stawianych użytkownikowi wymagań sprawności intelektualnej i fizycznej.

Obecnie powszechnie wykorzystywane rozwiązania komunikacji człowiek-komputer opierają się w większości na założeniach graficznego interfejsu użytkownika. Ten rodzaj komunikacji przyjęty jest przede wszystkim w systemach operacyjnych komputerów osobistych wykorzystywanych do prywatnego, domowego użytku. Ponieważ zapotrzebowanie na interfejsy ułatwiające pracę z komputerem osobom dotkniętym szeroko pojętymi barierami sprawności dotyczy zasadniczo personalnych zastosowań komputerów, dlatego też owe ułatwienia dostępu powinny dotyczyć interfejsu graficznego [P. Wołoszyn, J. Przybyło, M. Jabłoński 2003].

Oprócz wielu niewątpliwych zalet graficzny interfejs użytkownika rozpoznany wśród popularnych systemów operacyjnych obciążony jest kilkoma poważnymi wadami, których znaczenie można ocenić dopiero po konfrontacji wymagań stawianych przez interfejs z możliwościami percepcyjnymi i ruchowymi osoby niepełnosprawnej. Interfejs ten powstał i podlegał ewolucji w ścisłym związku z typowymi urządzeniami wejściowymi, w które systemy komputerowe były i nadal są wyposażane. Uzależnienie założeń funkcjonalnych interfejsu od budowy i sposobu działania klawiatury i myszy komputerowej doprowadziło do wytworzenia silnie zakorzenionych zaszczości obejmujących zarówno sposób wizualizacji stanu systemu, jak i wydawania przez użytkownika poleceń.

We współczesnym graficznym interfejsie użytkownika sterowanie systemem komputerowym polega przede wszystkim na wskazywaniu, za pomocą myszy

bądź innego manipulatora, aktywnych elementów obrazu prezentowanego człowiekowi, rozmieszczonych w pewnym układzie geometrycznym. Ten paradygmat komunikacji człowiek-komputer obarczony jest następującymi wadami:

- nadmiarowość czynności wskazania, któremu towarzyszyć musi dodatkowe zatwierdzenie dokonania tego aktu (na przykład za pomocą kliknięcia przycisku myszy),

- mnogość sposobów dokonywania i zatwierdzania wskazań powiązanych z aktywacją odmiennych funkcji systemu (lista podstawowych czynności, jakie użytkownik wykonuje w systemie MS Windows zawiera kilkadziesiąt rodzajów wskazań i kliknięć),

- nagromadzenie wielu funkcji systemu w jednym aktywnym elemencie wizualnym umożliwiającym aktywowanie wszystkich tych czynności (przykładem jest reprezentacja pojedynczego pliku w aplikacji Eksplorator Windows),

- konieczność podejmowania dodatkowych akcji w celu uzyskania pomocy na temat poleceń systemu lub obsługi aplikacji (otrzymanie dodatkowych informacji samo w sobie wymaga wydania polecenia systemowi).

Poszukując sposobów uniknięcia lub złagodzenia wymienionych wad należy skupić się nie tyle na modyfikacji istniejącego interfejsu, co na tworzeniu odmiennego paradygmatu komunikacji użytkownika z komputerem. Jedną z metod mogących prowadzić do przynajmniej częściowego rozwiązania zarysowanego problemu jest wykorzystanie techniki analizy ruchów praktyjnych (ARP) zaproponowanej w [P. Wołoszyn, R. Tadeusiewicz 2003]. Technika ta dąży do naśladowania naturalnego zachowania człowieka posługującego się w codziennym życiu gestem jako formą przekazu niewerbalnego. Gesty wykonywane przez człowieka mają charakter ruchów praktyjnych (celowych), w szczególności jeśli ich przeznaczeniem jest wskazanie określonego kierunku lub obiektu otoczenia. Wskazania takie są dla drugiego człowieka jednoznaczne i nie wymagają dodatkowego potwierdzenia, wykonywane są spontanicznie i intuicyjnie.

