

## **Jednokierunkowy test wskazywania – norma ISO 9241-9 – przegląd badań**

**Antoni M. DONIGIEWICZ**

Instytut Teleinformatyki i Automatyki WAT  
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa  
a.donigiewicz@ita.wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono jednokierunkowy test wskazywania stosowany do oceny jakości wprowadzania informacji za pomocą urządzeń wskazujących. Opis testu oparto na normie ISO 9241-9. Test może być podstawą oceny i oszacowania jakości wprowadzania informacji przez użytkownika. Przedstawiono wybrane wyniki badań dostępne w literaturze.

**SŁOWA KLUCZOWE:** testy urządzeń wskazujących, jednokierunkowy test wskazywania, prawo Fittsa, norma ISO 9241-9

### **1. Wstęp**

Interfejs aplikacji ma zasadnicze znaczenie dla użyteczności aplikacji. Znaczenie to najlepiej ilustruje wypowiedź Bena Shneidermana, profesora na Uniwersytecie Maryland, autora wielu badań i publikacji z zakresu Human Computer Interaction (HCI) [32]:

“A picture is worth a thousand words. An interface is worth a thousand pictures.”.

Mając na uwadze urządzenia i aplikacje zarówno stacjonarne jak i mobilne jakość interfejsu jest bardzo ważna. Od jakości interfejsu zależy użyteczność aplikacji. Interfejs jest elementem, przez który użytkownik ocenia aplikację. Wśród elementów składających się na użyteczność [33] ważną rolę odgrywa efektywność użycia, czyli jak szybko zadania wykonuje użytkownik, który zna aplikację (lub stronę WWW). Ocena jakości działania użytkownika w systemie jest możliwa pod warunkiem znajomości urządzeń i zadań

wykonywanych przez użytkownika [7]. Ocenę jakości działania użytkownika za pomocą urządzeń można uzyskać wykonując podstawowe testy działania użytkownika. Podstawowe testy proponowane są w normie ISO 9241-9 (polski odpowiednik PN-EN ISO 9241-9:2002).

W artykule przedstawiono opis jednokierunkowego testu wskazywania oraz wybrane badania opisywane w literaturze wykorzystujące ten test do oceny jakości działania użytkownika. Opis badań obejmuje wybrane publikacje z ostatnich 10 lat.

## 2. Interfejs użytkownika

W systemach użytkownik-komputer podstawowym pojęciem jest interfejs użytkownika.

W literaturze przedmiotu można znaleźć kilka różnych określeń interfejsu użytkownika. Interfejs użytkownika definiowany jest jako:

1. Medium pomiędzy użytkownikiem i komputerem.
2. Zdefiniowany przez projektanta systemu (aplikacji) sposób komunikowania się użytkownika z systemem (aplikacją) i systemu (aplikacji) z użytkownikiem.
3. Część oprogramowania łącząca wyjście do zobrazowania i wejście z osobą używającą program [21].
4. Konwencja komunikowania się użytkownika z programem (systemem); zbiór elementów graficznych i programistycznych odpowiedzialnych za prezentację danych i wprowadzanie informacji przez użytkownika programu [28].
5. Wszystkie cechy programu albo komputera umożliwiające nawiązanie ludziom kontaktu z komputerem [30].

W [34] interfejs użytkownika jest traktowany jako „...poprawianie techniki, które pozwala użytkownikom skutecznie dostrzegać i przedstawiać informacje.”

Funkcjonuje również definicja interfejsu programu aplikacyjnego. Przez interfejs programu aplikacyjnego rozumie się oprogramowanie umożliwiające łączenie, współpracę, wymianę informacji pomiędzy aplikacjami dostarczonymi przez nadawców lub dostawców usług a urządzeniami telewizji cyfrowej służącymi do przekazywania cyfrowych sygnałów umożliwiających świadczenie usług telewizyjnych lub radiowych [29].

Druga z numerowanych definicji wymienionych powyżej wydaje się najbliższa obecnemu rozumieniu interfejsu użytkownika.

Interfejs użytkownika zawiera 3 podstawowe elementy składowe (komponenty) [9]:

**Elementy sterowania** – komponent, umożliwiający użytkownikowi przekazywanie poleceń ("mówienie") do komputera. Elementami sterowania są zwykle obiekty (w tym również urządzenia), które umożliwiają tworzenie i przekazywanie poleceń do systemu (elementy ekranowe, elementy i urządzenia wprowadzania i rozpoznawania dźwięków (mowy [25]) itp.). Elementami sterowania mogą być również urządzenia rejestrujące i rozpoznające gesty użytkownika.

**Zobrazowanie** – komponent, umożliwiający komputerowi przekazywanie informacji ("mówienie" lub zwracanie się) do użytkownika. Komponent ten może zawierać różne technologie zobrazowania informacji (zwykle jest to wizualizacja, ale coraz częściej jest to foniczne przekazywanie informacji („zobrazowanie” audio) lub inny sposób przekazywania informacji np. wykonawczy).

**Interakcje**<sup>1</sup> lub **dialog** – kombinacja wprowadzania poleceń do komputera z jednej strony i odpowiedzi (np. zobrazowania informacji) przez komputer z drugiej strony, tworząca łącznie dialog między użytkownikiem i komputerem – seria transakcji [9], [25].

### 3. Wskazujące urządzenia wprowadzania

Do podstawowych urządzeń wskazujących (nazywanych również nieklawiaturowymi [8]) wprowadzania informacji zaliczamy: mysz, mysz odwróconą, digitizer, nastawnik kulowy (trackball), tablet, touchpad (lub trackpad), pióro świetlne, ekran dotykowy, joystick, trackpoint itp.

Testy opisywane w literaturze [8], [24] dotyczą oceny realizacji następujących zadań podstawowych:

- wskazywanie;
- wybieranie;
- ciągnięcie (przeciąganie);
- śledzenie;
- wprowadzanie swobodne.

