

# Badanie czasu wskazywania obiektu przez użytkownika testem wielokierunkowym

## Część I – wyniki z lat 2010-2011

**Antoni M. DONIGIEWICZ**

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

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono wyniki badań czasu wskazywania obiektów w wielokierunkowym teście wskazywania wykonane w latach 2010-2011. Badania oparto na normie ISO 9241-9. W badaniach wykorzystano mysz i mysz odwróconą. Wyznaczono współczynniki równania Fittsa. Badania wykonane w latach 2015-2016 zostaną przedstawione w drugiej części artykułu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** test urządzeń wskazujących, test wielokierunkowy, prawo Fittsa, norma ISO 9241-9

### • Wprowadzenie

Wielokierunkowy test wskazywania jest jednym z podstawowych testów proponowanym do badania wydajności i skuteczności (ogólnie jakości) funkcjonowania istniejących i nowych urządzeń wprowadzania informacji [1],[2]. Testowanie urządzeń realizowane jest w układzie człowiek urządzenie wejścia/wyjścia komputer. Znajomość charakterystyk jakości działania użytkownika stanowi podstawę oceny jakości działania systemu jako całości [3]. Wielokierunkowy test wskazywania jest to podstawowy test stosowany w badaniach dotyczących interaktywnych systemów komunikacji człowiek-komputer [1], [2], [3], [4].

W niniejszym artykule (część I) przedstawiono wyniki badań czasu wskazywania obiektów w wielokierunkowym teście wskazywania przez liczną grupę użytkowników. Badania wzorowano na normie ISO 9241-9 [2]. Badania prowadzono dwukrotnie – w latach 2010-2011 i w latach 2015-2016. Badaniem objęto użytkowników posiadających znaczne doświadczenie w korzystaniu z komputera. W badaniach przeprowadzonych w latach 2015-2016 wykorzystano dodatkowe urządzenia wprowadzania, które nie były stosowane w latach 2010-2011. Głównym celem przedstawianych w literaturze badań, było i jest wyznaczenie podstawowej charakterystyki, jaką jest czas przemieszczenia (ruchu) przez użytkownika wskaźnika urządzenia wejściowego na ekranie. Celem prowadzenia badań, które są przedstawione w tym artykule (część I), było uzyskanie czasu wskazywania obiektów dla różnych urządzeń w warunkach laboratoryjnych i licznej grupy użytkowników dla dwóch urządzeń myszy i myszy odwróconej. W części II artykułu zostaną przedstawione wyniki badań wykonanych w latach 2015-2016 oraz porównanie charakterystyk użytkowników uzyskanych w odstępach pięciu lat.

Przedstawiane w literaturze badania umożliwiają najczęściej wyznaczenie parametrów równania opisującego czas ruchu wskaźnika do celu na ekranie, poruszanego przez użytkownika za pomocą urządzenia wejściowego. Równanie to nazywane prawem Fittsa (rys. 1) przedstawione jest poniżej w postaci najczęściej spotykanej [1], [2], [4], [5], [22].

$$t_r = a + b ID \quad (1)$$

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

$ID$  – wskaźnik trudności postaci:

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

gdzie:  $w$  – wielkość obiektu (rys. 1),

$d$  – odległość ruchu urządzenia (rys. 1).

### Rys. 1. Ilustracja prawa Fittsa [4], [5], [7], [8], [23]

Badania przedstawione w niniejszym artykule pozwoliły na wyznaczenie parametrów równania opisującego czas ruchu wskaźnika do celu na ekranie.

#### • Wielokierunkowy test wskazywania

Wielokierunkowy test wskazywania może być wykorzystany do oceny jakości wskazywania przez użytkownika obiektów rozmieszczonych na ekranie w różnych kierunkach. Przykładowo test ten może być stosowany do oceny jakości wykonywania m. in. następujących zadań [1], [2], [5]:

- umieszczanie wskaźnika w różnych obszarach na ekranie;
- wybór komórek na arkuszu kalkulacyjnym;
- wybór (wskazywanie) losowo umieszczonych ikon.

Procedura testowania w teście wielokierunkowym polega na przemieszczaniu wskaźnika w poprzek koła do kolejno ponumerowanych obiektów (kwadratów) (rys. 1). Kwadraty powinny być równomiernie rozmieszczone na brzegu okręgu, tak aby przemieszczenie wskaźnika było równe średnicy okręgu. Kwadrat, do którego wskaźnik powinien być przesunięty, powinien być podświetlony. Każda seria testowa rozpoczyna się wówczas, gdy zostanie wskazany kwadrat najwyżej położony i kończy się, kiedy sekwencja wskazań zostanie zakończona (wskazanie najwyżej położonego kwadratu). Test ten powinien być związany ze zmianą zakresu trudności poprzez zmianę średnicy okręgu pomiędzy próbami (kwadraty na okręgu pozostają bez zmian). Obiektami wskazywanymi na okręgu w teście wzorcowym (norma [2]) są kwadraty.

Na podstawie wykonanych przeprowadzanych badań wyznacza się m. in. wymienione poniżej wielkości [2], [4], [6].