Interfejs ARP zakłada podobny wzorzec komunikacji człowieka z komputerem. Przekaz w kierunku od systemu do użytkownika wykorzystuje generowany przez komputer obraz jako nośnik informacji. Obraz ten zawiera elementy aktywne podobne do elementów spotykanych w rozpowszechnionych interfejsach graficznych, obowiązuje jednak zasada powiązania każdego elementu wizualnego z jedną i tylko jedną funkcją systemu. Aktywowanie tej funkcji odbywa się po dokonaniu wskazania powiązanego elementu. W procesie wskazywania udział bierze ruchomy wskaźnik widoczny na obrazie, również zaczerpnięty z klasycznego interfejsu graficznego, pełniący rolę wirtualnego odpowiednika ludzkiej ręki wskazującej pewien kierunek. Odpowiedzialność za rozpoznanie wskazywanego elementu obrazu, a w szczególności za ustalenie, czy wskazanie miało miejsce bądź czy użytkownik wycofał się z podjętego zamiaru, leży po stronie interfejsu, nie zaś człowieka.

Podczas pracy użytkownika z wyposażonym w interfejs ARP systemem komputerowym ten ostatni znajduje się w położeniu przypominającym człowieka obserwującego gestykulującą osobę. Niektóre z gestów wyrażają stanowcze decyzje, inne świadczą o wahaniu i niepewności nadawcy przekazu. Odróżnianie obu rodzajów wskazań, oznaczających odpowiednio wydanie polecenia oraz oczekiwanie pomocy, jest również zadaniem interfejsu. Przyjęta zostaje reguła, zgodnie z którą wskazanie elementu w sposób wyrażający decyzję powoduje aktywację funkcji powiązanej z elementem, podczas gdy wskazanie tego samego elementu oznaczające niepewność przywołuje pomoc z nim związaną.

Nieodzowną cechą interfejsu ARP musi być zatem zdolność inteligentnego odróżniania charakteru różnych wskazań, przy czym rozróżnienie to oparte może być wyłącznie na analizie dynamiki ruchu wskaźnika przemieszczanego przez człowieka. ARP zakładając rezygnację z jakichkolwiek dodatkowych sygnałów zatwierdzających wskazanie zwalnia użytkownika z konieczności użycia przycisków myszy lub innych dodatkowych kontrolerów, nakłada jednak na sam interfejs wysokie wymagania pod względem narzędzi sztucznej inteligencji zaangażowanych w analizę ruchów.

Dotychczas rozwijany graficzny interfejs użytkownika wprowadził wyraźną dysproporcję między złożonością wizualizacji stanu systemu a złożonością interakcji, jakie użytkownik podejmuje z elementami tej wizualizacji. Tendencja do stopniowego komplikowania sposobów wskazywania i operowania obiektami interfejsu graficznego, przy niewielkich zmianach wyglądu i rozmieszczenia tych obiektów na obrazie, uległa utrwaleniu jako najprostsze programistycznie rozwiązanie. Z tego powodu wprowadzenie koncepcji ARP do istniejących interfejsów graficznych, na przykład do interfejsu dostępnego w systemie Windows, wymagać będzie zastosowania pewnego rodzaju pomostu między użytkownikiem a systemowym interfejsem graficznym. Wynika to z braku możliwości zmiany zachowania aplikacji i sposobu wizualizacji ich stanu bez głębokiej ingerencji w szereg komponentów zaprojektowanych i wykonanych przez producentów zarówno systemu operacyjnego, jak i pozostałego oprogramowania.

Wspomniany pomost, omówiony wcześniej w [P. Wołoszyn, J. Przybyło, M. Jabłoński 2003], musi zatem pełnić dwojaką rolę. Po pierwsze, będzie nią interpretowanie wskazań dokonywanych przez użytkownika i przekładanie ich na analogiczne, zrozumiałe dla systemu operacyjnego akcje wyrażone za pomocą sekwencji czynności wykonanych typowymi urządzeniami wejściowymi. Po drugie, zadaniem pomostu będzie zapewnianie jednoznacznego powiązania elementów wizualnych z funkcjami systemu. W celu uzyskania relacji: jeden element — jedna funkcja, bez ingerowania w zasadniczy obszar interfejsu systemowego, konieczne będzie posługiwanie się dodatkowymi elementami wizualnymi obrazującymi różne możliwości interakcji z oryginalnym elementem, tak aby można było je niezależnie wskazywać.