Przykłady zadań i urządzenia wprowadzania odpowiednie do tych zadań podane są w tab. 1.

---

<sup>1</sup> Interakcja wg [24] to wzajemne oddziaływanie na siebie osób, przedmiotów lub zjawisk; zetknięcie się ze sobą dwóch lub więcej jakichś akcji, działań lub dążeń.

Tab. 1. Zadania i urządzenia wprowadzania odpowiednie do zadań (przykłady) [8]

Zadanie	Urządzenie
Wskazywanie (ang. <i>pointing</i> )	Mysz, mysz odwrócona, digitizer, nastawnik kulowy, tablet, touchpad, pióro św., ekran dotykowy, trackpoint
Wybieranie (ang. <i>selecting</i> )	Mysz, mysz odwrócona, digitizer, joystick, tablet, pióro św., ekran dotykowy, trackpoint
Ciągnięcie (ang. <i>dragging</i> )	Mysz, mysz odwrócona, digitizer, tablet
Śledzenie (ang. <i>tracing</i> )	Digitizer, tablet, pióro św.
Wprowadzanie swobodne (ang. <i>free-hand input</i> )	Tablet

Do zadań specjalnych, np. projektowania w systemach CAD, stosowane są urządzenia specjalizowane np. manipulatory trójwymiarowe. Przykładami mogą być SpacePilot lub SpaceExplorer [31].

#### 4. Testowanie wydajności i skuteczności

W komunikacji człowiek-komputer stosuje się testy do badania wydajności i skuteczności (ogólnie jakości) funkcjonowania istniejących i nowych urządzeń wprowadzania informacji. Urządzenia wejściowe powinny być testowane przy wykonywaniu zadań, w których planowane jest ich użycie. Testowanie urządzeń realizowane jest w układzie człowiek-urządzenia wejścia/wyjścia-komputer. W literaturze przedmiotu badania dotyczą działań użytkowników realizujących konkretne zadania. Przy wykorzystaniu tych samych urządzeń i przy testowaniu w tych samych warunkach, testy mogą być wykorzystane do oceny jakości wprowadzania informacji przez użytkownika. Jako testy służące do oceny jakości funkcjonowania urządzeń wprowadzania proponuje się [8], [3], [17], [24]:

- jednokierunkowy i wielokierunkowy test wskazywania;
- jednokierunkowy i wielokierunkowy test przeciągania (często nazywany również testem śledzenia);
- test wprowadzania swobodnego;
- test chwytania i parkowania urządzenia.

## 4.1. Jednokierunkowy test wskazywania

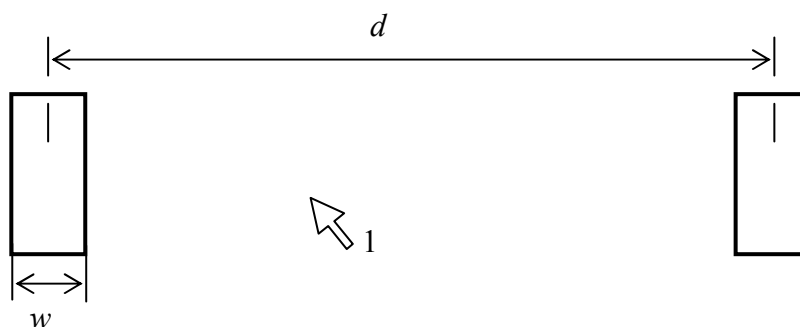
### 4.1.1. Procedura testowania

Jednokierunkowy test wskazywania może być wykorzystany do oceny ruchu związanego ze wskazywaniem elementów wzdłuż jednej osi.

Test jest stosowany do oceny jakości wykonania następujących zadań:

- poziome lub pionowe rozciąganie;
- wstawianie kursora w punktach wzdłuż łańcucha znaków;
- wybór informacji w kolumnie lub wierszu.

Jako podstawową procedurę testową przedstawimy procedurę zalecaną w normie ISO-9241-9 [8]. Użytkownikowi przedstawiane są dwa prostokąty o szerokości  $w$  i odległości  $d$  pomiędzy środkami (rys. 1). Zadanie polega na wskazywaniu wskaźnikiem prostokątów na przemian wzdłuż jednej osi i klikaniu prostokątów. Każda seria testowa (25 kliknięć każdego prostokąta) rozpoczyna się wówczas gdy użytkownik przesunie wskaźnik na prostokąt i naciśnie przycisk lub automatycznie gdy wskaźnik znajdzie się w obszarze obiektu (prostokąta).



Rys. 1. Jednokierunkowy test wskazywania (1 – wskaźnik,  $w$  – szerokość,  $d$  – odległość prostokątów), na podstawie [8]

### 4.1.2. Wyznaczanie charakterystyk urządzenia wejściowego

Po przeprowadzeniu testu wyznaczane są następujące charakterystyki [8], [17], [24].

**Skuteczna szerokość obiektu** ( $w_e$ ) jest to szerokość rozproszenia wybranych współrzędnych uzyskana w wyniku wskazywania (klikania) podczas testu. Wielkość ta obliczana jest z zależności [8], [24]:

$$w_e = 4,133 s_x, \quad (1)$$

gdzie:  $s_x$  – odchylenie standardowe współrzędnych w kierunku kontynuowania ruchu (zgodnie z osią x w teście poziomym).

**Wskaźnik trudności**  $ID$  jest miarą precyzji użytkownika wymaganej w zadaniu. Wyrażany jest w bitach. Dla zadań wskazywania, wyboru lub przeciągania wyznaczany jest z zależności:

$$ID = \log_2 \frac{d + w}{w}, \quad (2)$$

gdzie:  $w, d$  – jak na rys. 1.