**Skuteczna szerokość obiektu** ( $w_e$ ) jest to szerokość rozproszenia wybranych współrzędnych uzyskana w wyniku wskazywania (klikania) podczas testu. Wielkość ta obliczana jest z zależności [2],

[6]:

$$w_e = 4,133 s_x \quad (3)$$

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

**Wskaźnik trudności** ( $ID$ ), który jest miarą precyzji użytkownika wymaganej w zadaniu. Wyrażany jest w bitach. Dla zadań wskazywania lub wyboru wyznaczany jest z zależności [2], [5]:

$$ID = \log_2 \frac{d + w}{w} \quad (4)$$

gdzie:  $w$  – wielkość obiektu (w teście wielokierunkowym bok kwadratu – rys. 2),

$d$  – odległość ruchu wskaźnika (w teście wielokierunkowym średnica okręgu jak na rys. 2).

**Rys. 2. Ilustracja wielokierunkowego testu wskazywania (na podstawie [2])**

**Skuteczny wskaźnik trudności**  $ID_e$  dla zadań wskazywania lub wyboru wyznaczany jest z zależności [2], [6]:

$$ID_e = \log_2 \frac{d + w_e}{w_e} \quad (5)$$

gdzie:  $w_e, d$  – jak w zależności (5) i (4) odpowiednio.

**Przepustowość wejściowa**  $P_w$  dla zadań wskazywania lub wyboru wyznaczany jest z zależności [2], [6]:

$$P_w = \frac{ID_e}{t_m} \quad (6)$$

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

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

**Szybkość przemieszczania** wskaźnika  $V_p$  jest to średnia szybkość, z jaką użytkownik wykonuje wskazania obiektów i wyznaczana jest z zależności [2], [6]:

$$V_p = \frac{d}{t_m} \quad (7)$$

gdzie:  $d$  – jak na rysunku 2,

$t_m$  – jak w zależności (6).

- **Wybrane badania przedstawione w literaturze**

Przy omawianiu badań opisywanych w literaturze, związanych z czasem wskazywania obiektów, zwrócono uwagę szczególnie na te najnowsze wyniki badań, które dotyczą bezpośrednio wielokierunkowego testu wskazywania.

Wielokierunkowy test wskazywania był stosowany głównie jako test oceny jakości realizacji zadań za pomocą różnych urządzeń wejścia-wyjścia. Test był stosowany również przed publikacją normy ISO 9241-9 [2], [7], [9].

Badania zgodne z rekomendacjami normy [2], związane z oceną jakości nowego wówczas urządzenia (swiftpoint), przedstawiono w pracy [10]. Jakość urządzenia porównywano z jakością myszy i touchpada – typowych urządzeń wskazujących również dla komputerów mobilnych. Do badań wykorzystywano 19-calowy monitor o rozdzielczości 1600 × 1200 pikseli. Badanymi osobami było 15 praworęcznych studentów. Podstawą eksperymentu był wielokierunkowy test wskazywania zgodny z normą. Wskaźnik trudności określony był przez dwie różne średnice koła oraz cztery szerokości celu. Podczas badań należało klikać w obiekty szybko i dokładnie. Szczegółowy opis prowadzonych badań podany jest w [1]. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono istotny wpływ rodzaju urządzenia wskazującego na uzyskane wyniki.

W tabeli 1 przedstawiono czas ruchu (modele prawa Fittsa por. wzór (1)), współczynnik korelacji między czasem ruchu i wskaźnikiem trudności  $ID$  oraz przepustowość  $P_w$  (por. wzór (6)) dla trzech stosowanych urządzeń. Dla wyższych wartości wskaźnika trudności uczestnicy badań używający touchpada i swiftpointa koncentrowali się bardziej na szybkości wprowadzania niż na dokładności. Nie dotyczyło to myszy używanej codziennie przez uczestników badań.

**Tab. 1. Modele prawa Fittsa, współczynnik korelacji i przepustowość dla trzech urządzeń [10]**

Urządzenie	$t_r = a + b ID$		$P_w$
Mysz	$t_r = -0,01 + 0,25 ID$	0,95	4,05
Touchpad	$t_r = 0,11 + 0,42 ID$	0,98	2,38
Swiftpoint	$t_r = -0,04 + 0,33 ID$	0,97	3,05

W badaniach przedstawionych w pracy [11] badano urządzenia z zastosowaniem zmodyfikowanego testu wielokierunkowego. Badanymi urządzeniami były prototypowe (jak zaznaczono) nastawniki kulowe typu Trackmouse (WingMan, TrackMan i Marble Mouse). Test wielokierunkowy wykorzystano tylko w pierwszym eksperymencie i tylko do wybrania prototypu Trackmouse, który był wykorzystywany w dalszych doświadczeniach. Wykonywano zadania typowe dla testu w normie [2]. Realizowano również zadanie z dwoma wskaźnikami polegające na wyborze kolejnych obiektów, raz jednym, raz drugim wskaźnikiem, wzdłuż okręgu koła (nie przesuwano wskaźników przez średnicę koła). Na tym polegała modyfikacja testu wielokierunkowego – wymagało to od uczestników badania przenoszenia (i koncentracji) uwagi z jednego na drugi wskaźnik.