Koncepcja ARP w połączeniu z istniejącym typowym graficznym interfejsem użytkownika stanowiłaby zatem swoistą warstwę rozszerzającą funkcjonalność systemu operacyjnego raczej niż samodzielny, spójny interfejs. Choć rozwiązanie takie może wydawać się nieco niezręczne, jego zaletą jest zgodność z rozpowszecznionymi systemami pozwalająca zachować dostęp do popularnego oprogramowania użytkowego bez potrzeby tworzenia odrębnych systemów wyposażonych już od podstaw w interfejs ARP.

Warto jednak zauważyć, że ARP może stanowić samodzielny interfejs sterujący pracą systemu komputerowego już bez pośrednictwa innych, głębszych warstw. Przykładem środowiska, w którym implementacja ARP nie wymagałaby głębokiej ingerencji w przebieg komunikacji komputera z użytkownikiem, są systemy internetowe, do których użytkownik uzyskuje dostęp za pomocą przeglądark hipertekstowych. Z natury dokumentów wizualizowanych w przeglądarkach wynika, że podstawową formą wydawania poleceń w tego rodzaju systemach jest wskazywanie i aktywowanie hiperłączy zawartych w dokumentach. Pojedyncze łącze może być skojarzone wyłącznie z jedną funkcją systemu, gdyż przewiduje się tylko jeden rodzaj aktywacji łącza bez względu na rodzaj użytego do tego celu urządzenia wejściowego po stronie użytkownika. Aby uzyskać niemal pełną zgodność tego modelu komunikacji z założeniami ARP należy tylko wprowadzić po stronie użytkownika mechanizm analizy ruchów wskaźnika ekranowego i detekcji wskazań. Zadanie rozpoznawania ruchów wskazujących może być w istocie realizowane nawet przez odpowiednio dostosowaną przeglądarkę internetową.

## 2. Interfejs ARP a użytkownicy niepełnosprawni

Choć interfejs analizy ruchów praksyjnych jest koncepcją uniwersalną i kierowaną do wszystkich użytkowników, to w przypadku osób podlegających ograniczeniom sprawności podstawowe założenia ARP oferują silne wsparcie ze strony interfejsu, pozwalające na ułatwienie korzystania z komputera. Wprawdzie wyposażenie niepełnosprawnego użytkownika w dostosowane do jego potrzeb urządzenia sterujące jest konieczne, aby mógł on wydawać polecenia systemowi komputerowemu, jednakże dzięki zastosowaniu podejścia ARP dysproporcja wymagań stawianych przed człowiekiem i komputerem zostaje przesunięta na korzyść człowieka (tabela 1). ARP jest szczególnie obiecującą metodą w przypadku osób o skrajnie zawężonym repertuarze ruchów, a oczekujących możliwości pracy ze standardowym graficznym interfejsem użytkownika.

Sygnałem sterującym interfejsem ARP jest wyłącznie zmienne w czasie położenie wskaźnika. Oznacza to, że do obsługi tego rodzaju interfejsu wystarcza dowolne urządzenie wejściowe zdolne przekazać ruch. Urządzenie wskazujące nie musi zatem naśladować typowej myszy komputerowej ani pod względem konstrukcyjnym, ani funkcjonalnym. W szczególności nie musi być ono wyposażone w szereg przycisków, rolek lub innych dodatkowych kontrolerów. Upraszcza to

znacznie problem dostosowania urządzenia wskazującego do potrzeb indywidualnego użytkownika w sytuacji, gdy dana osoba nie jest w stanie wykonywać skomplikowanych manipulacji lub dysponuje jedynie niewielkim repertuarem niezależnych ruchów. Zarazem nie wyklucza to także użycia standardowej myszy.