**Skuteczny wskaźnik trudności**  $ID_e$  dla zadań wskazywania, wyboru lub przeciągania wyznaczany jest z zależności:

$$ID_e = \log_2 \frac{d + w_e}{w_e}, \quad (3)$$

gdzie:  $d$  – jak na rys. 1;

$w_e$  – jak w zależności (1).

**Przepustowość wejściowa**  $P_w$  dla zadań wskazywania, wyboru, przeciągania i śledzenia wyznaczana jest z zależności:

$$P_w = \frac{ID_e}{t_m}, \quad (4)$$

gdzie:  $ID_e$  – skuteczny wskaźnik trudności dla zadania;

$t_m$  – czas przemieszczenia (ruchu) wyznaczany od rozpoczęcia ruchu urządzenia wejściowego do wskazania (lub wybrania) obiektu.

W ramach testu należy zmieniać zakres trudności poprzez zmianę zarówno odległości  $d$  jak i szerokości  $w$  obiektu. Zmiany powinny być wprowadzane w takich proporcjach, aby skuteczny wskaźnik trudności zmieniał się od około 1 do 6 bitów.

## 4.2. Jednokierunkowy test wskazywania stosowany w testach urządzeń

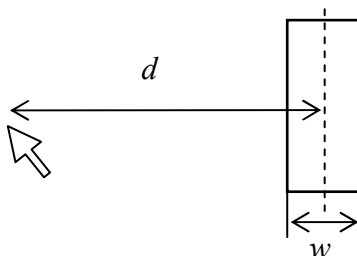
Przedstawiony jednokierunkowy test wskazywania stosowany był dość często jako test oceny jakości realizacji zadań dla różnych urządzeń wejścia-wyjścia. Test był stosowany również przed publikacją normy ISO 9241-9 [1], [8], [13], [18]. Od chwili publikacji normy (rok 2000) test z pewnymi zmianami stosowany był wielokrotnie.

Głównym celem prowadzonych w ostatnim czasie badań było wyznaczenie podstawowej charakterystyki jaką jest czas przemieszczenia (ruchu) wskaźnika urządzenia wejściowego na ekranie. Badania pozwalają na wyznaczenie parametrów równania opisującego czas ruchu wskaźnika do celu na ekranie, poruszanego przez użytkownika za pomocą urządzenia wejściowego. Równanie to nosi nazwę prawa Fittsa (rys. 2) i przedstawione jest poniżej w postaci najczęściej spotykanej [10], [17], [18], [23], [24], [27]:

$$t_r = a + b ID, \quad (5)$$

gdzie:  $a, b$  – stałe wyznaczane doświadczalnie;

$ID$  – wskaźnik trudności (najczęściej w postaci jak w (2)).



Rys. 2. Ilustracja prawa Fittsa [22], [23], [24]

W ramach szerszych badań prezentowanych w [2] wskazano na proste działanie typu „wskazywanie”, które stanowi współcześnie podstawowy schemat interakcji. Wyniki badań prowadzonych z wykorzystaniem rysika (piórka) i tabletu o rozdzielczości 2540 LPI (ang. *lines per inch*) oraz 19” monitora CRT o rozdzielczości 127 DPI (ang. *dots per inch*), w jednym z wariantów dotyczyły typowego testu wskazywania. W badaniach zastosowano odległości  $d = 256$  i  $1024$  pikseli między obiektami i szerokości celu  $w = 8; 16; 32; 64$  i  $128$  pikseli. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano równanie (5) w postaci:

$$t_r = 103 + 172 ID \text{ [ms]}. \quad (6)$$

Poziom błędów popełnionych podczas badań (więcej niż jedno kliknięcie lub przekroczenie szerokości obiektu) był równy 7,6 %.

Podobne badania przedstawione w [3] uwzględniają dodatkowo wysokość prostokątów w teście (wysokość prostokątów pokazanych na rys. 1). W badaniach przyjęto model rozbudowany, uwzględniający wysokość prostokątów:

$$t_r = a + b \log_2 \left( \left[ \omega \left( \frac{d}{w} \right)^p + \eta \left( \frac{d}{h} \right)^p \right]^{\frac{1}{p}} + 1 \right), \quad (7)$$

gdzie:  $a, b$  – stałe wyznaczone doświadczalnie;

$d, w$  – jak na rys. 1;

$h$  – wysokość prostokątów rys. 1;

$\omega, \eta$  – wagi odpowiednio szerokości i wysokości prostokątów.

W badaniach brało udział 10 osób i wykorzystano mysz z trzema przyciskami oraz 19 calowy monitor CRT o rozdzielczości  $1152 \times 864$  pikseli. Zadaniem użytkowników było wskazywanie za pomocą myszy dwóch prostokątnych obiektów na ekranie, przy czym zmiennymi niezależnymi były odległość między obiektami (120, 360, 840 pikseli), minimalna szerokość obiektu (8, 24, 48 pikseli), stosunek szerokości do wysokości prostokątów (1; 1,25; 1,5; 2; 3; 5;  $\infty$ ) i orientacja obiektu (pozioma, pionowa).

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano współczynniki 12 modeli dla postaci ogólnej (5), przy czym dla przypadku  $p = 2$  model ten przyjął postać [3]:

$$t_r \cong 223 + 168 \log_2 \left( \sqrt{\left( \frac{d}{w} \right)^2 + 0,137 \left( \frac{d}{h} \right)^2} + 1 \right). \quad (8)$$

Poziom błędów popełnionych podczas badań przez użytkowników był równy 4,3 %.

Badania związane z wskazywaniem, których celem było wskazanie obiektu w graficznych interfejsach użytkownika, pokazano w [6]. Badanie polegało na przesunięciu kursora w postaci pionowej linii na obszar startu (szary prostokąt po lewej stronie ekranu), zatrzymania się tam przez 0,5 s, i przesunięciu go do pojawiającego się obiektu o szerokości  $w$  w odległości  $d$  (pasek pionowy po prawej stronie ekranu) oraz kliknięciu go. Celem badania było wykazanie, że trudność zadania wskazywania nie łączy się bezpośrednio z przedstawieniem zadania na ekranie, ale z rzeczywistą trudnością wykonania ruchu urządzeniem.