Badania oparte na teście wielokierunkowym [2] dotyczące śledzenia ruchu oczu (ang. *Eye tracking*) przedstawiono w pracy [12]. Oceniano trzy techniki ruchu oczu przy wskazywaniu oraz wybieraniu obiektów i porównywano je z zadaniami realizowanymi za pomocą standardowej myszy. Urządzeniem wejściowym był system śledzenia oczu przy nieruchomej głowie. Wykorzystywano 19-calowy monitor LCD o rozdzielczości 1280 × 1024 pikseli. Badano realizację zadań przez szesnaście osób. Procedura badania obejmowała 16 obiektów (celi) umieszczonych na okręgu (liczba celi inna niż w normie [2]). Na podstawie wyników badań wyznaczono przepustowość jak w zależności (6). Przepustowość technik

śledzenia oczu była równa od 3,78 bita/s (najlepszy wynik) do 2,3 bita/s (najgorszy wynik). Natomiast mysz, zgodnie z przewidywaniami, miała przepustowość 4,68 bita/s.

Badania dotyczące wpływu opóźnienia oraz przestrzennych fluktuacji urządzenia wejściowego na szybkość wskazywania obiektów przedstawiono w pracy [13]. Badania wykorzystywały test wielokierunkowy i przebiegały wg klasycznej procedury (cele wybierane naprzeciwko, podświetlenie celu) [2]. Urządzeniem wejściowym była mysz optyczna Microsoft Wheel, a badaniami objęto dwanaście osób. Test wielokierunkowy stosowany w badaniach zawierał 13 obiektów (celów) umieszczonych na okręgu (liczba celi inna niż w [2]). W badaniach stosowano zmienne opóźnienie (od 33 do 133 ms) i drgania (fluktuacje) przestrzenne (od 0 do  $\pm 16$  pikseli). Połączenie szerokości celów (trzy szerokości) i średnicy okręgu (dwie średnice) tworzyły równomierne odstępy wartości wskaźnika trudności od 2,5 do 5,7 bita. Na podstawie badań stwierdzono, że istotny był wpływ opóźnienia na czas przemieszczania wskaźnika na ekranie. Związek między wielkością opóźnienia i szerokością obiektu miał istotny wpływ na czas przemieszczania wskaźnika na ekranie. Zarówno amplituda celu (średnica okręgu) jak również szerokość celu miały istotny wpływ na czas przemieszczania wskaźnika na ekranie (większa szerokość celu – krótszy czas przemieszczania wskaźnika). Analizując wyniki przedstawione w pracy [13] można zaobserwować, że wydajność spada ze wzrostem opóźnień i drgań przestrzennych. Wzrasta również poziom błędów. Należy zwrócić uwagę, że w badaniach nie wyznaczono wielkości stałych (współczynników  $a$  i  $b$ ) występujących w równaniu prawa Fittsa (por. wzór (1)).

W badaniach przedstawionych w [14] sprawdzano, jak wskazywanie obiektów jest skuteczne, gdy lokalizacja celu jest wskazana wcześniej tak, że użytkownicy wiedzą z góry, gdzie jest cel lub nie jest znane wcześniej położenie celu. W badaniach wykorzystywano laptop z myszą przewodową, wbudowanym touchpadem i 15-calowym ekranem o rozdzielczości  $1024 \times 768$  pikseli. Badaniami objęto 36 osób podzielonych na 3 grupy wiekowe po 12 osób. Wszyscy uczestnicy wykorzystywali w badaniach zarówno mysz i touchpad. W eksperymentach osiem obiektów było rozmieszczonych na okręgu wokół obiektu centralnego, a uczestnicy byli zobowiązani do wybierania na przemian obiektu w centrum i jednego z ośmiu otaczających obiektów. W badaniach stosowano dwa poziomy – ze wskazaniem i bez wskazania celu, trzy odległości do celu, dwie wielkości celu i dwa urządzenia – mysz i touchpad. W wynikach badań [14] podano m. in. parametry modelu czasu ruchu (modele prawa Fittsa por. wzór (1)), współczynnik korelacji między czasem ruchu i wskaźnikiem trudności  $ID$ , dla celów ze wskazaniem i celów bez wskazania (tab. 2). Badania przedstawione w pracy [14] wykazały, że wskazanie celu wpłynęło zaskakująco niewiele na wyniki grup wiekowych. Nie stwierdzono istotnych związków pomiędzy wskazaniem celu i wiekiem grupy dla każdego z poziomów błędów i czasu realizacji próby.

W pracy [15] wskazuje się, że powszechne stosowanie interfejsu dotykowego jest ograniczone przez wysokie poziomy błędów przedstawionych w wielu badaniach, brak precyzji, zmęczenie ramienia i brudzenie się ekranu. Badania przedstawione w pracy obejmowały eksperyment bez kontekstu rzeczywistego i eksperyment kontekstowy. Eksperyment bez kontekstu rzeczywistego składał się z czterech testów (test śledzenia, test przeciągania, test jednokierunkowy i test wielokierunkowy) dla zadań abstrakcyjnych. Natomiast eksperyment kontekstowy składał się też z takich samych testów, które były opracowane jako zadania kontekstowe.