Sposób wskazywania elementów obrazu prezentowanego użytkownikowi powinien posiadać pewne charakterystyczne cechy, aby można było prawidłowo przeprowadzać detekcję i rozróżnianie wskazań. Nie oznacza to jednak, że styl wskazywania obiektów musi być identyczny dla wszystkich użytkowników. Użytkownik w pełni sprawny może wskazywać obiekty na ekranie monitora podobnie, jak posługując się własną ręką. Osoba niepełnosprawna może jednak dokonywać wskazań w zupełnie odmienny sposób, zwłaszcza gdy nie porusza wskaźnikiem za pomocą dłoni, lecz wykorzystuje inne urządzenia wejściowe dostosowane do jej możliwości ruchowych. Z punktu widzenia interfejsu ARP sposób, w jaki przebiega proces wskazywania elementów obrazu, nie jest istotny, ważne natomiast jest, aby był to sposób charakterystyczny dla danej osoby, powtarzalny

Tabela 1

Problemy dostępności stwarzane przez typowy graficzny interfejs użytkownika i możliwości ich rozwiązania oferowane przez interfejs ARP

Wymaganie GUI	Bariera użytkownika	Wsparcie ARP
zatwierdzanie wskazania elementu obrazu	ograniczenie liczby ruchów dowolnych	brak potrzeby dodatkowego zatwierdzania wskazań
wiele sposobów zatwierdzania wskazań aktywujących różne funkcje	ograniczenie sprawności ruchowej lub intelektualnej	dwa rodzaje wskazań, z czego tylko jedno interpretowane jako polecenie
odróżnianie wielu funkcji zgromadzonych w jednym elemencie wizualnym	trudności percepcyjne i intelektualne	powiązanie tylko jednej funkcji z jednym elementem wizualnym
podejmowanie dodatkowych akcji w celu uzyskania pomocy	ograniczenie sprawności ruchowej lub intelektualnej	pomoc kontekstowa dostępna bezpośrednio poprzez wskazanie elementu obrazu
możliwości ruchowe i percepcyjne użytkownika zgodne z przeciętnymi	użytkownik znacznie odbiega swoimi możliwościami od przeciętnego człowieka	elastyczne dopasowanie interfejsu poprzez proces uczenia się zachowań konkretnego użytkownika
zgodność funkcjonalna urządzenia wskazującego z typową myszą komputerową	konieczność użycia nietypowego urządzenia wskazującego	zawężenie funkcji urządzenia wskazującego wyłącznie do przemieszczania wskaźnika

Źródło: opracowanie własne.

i dający się odróżnić od braku decyzji wskazania. Aby w pełni wykorzystać możliwości oferowane przez ARP użytkownik powinien dysponować dwoma różnymi stylami wskazywania, odpowiadającymi wydaniu polecenia i żądaniu pomocy.

Powyższa cecha interfejsu ARP jest szczególnie istotna w kontekście projektowania interfejsu dla osoby niepełnosprawnej o bardzo dużym stopniu ograniczenia zdolności wykonywania ruchów świadomych. Problem ten omówiono bliżej w [J. Przybyło, M. Jabłoński, P. Wołoszyn 2003]. Opisany tam interfejs wizyjny wykorzystuje obraz wybranej części ciała użytkownika, w obrębie której zachowana została ruchomość dowolna, jako sygnał sterujący. Należy oczekiwać, że sposób wydawania poleceń przez użytkownika tego rodzaju systemu będzie radykalnie odmienny od typowego dla osoby korzystającej ze standardowej myszy. Uwzględnienie założeń ARP we wspomnianym interfejsie pozwoliłoby na stworzenie pomostu łączącego z jednej strony funkcjonalność graficznego interfejsu użytkownika oraz z drugiej strony zdolność adaptacji do specyficznych potrzeb niepełnosprawnego człowieka. Siłą interfejsu ARP powinna tkwić głównie w możliwości dostosowania go do niepowtarzalnych preferencji i wymagań każdego człowieka sterującego pracą komputera. Dostosowanie to może następować właśnie na drodze plastycznego uczenia się przez system osobniczych cech oraz typowych zachowań konkretnego użytkownika.

Rezygnacja z nadmiarowych czynności zatwierdzania wskazań jest zaletą interfejsu ARP przyjazną szczególnie użytkownikom, których repertuar świadomie wykonywanych ruchów jest zbyt wąski, aby poświęcać jego część na realizację różnego rodzaju kliknięć. To ostatnie wymaganie jest szczególnie rozrzutną cechą typowego interfejsu graficznego, która powoduje, że pomimo możliwości przemieszczania wskaźnika po ekranie niepełnosprawny użytkownik komputera nie jest w stanie wykorzystać tej umiejętności do sterowania pracą systemu operacyjnego.