Badania przeprowadzono stosując dwie odległości ( $d = 512$  albo  $1024$  pikseli) oraz pięć wskaźników trudności  $ID$  (4, 5, 6, 7 i 8). Ponadto przyjmowano jednakową wielkość ruchu wskaźnika na ekranie i ruchu rzeczywistego na tablecie, przy czym podwójnie i czterokrotnie zwiększano wielkości obiektu. Eksperyment został przeprowadzony z udziałem 11 osób na 22 calowym kolorowym monitorze (rozdzielczość  $1600 \times 1200$ ) z wykorzystaniem tableta Wacom Intuos (wielkość  $12 \times 18$  cali). Wyniki badań potwierdziły tezę badania i były podstawą do przeprojektowania pasków przewijania, menu i przycisków w interfejsie użytkownika.

Badania jakości wprowadzania informacji za pomocą różnych rodzajów myszy przedstawiono w [12]. Badaniami objęto 6 myszy różnych kształtów i rozmiarów, w tym dwie optyczne i cztery mechaniczne. Badaniami objęto dwunastu użytkowników i wykorzystano 21 calowy monitor Nokia 445ZA o rozdzielczości  $1600 \times 1200$  pikseli. Eksperyment oparty na typowym jednokierunkowym teście wskazywania przeprowadzono przyjmując szerokość pasków  $w = 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512$  pikseli i odległości  $d = 16, 32, 64, 128, 512, 1024$  piksele. Na podstawie wyników eksperymentu wyznaczono dla każdej myszy współczynniki  $a$  i  $b$  jak w zależności (5), przy czym w zależności tej przyjęto skuteczny wskaźnik trudności. Poziom błądów wyznaczony na podstawie badań nie przekraczał dla każdej myszy 6 – 10 %.

Rekomendacje dotyczące modelu prawa Fittsa dla przewidywania czasu ruchu oraz dla porównania warunków w eksperymentach, przedstawiono w [24]. Użyteczność tych zaleceń potwierdzają metody opisane w standardzie ISO 9241-9 [8] dotyczące oceny urządzeń wskazujących. Argumenty wspomagające te rekomendacje są prezentowane jako krótkie przeglądy z publikowanych 24 modeli prawa Fittsa dla myszy i z 9 prac, w których wykorzystano nowy standard ISO. Szczegółowa prezentacja zaleceń wykracza poza ramy niniejszej publikacji.

Zainteresowanie metodami ułatwiania wyboru widżetów (ang. *widgets* – elementy umożliwiające przekazywanie do programu danych lub poleceń użytkownika w ramach interfejsu użytkownika) na ekranie za pomocą urządzeń wskazujących, było podstawą badań przedstawionych w [22]. W pracy badano stosowanie na ekranie rozszerzających się obiektów ułatwiających wybór. Opisany jest eksperyment, w którym użytkownicy wybierają jeden, pojedynczy przycisk, który rozszerza się zanim zostanie wybrany. Badania prowadzono na stacji graficznej z uruchomionym systemem Linux wykorzystując 21 calowy kolorowy monitor (rozdzielczość  $1280 \times 1024$ ) i tablet Wacom Intuos (wielkość  $12 \times 18$  cali) jako urządzenie wejściowe. Badaniami objęto 12 osób. W podstawowej wersji badań na wstępie każdej próby mały początkowy kwadrat pojawiał się po lewej stronie ekranu. Uczestnicy musieli najechać kursorem na ten kwadrat i zatrzymać się tam przez 1 sekundę, a w tym czasie 8 celów (pasków) pionowych, każdy o szerokości  $w$ , pojawiało się na

prawo od startowego kwadratu z jednym paskiem podświetlonym, który miał być wybrany przez użytkownika. Uczestnicy musieli najechać kursorem na pasek, tak szybko i dokładnie jak to możliwe, i zakończyć wskazanie przez wciśnięcie przycisku. We wszystkich przypadkach, powiększona szerokość paska była dwa razy większa niż początkową szerokość. Używano jednostek 8-pikselowych i w stosunku do nich użyto pięciu szerokości paska ( $w = 2, 3, 5, 7$  i 10 jednostek). Odległość z centrum startowego kwadratu do lewego brzegu pierwszego paska była równa 50 jednostek. Podświetlany pasek spośród ośmiu zmieniał się w każdej próbie, w ten sposób zmieniała się też odległość ruchu do obiektu. Podstawowe badania potwierdziły hipotezę, że rozszerzający się wybierany obiekt umożliwia uzyskanie krótszych czasów ruchu niż statyczny obiekt (bez powiększenia). Wykazano też możliwość stosowania prawa Fittsa przy wskazywaniu rozszerzających się obiektów.

Wyniki badań zgodnych z testem pokazanym w normie ISO 9241-9 przedstawiono w [15]. W czasie badania użytkownicy wskazywali myszką, z maksymalną szybkością i dokładnością, pionowe paski wyświetlone na ekranie. Badaniami objęto 10 osób, przy czym wykorzystano monitor LCD EIZO FlexScan L567 o rozdzielczości  $1024 \times 768$  i wymiarach  $338 \times 270$  mm. oraz mysz optyczną. Badania w pierwszej części przeprowadzono stosując szerokość pasków  $w = 12, 36, 72$  pikseli, natomiast odległość  $d$  (między środkami pasków) była równa 120, 360 i 840 pikseli. Zapewniono losową kolejność wyświetlanych kombinacji szerokości  $w$  i odległości  $d$ . Każde kliknięcie poza paskiem sygnalizowane było sygnałem dźwiękowym. W wyniku badań wyznaczono rozkłady trafień w lewy i prawy pasek oraz korelację pomiędzy średnim czasem ruchu i skutecznym wskaźnikiem trudności  $ID_e$ .