**Tab. 2. Modele prawa Fittsa i współczynnik korelacji dla celów ze wskazaniem i bez wskazania dla badanych urządzeń [14]**

Urządzenie	Cele	$t_r = a + b ID$ [ms]	
Mysz	Ze wskazaniem	$t_r = 224 + 250 ID$	0,93
	Bez wskazania	$t_r = 243 + 293 ID$	0,93
	Ogółem	$t_r = 233 + 272 ID$	0,86
Touchpad	Ze wskazaniem	$t_r = 756 + 358 ID$	0,92

Bez wskazania	$t_r = 913 + 355 ID$	0,93
Ogółem	$t_r = 835 + 357 ID$	0,90

W teście wielokierunkowym, który jest dla nas interesujący, stosowano trzy wielkości obiektów na okręgu i trzy różne odległości. W badaniach wykorzystano trzy możliwości wprowadzania: za pomocą myszy, rysika i dotyku. Eksperyment był oparty całkowicie na normie [2]. Przedstawione w pracy wyniki dotyczą m. in. średniego czasu i odchylenia standardowego czasu wykonania pojedynczego testu (24 wskazania). Badania wykazały, że wprowadzanie za pomocą dotyku jest szybsze niż z wykorzystaniem pozostałych dwóch sposobów.

W badaniach przedstawionych w artykule [16] badano interakcje oparte na gestach stosowanych w przestrzeni trójwymiarowej (3D). Eksperyment obejmował trzy urządzenia wejściowe oparte na gestach, które wykorzystują różne techniki do przechwytywania ruchu użytkownika i porównywano je do konwencjonalnych technologii wejściowych, takich jak ekran dotykowy i mysz. Stosowano trzy odległości i trzy rozmiary celu test stosowano sześć razy w losowej kolejności dla wszystkich urządzeń wejściowych. Badaniem objęto 81 osób. Wyniki badań wykazały, że średni czas ruchu był skorelowany z wskaźnikiem trudności dla wszystkich urządzeń, dostarczając dowodów na to, że prawo Fittsa można rozszerzyć i stosować do urządzeń opartych na gestach. Przepustowość urządzeń bazujących na gestach jest istotnie mniejsza w porównaniu do myszy i ekranu dotykowego. Badania sugerują, że urządzenia oparte na gestach mogą być scharakteryzowane prawem Fittsa w podobny sposób jak dla konwencjonalnych urządzeń.

W artykule [17] przedstawiono ocenę możliwości stosowania wargi w celu sterowania urządzeniem wejściowym, zgodnie z prawem Fittsa. W badaniach wykorzystywano wprowadzanie również za pomocą kciuka i myszy w celach porównawczych. Badania wykonano zgodnie z testem wielokierunkowym według metody podanej w [2], ale na mniejszej liczbie celi rozmieszczonych na okręgu (15 celi 14 wskazań na badanie). Wskaźnik trudności wykorzystywany w badaniach jak w zależności (4). Przed pierwszą sesją badań badani przechodzili 30 minutowy trening. Na podstawie badań wyznaczono przepustowość wejściową. Uzyskane średnie wartości przepustowości to: warga 1,06 [bita/s], kciuk 1,8 [bita/s] i mysz 4,95 [bita/s]. Wyniki pokazały, że niska przepustowość związana z wprowadzaniem za pomocą wargi jest porównywalna z przepustowością kciuka, przy użyciu tego samego urządzenia wejściowego w tych samych warunkach.

Przedstawione wyniki badań nie obejmują wszystkich badań, które związane są w większym lub mniejszym stopniu z wielokierunkowym testem wskazywania. Można tutaj wskazać na szczególne badania przedstawione w artykułach [18], [19] i [20].

- **Warunki prowadzenia badań**

- **Monitory i urządzenia wprowadzania wykorzystywane w badaniach**

W badaniach wykorzystywano następujące urządzenia.

**Monitory.**

Monitor Samsung 953bw (ekran 19 cali, rozdzielczość 1440 x 900; proporcje obrazu 16:10; czas reakcji 2 ms, piksel 0.284 mm).

Monitor IPS Dell P2314Ht z podświetleniem LED (ekran 23 cale, rozdzielczość 1920 x 1080, czas reakcji 8 ms, piksel 0.2652 mm).

Monitor dotykowy Iiyama ProLite T2451MTS (ekran 24 cale, proporcje obrazu 16:9, rozdzielczość 1920 x 1080, czas reakcji 5 ms), technologia dotykowa optyczna, multitouch (akustyczna fala powierzchniowa).

Monitor komputera Lenovo ThinkCentre M93z, AllInOne, typ 10AE (ekran 23 cale).

#### **Urządzenia wprowadzania.**

Monitor dotykowy Iiyama ProLite T2451MTS.

Mysz optyczna Lenovo MSU 1175.

Mysz Logitech RX-250.

Mysz odwrócona TrackMan® Wheel, model T-BB18.

Bezprzewodowa mysz optyczna Swiftpoint 300 series FCC xby 300, (interfejs USB, czułość 1000 dpi, 2 przyciski + rolka, zasięg 10 m, mysz trzymana w sposób zbliżony do trzymania długopisu).