Kolejnym krokiem w stronę ułatwienia przez ARP osobie niepełnosprawnej dostępu do korzystania z popularnego interfejsu graficznego jest ograniczenie różnorodności ruchów podejmowanych przez użytkownika do zaledwie dwóch, wyboru akcji i żądania pomocy. Należy zwrócić uwagę, że tylko pierwszy rodzaj ruchu jest interpretowany jako polecenie dla systemu operacyjnego, żądanie bowiem pomocy w istocie oznacza, że użytkownik nie może wydać polecenia z powodu niedostatecznej wiedzy na temat jego konsekwencji. Ponieważ przewiduje się wyłącznie jeden rodzaj wskazania wydającego polecenia, toteż opanowanie przez użytkownika jednego rodzaju ruchu otwiera przed nim dostęp do wszystkich funkcji systemu. Przeciwna sytuacja zachodzi w klasycznym interfejsie graficznym, gdzie pomimo zdolności wykonywania na przykład kliknięć jednym przyciskiem myszy użytkownik w dalszym ciągu nie posiada dostępu do funkcji aktywowanych podwójnym kliknięciem, operacją przeciągania wskaźnika lub jednoczesnym użyciem myszy i klawiatury.

Rozróżnianie i selektywne wydawanie wielu poleceń nagromadzonych w pojedynczym elemencie wizualnym tradycyjnego interfejsu graficznego stanowić mo-

że innego rodzaju barierę dla użytkowników z zaburzeniami funkcji poznawczych lub sprawności intelektualnej. Ten rodzaj niepełnosprawności nie musi upośledzać zdolności wykonywania celowych ruchów, jednak utrudniać będzie zrozumienie abstrakcyjnych i arbitralnie dobranych metod interakcji z obiektami graficznymi. Podejście ARP również w tym zakresie przychodzi użytkownikowi z dwojakim wsparciem, z jednej strony redukując liczbę owych metod interakcji, z drugiej natomiast udostępniając dodatkową pomoc na temat poleceń za pośrednictwem tych samych elementów, które służą do ich wydawania, bez konieczności użycia innych elementów.

Podsumowując, koncepcja analizy ruchów praksyjnych reprezentuje podejście silnie zorientowane na użytkownika, które pozwala uniknąć konieczności dostosowywania się człowieka niepełnosprawnego do wysokich wymagań typowego interfejsu graficznego. Prace nad wizyjnym interfejsem sterującym, których kontynuacja prezentowana jest w [J. Przybyło, P. Wołoszyn, M. Jabłoński 2004], umożliwią stworzenie szczególnego rodzaju urządzenia wejściowego przystosowanego do współpracy z osobą niepełnosprawną. Analiza ruchów praksyjnych wykonywanych za pomocą takiego urządzenia może okazać się obiecującym komponentem całości pomostu między człowiekiem a graficznym interfejsem użytkownika.

## Bibliografia

- Przybyło J., Jabłoński M., Wołoszyn P., *Wizyjny interfejs człowiek — komputer przeznaczony dla użytkowników niepełnosprawnych*, Automatyka, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2003, t. 7, z. 3, s. 385—398.
- Przybyło J., Wołoszyn P., Jabłoński M., *Rozpoznawanie jednostek czynnościowych mimiki twarzy dla potrzeb interfejsu człowiek-komputer*, Materiały seminarium Przetwarzanie i analiza sygnałów w systemach wizji i sterowania, Słok, 2004.
- Wołoszyn P., Przybyło J., Jabłoński M., *Analiza przydatności metod komunikacji z komputerem w tworzeniu interfejsu dla osób niepełnosprawnych*, Automatyka, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, 2003, t. 7, z. 3, s. 399—408.
- Wołoszyn P., Tadeusiewicz R., *Analiza ruchów praksyjnych jako nowe narzędzie przydatne w tworzeniu graficznego interfejsu użytkownika*, Informatyka Teoretyczna i Stosowana, Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej, 2003, r. 3, nr 5, s. 115—138.