W drugiej części badań stosowano stałą odległość pasków  $d$  równą 400 pikseli i szerokości pasków  $w$  równe 10, 14, 20, 28 40 pikseli. Jako urządzenie wejścia zastosowano tablet z rysikiem. Wyznaczono zależność pomiędzy skutecznym wskaźnikiem trudności i średnim czasem ruchu do obiektu w postaci:

$$t_r = 72,8 + 183,5 ID_e, \quad (9)$$

gdzie:  $ID_e$  – skuteczny wskaźnik trudności.

Wybór i aktywacja obiektu w graficznych interfejsach użytkownika jest zazwyczaj związana ze zmianą stanu przycisku myszy. Badania związane z pomiarem przepustowości przy wciśnięciu i zwalnianiu przycisku myszy przedstawiono w [11]. Badania prowadzono stosując typowy jednokierunkowy test wskazywania podany w normie ISO 9241-9, przyjmując zgodnie z rzeczywistymi działaniami, że dla większości interakcji myszą, naciskając klawisz myszy tylko identyfikuje się operację. Zwolnienie klawisza myszy natomiast uruchamia realizację operacji. W badaniach brało udział 12

użytkowników, którzy używali dwóch optycznych myszy i 17-calowego monitora o rozdzielczości  $1280 \times 1024$  pikseli. Ustalano szerokość pasków  $w = 2, 4, 8, 16, 32, 64$  mm i odległość między nimi  $d = 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256$  mm, przy czym odległość między paskami była zawsze większa od szerokości pasków. Każde zadanie zawierało 17 kliknięć. Badania wykazały, że akcje związane z wciśnięciem przycisku myszy były realizowane szybciej dla obu rodzajów myszy w stosunku do zwolnienia przycisku myszy. Widoczne jest to porównując czas ruchu do obiektu:

$$t_r = 160,83 + 160,12 ID_e, \quad (10)$$

dla akcji związanych z wciśnięciem przycisku myszy Microsoft Basic Optical Mouse oraz

$$t_r = 188,66 + 161,84 ID_e, \quad (11)$$

dla akcji związanych ze zwolnieniem przycisku myszy.

Podobne wyniki uzyskano dla poziomu błędów (brak trafienia w obiekt) – 6,8 % dla akcji związanych z wciśnięciem przycisku myszy, w stosunku do ok. 10,7 % dla akcji związanych ze zwolnieniem przycisku myszy.

Badania przedstawione w [19] dotyczyły porównania ruchu urządzenia wskazującego takiego jak mysz, w stosunku do odpowiedniego ruchu wskaźnika na ekranie (ruchu wizualnie odbieranego przez użytkownika) przy zmniejszeniu szybkości i bez zmniejszenia szybkości ruchu myszy nad obiektem. Stosowano typowy jednokierunkowy test wskazywania podany w normie ISO 9241-9. Badania prowadzono z wykorzystaniem laserowej myszy o rozdzielczości 2000 DPI, na 24-calowym monitorze o rozdzielczości  $1920 \times 1200$  pikseli. W badaniach zastosowano 11 poziomów zmniejszenia szybkości ruchu wskaźnika na ekranie w stosunku do ruchu urządzenia oraz szerokości prostokątów testu 50, 100 i 200 pikseli, i odległości prostokątów odpowiednio 400, 800 i 1600 pikseli. Wyniki badań 13 osób wykazały wzrost średniego czasu ruchu między prostokątami wraz ze zmniejszeniem różnicy szybkości ruchu myszy i szybkości ruchu wskaźnika nad prostokątem na ekranie. W znacznym zakresie podobne zjawisko występuje pod względem średniego błędu trafienia w prostokąt. Im większa różnica szybkości ruchu myszy i szybkości ruchu wskaźnika nad prostokątem na ekranie, tym łatwiej wykrywana jest ta różnica przez użytkownika.

Określenie różnic w średnim czasie ruchu myszą i poziomie błędów we wskazywaniu prostokątów, przy narzuconym priorytecie działania użytkownika „szybkość” i narzuconym priorytecie działania „dokładność”, było przedmiotem badań przedstawionych w [20]. W badaniach stosowano typowy test wyboru przyjmując szerokość prostokątów  $w = 25$  pikseli, a odległość między środkami prostokątów  $d = 400$  pikseli. Używano typowego monitora, a urządzeniem była mysz typu Microsoft IntelliMouse. W wyniku przebadania 18 użytkowników

stwierdzono wyraźne różnice dotyczące czasu ruchu wskaźnika między prostokątami w teście, przy priorytecie działania „dokładność”, w stosunku do czasu ruchu przy priorytecie działania „szybkość”. Różnice były rzędu 30 % na korzyść działań przy priorytecie działania „szybkość” (krótsze czasy ruchu). Podobnie stwierdzono wyraźne różnice dotyczące poziomu błędów przy priorytecie działania „dokładność”, w stosunku do poziomu błędów przy priorytecie działania „szybkość” (poziomy odpowiednio 0,28 % do 19 %).

Badania wpływu wielkości ekranu urządzenia na wskaźnik trudności i w konsekwencji na przepustowość przedstawiono w [4]. W eksperymencie użyto dwóch urządzeń: tableta PC z 10,2-calowym ekranem dotykowym (oznaczenie L – Large) i palmtopa z 2,8-calowym ekranem dotykowym (oznaczenie S – Small). Dwunastu użytkowników wykonywało zadania używając rysika (piórka) dołączonego do każdego z urządzeń. Zadanie testowe składało się z wskazywania dwóch prostokątnych celów w ustalonej kolejności (jak w normie ISO 9241-9). Wartość  $ID$  (jak w zależności 2) w badaniach zmieniana była poprzez zmianę wartości  $w$  i  $d$  od 2 do 3,5, przy czym dla każdego urządzenia stosowano cele dwóch wielkości: cele małe (oznaczenie S) i cele duże (oznaczenie L). Pod względem wymiarów cele różniły się trzykrotnie. Wartości  $w$  i  $d$  dobierano odpowiednio do wielkości ekranu urządzenia. Uczestnicy wykonywali zadania przy dwóch warunkach (stanach) błędu: błędy są dopuszczalne (są do przyjęcia) albo błędy nie są dopuszczalne. Do pomiaru dokładności wskazywania zdefiniowano współczynnik błędów: liczba błędnych prób w stosunku do liczby prób. Wyniki badań przedstawiono w tab. 2 i 3.