### • Liczba osób badanych i warunki prowadzenia badań

Liczbę osób objętych badaniami w latach 2010-2011 podano w tabeli 3. Osobami badanymi były osoby w wieku 19–39 lat z przewagą osób młodszych. Wśród osób badanych były 4 kobiety.

**Tab. 3. Liczba osób objętych badaniami w latach 2010-2011**

Nazwa urządzenia	Mysz		Mysz odwr.	
	800	1024	800	1024
Liczba osób badanych	101	55	88	36

Rozdzielczość dotyczy okna aplikacji, która umożliwiła prowadzenie badań (800 x 600 i 1024 x 768). Mysz odwr. – mysz odwrócona. Badania wykonano wykorzystując tylko dwa urządzenia wprowadzania. Część osób wykonywała badania więcej niż jednym urządzeniem.

Liczbę osób objętych badaniami w latach 2015-2016 podano w tabeli 4. Wśród osób badanych było 27 kobiet.

**Tab. 4. Liczba osób objętych badaniami w latach 2015-2016**

Nazwa urządzenia	Mysz		Mysz odwr.		Swiftpoint		Ekran dotykowy	
	800	1024	800	1024	800	1024	800	1024
Liczba badanych	123	93	68	40	81	59	56	28
Razem	216		108		140		84	
Liczba osób ze znanym wiekiem	198		52		90		40	
Średni wiek [lat]	22,43		22,44		22,44		22,43	
Odchylenie std. wieku [lat]	1,74		1,39		1,58		2,38	

Rozdzielczość (Rozdz.) dotyczy okna aplikacji (800 x 600 i 1024 x 768). Mysz odwr. – mysz odwrócona. Część osób wykonywała badania więcej niż jednym urządzeniem.

Odległości  $d$  (średnica okręgu) i odpowiadające im wartości wskaźnika trudności  $ID$  dla stosowanych w badaniach rozdzielczości podano w tabelach 5 i 6.

**Tab. 5. Odległość  $d$  (średnica okręgu) i odpowiadające im wartości wskaźnika trudności  $ID$  dla rozdzielczości 800 x 600**

Odległość $d$ [pix]	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	2,74	2,89	3,02	3,14	3,25	3,36	3,45	3,55	3,63	3,71

Odległość $d$ [pix]	180	190	200	210	220	230	240	250
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	3,79	3,86	3,93	4,00	4,06	4,12	4,18	4,23

**Tab. 6. Odległość  $d$  (średnica okręgu) i odpowiadające im wartości wskaźnika trudności  $ID$  dla rozdzielczości 1024 x 768**

Odległość $d$ [pix]	108	122	135	148	162	176	189	202	216	230
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	3,12	3,28	3,41	3,53	3,65	3,76	3,86	3,95	4,04	4,12

Odległość $d$ [pix]	243	256	270	284	297	310	324	338
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	4,20	4,27	4,34	4,41	4,47	4,53	4,59	4,65

## • Wyniki badań dla okresu 2010-2011

W okresie 2010-2011 badano czas wskazywania (wprowadzania) obiektów w teście wielokierunkowym wykorzystując mysz i mysz odwróconą. Wyniki badań obejmują średni czas i odchylenie standardowe czasu wskazania obiektu w teście dla wybranych trzech odległości najmniejszej, środkowej i największej (dla trzech wskaźników trudności). Wyniki przedstawiono w tabelach dla dwóch rozdzielczości okna aplikacji (tab. 7 rozdzielczość 800 x 600 i tab. 8 rozdzielczość 1024 x 768).

### Wyniki badań dla myszy

**Tab. 7. Średni czas i odchylenie standardowe czasu wskazania obiektu (celu) dla myszy przy rozdzielczości 800 x 600**

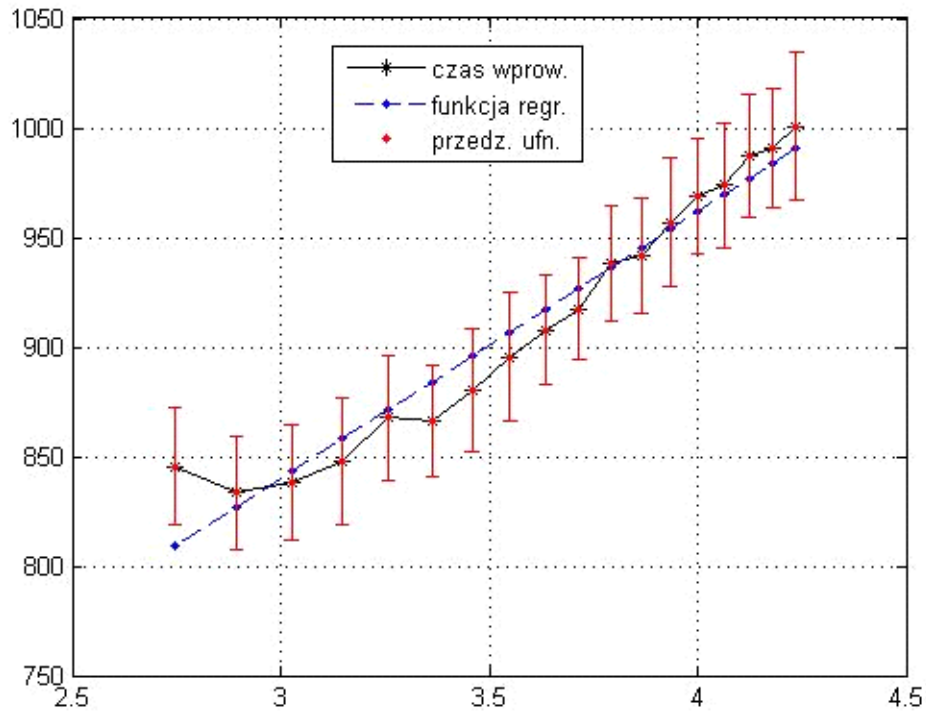
Odległość $d$ [pix]	80	160	250
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	2,74	3,63	4,23
Średni czas [ms]	845,6	907,7	1000,8
Odchylenie std. [ms]	134,7	126,0	171,0