**Tab. 2. Wartość średnia i odchylenie standardowe przepustowości  $ID/t$  [bit/s] [4]**

Błędy	Parametr	Urządzenie S		Urządzenie L	
		Cele S	Cele L	Cele S	Cele L
Dopuszczalne	Wart. średnia	5,73	5,73	5,52	4,76
	Odch. stand.	1,37	1,14	1,34	0,87
Niedopuszczalne	Wart. średnia	5,15	5,57	5,32	4,60
	Odch. stand.	1,20	1,21	1,23	0,97

**Tab. 3. Wartość średnia i odchylenie standardowe procentu błędów [%] [4]**

Błędy	Parametr	Urządzenie S		Urządzenie L	
		Cele S	Cele L	Cele S	Cele L
Dopuszczalne	Wart. średnia	11,23	0,52	1,56	0,52
	Odch. stand.	10,35	2,04	3,29	2,04

Testy statystyczne pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków. Na urządzeniu L uczestnicy mogli wskazać cele S znacznie szybciej niż cele L, ale dla urządzenia S nie można już takiego wniosku sformułować. Dla urządzenia L pod względem dokładności wskazywania celów S i L żadnych znaczących różnic nie zauważono, ale na urządzeniu S uczestnicy mogli wskazać cele L znacznie dokładniej niż cele S.

Wpływ różnych warunków ograniczających wizualnie użytkownika był badany w eksperymentach opisanych w [26]. W eksperymentach uczestnicy wykonywali cztery zadania wskazywania: z pełną widocznością (FV), bez widoczności ruchu ręki (NM), bez widoczności lokalizacji docelowej (NT) i bez widoczności (NV) sprzężenia zwrotnego. Zatem informacje o lokalizacji docelowej, ruch ręki użytkowników lub obydwie elementy były ograniczone podczas wskazywania w warunkach NT, NM, i NV. Uczestnicy mogli obejrzeć lokalizację docelową i pozycję ręki przez 5 s w każdej próbie zanim rozpoczęli wskazywanie. Zadanie użytkowników polegało na dotknięciu rysikiem punktu startowego, wpatrywaniu się w krzyż w połowie drogi pomiędzy dwoma celami, a następnie, po otrzymaniu sygnału dźwiękowego, wskazaniu centrum przeciwstawnego celu tak szybko i dokładnie jak to możliwe. Jako urządzenie wykorzystywano 19-calowy kolorowy monitor z ekranem dotykowym w układzie poziomym o rozdzielczości  $1280 \times 1024$  pikseli. Stosowano również przesłone ciekłokrystaliczną o wymiarach  $470 \times 400$  mm, która zapewniała ograniczanie widoczności w czasie realizacji wybranych zadań. Elementami wskazywanymi na ekranie były dwa prostokąty zobrazowane symetrycznie względem centrum monitora (jak w teście jednokierunkowym w normie ISO 9241). Stosowano szerokości  $w = 6,4; 12,7; 25,4$  i  $50,8$  mm oraz odległości  $d = 50,8; 101,6$  i  $203,2$  mm. Odległość obserwacji była równa ok. 500 mm.

W wyniku przeprowadzenia badań wyznaczono zależność pomiędzy wskaźnikiem trudności i średnim czasem ruchu do obiektu dla różnych warunków w postaci:

- zadanie FV:  $t_r = 198,8 + 67,49 ID$ ;
- zadanie NM:  $t_r = 235,2 + 53,8 ID$ ;
- zadanie NT:  $t_r = 209,13 + 58,2 ID$ ;
- zadanie NV:  $t_r = 231,4 + 46,89 ID$ .

Czasy ruchu dla każdego zadania wykazały wysoki liniowy związek ze wskaźnikiem trudności ( $r^2 > 0.96$ ). Stąd wniosek, że ruchy wskazujące są zgodne z prawem Fittsa nawet jeśli wizualne sprzężenie zwrotne jest ograniczone albo go brak. Wskaźnik dokładności został zdefiniowany jako stosunek liczby prób, w których wskazówka rysika dotknęła celu do ogólnej liczby prób dla każdego zadania. Wskaźnik dokładności dla zadania FV był wyższy niż

wskaźniki dokładności dla pozostałych trzech zadań. Pomimo, że użytkownicy byli poproszeni by wskazać cel tak szybko i dokładnie jak to możliwe, procent błędów obejmował zakres 5,6 % do 31,8 %. Wprawdzie w badaniach stosowano dodatkowe warunki typu zasłanianie i wstępne pokazywanie położenia obiektu (na 5 s), to zasadniczo wykorzystano typową postać testu jaki podany jest w normie ISO 9241-9.

Najnowsze badania przedstawione w [5] związane były z uwzględnieniem warunków rozpraszania uwagi użytkownika innymi obiektami widocznymi na obrazowaniu. Wprowadzono wskaźnik  $\rho$  gęstości elementów rozpraszających i zaproponowano rozszerzenie prawa Fittsa o ten wskaźnik. Wskaźnik ten przyjęto z zakresu 0 – 1, przy czym  $\rho = 0$  oznacza brak rozpraszania użytkowników – widoczny jest tylko cel. Natomiast  $\rho = 1$  oznacza, że obszar jest wypełniony obiektami rozpraszającymi. Stosownie do wskaźnika gęstości  $\rho$  wprowadzono wskaźnik  $IS$  rozproszenia w postaci:

$$IS = \log_2 \frac{1}{\rho} \quad (12)$$

Sformułowano hipotezę, że  $IS$  może redukować  $ID$  (wskaźnik trudności) w ten sposób, że zależność na czas ruchu do obiektu przyjmuje postać:

$$t_r = a + b(ID - IS) \quad (13)$$

Ponieważ warunki wpływają w różny sposób na techniki wprowadzania, zatem bardziej prawdopodobne jest, że należy wprowadzić trzeci parametr do prawa Fittsa:

$$t_r = a + b ID - c IS \quad (14)$$

gdzie:  $c$  – określa ilościowo wrażliwość metody na obecność rozpraszania uwagi użytkownika.

W badaniach jako urządzenia wykorzystywano mysz Logitech MX 400 i 17-calowy monitor o rozdzielczości 1280 × 800 pikseli. Stosowano różne techniki wprowadzania. Zwykle (naturalne) wskazywanie z wykorzystaniem typowego wskaźnika (ozn. RP). Semantyczną metodę wskazywania wykorzystującą dwa elementy – wizualną wielkość odległości na ekranie i wielkość ruchu urządzenia wskazywania w przestrzeni motorycznej (ozn. SP). Metodę z kursorem "pęcherzykowym" (kursor w postaci kółka, ozn. BC). Metodę z kursorem „wzrokowym” wykorzystującą wskazywanie za pomocą wzroku (niezbędny był okulograf, ozn. RC).

Zadanie użytkowników polegało na przesunięciu typowego wskaźnika wewnątrz obszaru początkowego i pozostawienie go tam przez około 0,5 s. Po

tym opóźnieniu użytkownik musiał kliknąć czerwony cel (próba zawierała szare obiekty rozpraszające). Kierunek ruchu kursorem zawsze był z lewej strony na prawo i uczestnicy musieli przesunąć kursor na początek obszaru startowego po każdej próbie. Po każdym bloku działań poziom błędów użytkowników był wyświetlany i byli oni zachęceni by dopasować poziom błędów do nominalnego błędu 4 % poprzez szybsze albo wolniejsze działanie.

W badaniach stosowano obiekty w kształcie kółek, ale faktycznie badanie miało charakter testu jednokierunkowego. Stosowane rozmiary obiektów ustalały wskaźnik trudności  $ID = 3, 4$  i  $5$  przy  $d = 511$  i  $1023$  piksele oraz stosowano  $IS = 0,74; 1,74; 2,74; 3,74$ , którym odpowiadało  $\rho = 0,6; 0,3; 0,15; 0,075$  odpowiednio.

Uzyskane wyniki z badań pozwoliły na wyznaczenie poziomu błędów i średniego czasu ruchu do obiektu (wartości  $t_r = m \pm \sigma$ ) dla różnych metod wskazywania np.:

- metoda RP, poziom błędów = 5,42%  $t_r = 1,243 \pm 0,268$  s;
- metoda SP, poziom błędów = 3,28%  $t_r = 1,397 \pm 0,348$  s;
- metoda BC, poziom błędów = 3,14%  $t_r = 1,108 \pm 0,258$  s;
- metoda RC, poziom błędów = 4,89%  $t_r = 1,195 \pm 0,378$  s.

Prezentowane są również wartości współczynników  $a$ ,  $1/b$  i  $c/b$  otrzymane z badań. Autorzy przewidują dalsze badania związane z rozpraszaniem użytkownika innymi obiektami widocznymi na zobrażowaniu.

## 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono jednokierunkowy test wskazywania stosowany w badaniach jakości wskazujących urządzeń wprowadzania. Przedstawiono również wybrane badania opisywane w literaturze, wykorzystujące ten test do oceny jakości działania użytkownika. Opis badań obejmuje publikacje z ostatnich lat. Należy zwrócić uwagę, że opisywane badania realizowano przede wszystkim w osi poziomej (oś x). Stosowano również różne urządzenia wejściowe (różne rodzaje myszy, rysik ekranu dotykowego i tableta, itp.). Duża część badań opisanych w literaturze dotyczyła realizacji zadań wskazywania za pomocą rysika (piórka) na tablicie. W badaniach brały udział niezbyt duże grupy użytkowników (10 – 22 osoby). Przegląd badań pozwala na szerszy pogląd na wyniki testów biorąc pod uwagę stosowane urządzenia wejściowe i warunki w jakich badania prowadzono. Przegląd badań wielokierunkowego testu wskazywania przedstawiony zostanie w kolejnym artykule.