**Tab. 8. Średni czas i odchylenie standardowe czasu wskazania obiektu (celu) dla myszy przy rozdzielczości 1024 x 768**

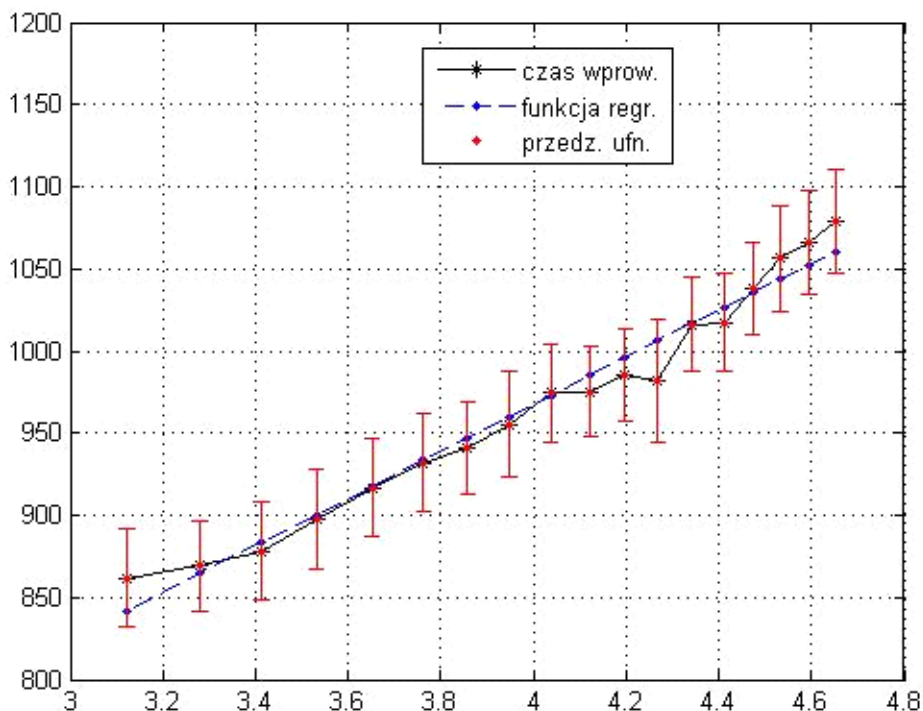


Odległość $d$ [pix]	108	216	338
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	3,12	4,03	4,65
Średni czas [ms]	861,9	974,4	1078,8
Odchylenie std. [ms]	110,6	111,9	117,1

Wykres średniego czasu wprowadzania (czasu pomiędzy kliknięciami), przedziałów ufności oraz funkcja regresji dla myszy przy zmiennym wskaźniku trudności  $ID$  dla dwóch rozdzielczości pokazano na rysunku 3 i 4.



Rys. 3. Średni czas wprowadzania, przedziały ufności i funkcja regresji dla zmiennego wskaźnika trudności  $ID$  (mysz, rozdzielczość 800 x 600, badania 2010-2011)



Rys. 4. Średni czas wprowadzania, przedziały ufności i funkcja regresji dla zmiennego wskaźnika trudności  $ID$  (mysz, rozdzielczość 1024 x 768, badania 2010-2011)

Funkcja regresji dla czasu odpowiadająca zależności (1) oraz współczynnik korelacji  $R$  z próby dla wykonanych badań podano w tabeli 9.

Tab. 9. Funkcja regresji dla czasu (jak w zależności (1)) oraz współczynnik korelacji  $R$  z próby dla myszy (badania 2010-2011)

Rozdzielczość	Funkcja regresji (jak w (1))	$R$
800 x 600		0,975
1024 x 768		0,987

### Wyniki badań dla myszy odwróconej

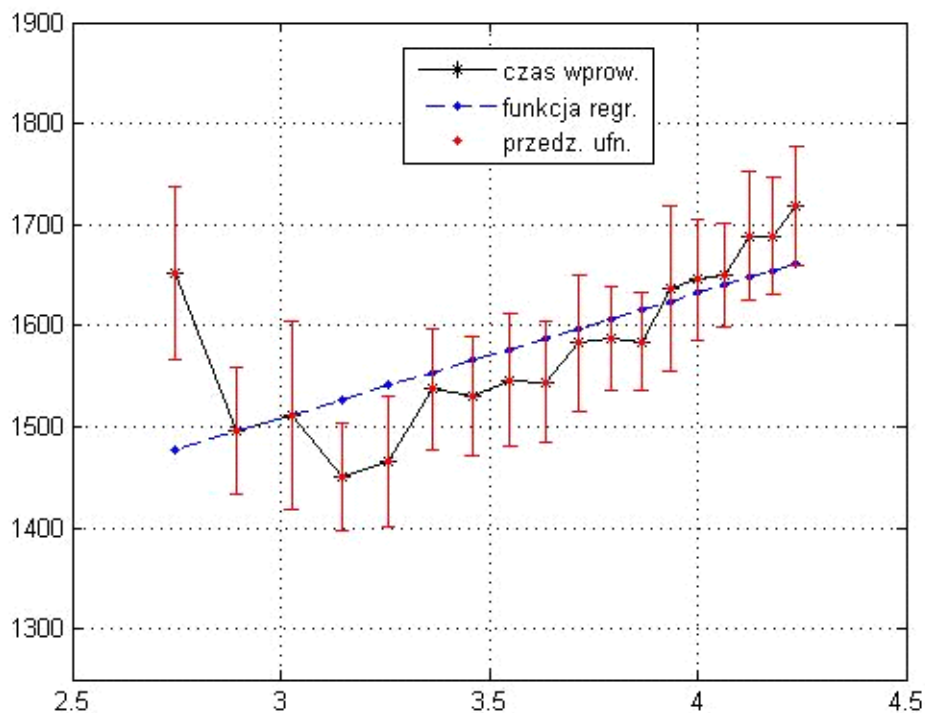
Tab. 10. Średni czas i odchylenie standardowe czasu wskazania obiektu (celu) dla myszy odwróconej przy rozdzielczości 800 x 600

Odległość $d$ [pix]	80	160	250
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	2,74	3,63	4,23
Średni czas [ms]	1651,8	1544,3	1718,3
Odchylenie std. [ms]	406,6	283,8	281,2

Tab. 11. Średni czas i odchylenie standardowe czasu wskazania obiektu (celu) dla myszy odwróconej przy rozdzielczości 1024 x 768

Odległość $d$ [pix]	108	216	338
Wskaźnik trudności $ID$ [bit]	3,12	4,03	4,65
Średni czas [ms]	1594,5	1654,3	1764,2
Odchylenie std. [ms]	318,3	263,1	250,6

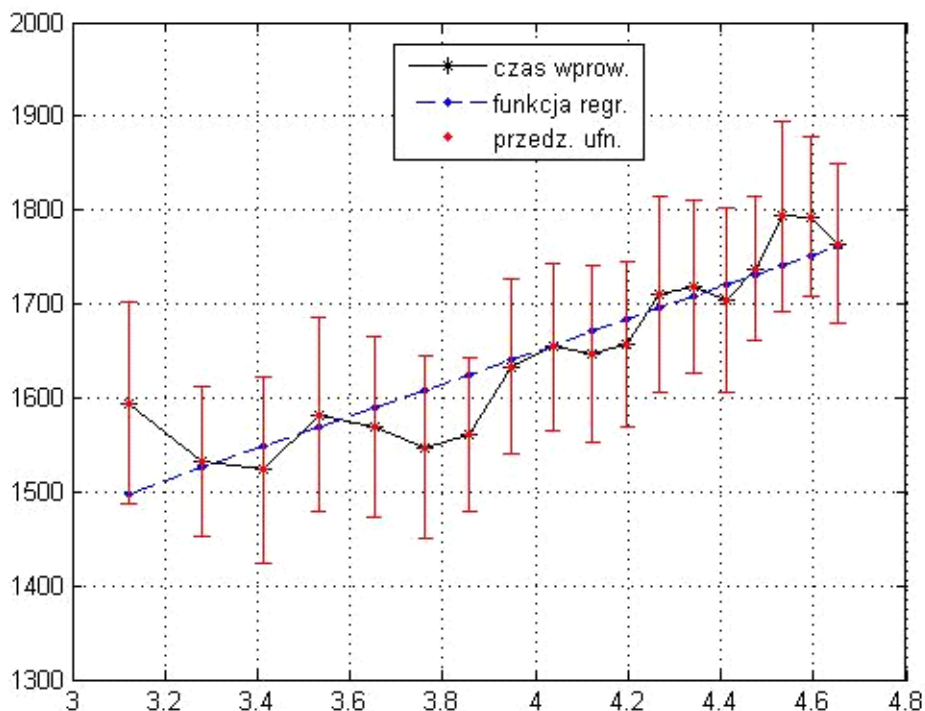
Wykres średniego czasu wprowadzania (czasu pomiędzy kliknięciami), przedziałów ufności oraz funkcja regresji dla myszy odwróconej przy zmiennym wskaźniku trudności  $ID$  dla dwóch rozdzielczości pokazano na rysunku 5 i 6.



Rys. 5. Średni czas wprowadzania, przedziały ufności i funkcja regresji dla zmiennego wskaźnika trudności  $ID$  (mysz odwrócona, rozdzielczość 800 x 600, badania 2010-2011)

Funkcja regresji dla czasu odpowiadająca zależności (1) oraz współczynnik korelacji  $R$  z próby dla wykonanych badań podano w tabeli 12.