**Literatura:**

- [1] ACCOT J., ZHAI S., *Beyond Fitts' Law: Models for Trajectory-Based HCI Tasks*, Proceedings of ACM CHI, Conference on Human Factors in Computing Systems, 1997, pp. 295 – 302.
- [2] ACCOT J., ZHAI S., *More than dotting the i's – Foundations for crossing-based interfaces*, Proceedings of the ACM SIGCHI, Conference on Human Factors in Computing Systems, 2002, pp. 73 – 80.
- [3] ACCOT J., ZHAI S., *Refining Fitts' law models for bivariate pointing*, Proceedings of CHI, ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, 2003, pp. 193 – 200.
- [4] AKIBA T., OKADA H., FUJIOKA R., *Investigations on Applicability of Fitts' Law Index of Difficulty to Large/Small Screen Devices*, The 13th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE2009), IEEE, 2009, pp. 743 – 744.
- [5] BLANCH R., ORTEGA M., *Benchmarking Pointing Techniques with Distractors: Adding a Density Factor to Fitts' Pointing Paradigm*, CHI 2011, May 7–12, 2011, pp. 1629 – 1638.
- [6] BLANCH R., GUIARD Y., BEAUDOUIN-LAFON M., *Semantic Pointing: Improving Target Acquisition with Control-Display Ratio Adaptation*, CHI 2004, Vol. 6, No. 1, pp. 519 – 526.
- [7] DONIGIEWICZ A. M., *Modelowanie interakcji człowiek-komputer. Problemy oceny jakości i niezawodności*. WAT, Warszawa, 2005.
- [8] *Ergonomic requirements for Office work with visual display terminals (VDTs). Part 9: Requirements for non-keyboard input devices*, ISO 9241-9:2000 (E), International Organization for Standardization.
- [9] *Ergonomics of human-system interaction. Part 110: Dialogue principles*, ISO 9241-110:2006, International Organization for Standardization.
- [10] FITTS P. M., *The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement*, Journal of Experimental Psychology, Vol. 47, No 6, 1954, pp. 381 – 391. (Reprinted in Journal of Experimental Psychology: General, 121(3), 1992, pp. 262 – 269).
- [11] ISOKOSKI P., *Variability of Throughput in Pointing Device Tests: Button-Up or Button-Down?*, NordiCHI 2006, pp. 68 – 77.
- [12] ISOKOSKI P., RAISAMO R., *Speed and accuracy of six mice*, Asian Information-Science-Life, 2 (2), 2004, pp. 131 – 140.
- [13] KABBASH P., BUXTON W., *The "Prince" Technique: Fitts' Law and Selection Using Area Cursors*, Proceedings of CHI'95, 1995, pp. 273 – 279.



- [14] *Komputerowy słownik języka polskiego*, Edycja 1998.
- [15] KONG J., REN X., *Comparison of Effective Target Width Calculation Methods for Pointing Task*, Proceedings of the 2005 The Fifth International Conference on Computer and Information Technology (CIT'05), IEEE Computer Society, 2005 pp. 530 – 534.
- [16] MACKENZIE I. S., *Movement time prediction in human-computer interfaces*. W: *Readings in human-computer interaction*, Los Altos, Kaufmann, 1995, pp. 483 – 493.
- [17] MACKENZIE I. S., *Motor behaviour models for human-computer interaction*. W: *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*, San Francisco, Kaufmann, 2003, pp. str. 27 – 54.
- [18] MACKENZIE I. S., SELLEN A., BUXTON W., *A comparison of input devices in elemental pointing and dragging tasks*, Proceedings of the CHI '91 Conference on Human Factors in Computing Systems: Reaching Through Technology, 1991, pp. 161 – 166.
- [19] MANDRYK R. L., GUTWIN C., *Perceptibility and Utility of Sticky Targets*, Graphics Interface Conference 2008, 28–30 May, pp. 65 – 72.
- [20] MACKENZIE S., ISOKOSKI P., *Fitts' Throughput and the Speed-Accuracy Tradeoff*, CHI 2008, Florence, Italy, 5 – 10 April, 2008, pp. 1633 – 1636.
- [21] MAYERS B. A., *User Interface Software Tools*, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 2, No. 1, March 1995, pp. 64 – 103; postać pierwotna: MAYERS B. A., *UIMSS, Toolkits, Interface Builders*, <http://www-2.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/user/bam/www/toolnames.html>.
- [22] MCGUFFIN M. J., BALAKRISHNAN R., *Fitts' Law and Expanding Targets: Experimental Studies and Designs for User Interfaces*. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 12, No. 4, December 2005, (pp. 388–422).
- [23] SIKORSKI M., *Interakcja człowiek-komputer*, Wyd. PJWSTK, Warszawa, 2010.
- [24] SOUKOREFF R. W., MACKENZIE I. S., *Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI*, Int. J. Human-Computer Studies, Vol. 61, 2004, pp. 751 – 789.
- [25] WIŚNIEWSKI A., *System dialogowy języka mówionego – przegląd problemów*, Biuletyn IAIIR, 24, 2007, str. 97 – 122.
- [26] WU J., YANG J., HONDA T., *Fitts' law holds for pointing movements under conditions of restricted visual feedback*, Human Movement Science 29, 2010, pp. 882 – 892.

### Źródła elektroniczne

- [27] BUXTON W., *Theories, models and basic concepts*. W: *Haptic Input*, str. 7.1 – 7.46 <http://www.billbuxton.com/input07.TheoriesModels.pdf> (dostęp 20.01.2011).
- [28] *Helionica. Sieciowa encyklopedia informatyki*, Helion. [http://encyklopedia.helion.pl/index.php/Interfejs\\_uzytkownika](http://encyklopedia.helion.pl/index.php/Interfejs_uzytkownika) (dostęp 20.12.2010).
- [29] *Ustawa z dn. 16 lipca 2004 r. Prawo telekomunikacyjne* (Dz.U. 2004, nr 171, poz. 1800) <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20041711800> (plik D20041800Lj.pdf).
- [30] <http://linux.about.com/cs/linux101/g/userinterface.htm> (dostęp 20.12.2010).
- [31] <http://www.kontrolery3d.pl> (dostęp 20.01.2011).
- [32] <http://www.lukew.com/resources/quotes.asp> (dostęp 15.12.2010).
- [33] <http://www.useit.com/alertbox/20030825.html> (dostęp 20.12.2010).
- [34] <http://www.w3.org/UI> (dostęp 20.01.2011).

### One-direction tapping test – ISO 9241-9 standard – a survey

ABSTRACT: A one-direction tapping test, applied to the quality assessment of entering information with pointing devices, is presented. The description of the test is based on the ISO 9241-9 standard. The test may be the basis for an evaluation or estimation of the quality of entering information by a user. Some research results available in the bibliography are quoted.

KEYWORDS: tests of non-keyboard input devices, one-direction tapping test, Fitts' law, ISO 9241-9 standard.

*Praca wpłynęła do redakcji: 1.03.2011*