W wynikach badań można zauważyć większe wartości średniego czasu wprowadzania oraz dość znaczne wartości odchyłeń standardowych. Niewątpliwie jest to spowodowane urządzeniem (mysz odwrócona), które nie jest typowym, powszechnie używanym urządzeniem.



Rys. 6. Średni czas wprowadzania, przedziały ufności i funkcja regresji dla zmiennego wskaźnika trudności *ID* (mysz odwrócona, rozdzielczość 1024 x 768, badania 2010-2011)

Tab. 12. Funkcja regresji dla czasu (jak w zależności (1)) oraz współczynnik korelacji *R* z próby dla myszy odwróconej (badania 2010-2011)

Rozdzielczość	Funkcja regresji (jak w (1))	<i>R</i>
800 x 600		0,707
1024 x 768		0,905

### • Porównanie badań dla okresu 2010-2011

W celu możliwości porównania średnich czasów wprowadzania (czasów pomiędzy kliknięciami) dla wykorzystywanych urządzeń dokonano sprawdzenia normalności rozkładu z próby.

Porównano wartości średnie czasu przemieszczenia wskaźnika pomiędzy kliknięciami dla myszy i myszy odwróconej. Porównania dokonano dla trzech wybranych odległości *d* dla każdej z rozdzielczości.

Przyjęto następujące hipotezy:

- gdzie: – średni czas pomiędzy kliknięciami w kwadraty za pomocą myszy,  
 – średni czas pomiędzy kliknięciami w kwadraty za pomocą myszy odwróconej.

Przyjęto poziom istotności  $\alpha=0,05$ .

Do porównania wartości wykorzystano test Cochran-Coxa [21].

Wyniki porównania wartości średnich czasu przemieszczenia wskaźnika pomiędzy kliknięciami myszą i myszą odwróconą dla rozdzielczości 800 x 600 podano w tabeli 13, a dla rozdzielczości 1024 x 768 w tabeli 14.

**Tab. 13. Wyniki porównania średnich czasów przemieszczenia wskaźnika pomiędzy kliknięciami za pomocą urządzeń dla rozdzielczości 800 x 600**

Odległość $d$ [pix]	Hipoteza
80	$H_1$
160	$H_1$
250	$H_1$

**Tab. 14. Wyniki porównania średnich czasów przemieszczenia wskaźnika pomiędzy kliknięciami za pomocą urządzeń dla rozdzielczości 1024 x 768**

Odległość $d$ [pix]	Hipoteza
108	$H_1$
216	$H_1$
338	$H_1$

Biorąc pod uwagę wartości podane w tabelach 7, 8 i 10, 11 oraz mając na uwadze rodzaje urządzeń należało się takich wyników spodziewać.

Porównano również średnie czasy wprowadzania (czasów pomiędzy kliknięciami) dla myszy i myszy odwróconej przy różnych rozdzielczościach okna aplikacji (rozdzielczość 800 x 600 i rozdzielczość 1024 x 768). W tym celu wybrano zbliżone odległości  $d$  odpowiadające rozdzielczościom.

Przyjęto następujące hipotezy:

- gdzie:
- średni czas pomiędzy kliknięciami w kwadraty za pomocą urządzenia przy rozdzielczości 800 x 600 ( $R1$ ),
  - średni czas pomiędzy kliknięciami w kwadraty za pomocą urządzenia przy rozdzielczości 1024 x 768 ( $R2$ ).

Przyjęto poziom istotności  $\alpha=0,05$ . Do porównania wartości wykorzystano test Cochran-Coxa [21].

Wyniki porównania średnich czasów wprowadzania (czasów pomiędzy kliknięciami) dla myszy i myszy odwróconej podano w tabeli 15. Dla rozdzielczość 800 x 600 przyjęto do porównania wartości odpowiadające odległościom 110, 180, 250 [pix], natomiast dla rozdzielczości 1024 x 768 wartości odpowiadające odległościom 108, 176, 256 [pix].

**Tab. 15. Wyniki porównania średnich czasów między wskazaniami kwadratów za pomocą tego samego urządzenia dla różnych rozdzielczości (badania 2010-2011)**

Odległość $d$	110 (108) [pix]	180 (176) [pix]	250 (256) [pix]
Urządzenie			
Mysz	$H_0$	$H_0$	$H_0$
Mysz odwrócona	$H_1$	$H_0$	$H_0$

Tylko dla jednego przypadku odrzucono hipotezę zerową – mysz odwrócona i dla odległości 110 i 108 [pix]. Może to świadczyć o tym, że rozdzielczość okna aplikacji nie miała znaczącego wpływu na średni czas wprowadzania (wskazywania obiektów).

## • Podsumowanie

Niniejszy artykuł jest pierwszą częścią szerszej pracy dotyczącej wyników badań czasu wprowadzania obiektów za pomocą urządzeń wskazujących. Do badań wykorzystano aplikację wzorowaną na rekomendacjach podanych w normie ISO 9241-9 [2]. Wyniki badań przedstawione w artykule dotyczą badań wykonanych w latach 2010-2011 z wykorzystaniem dwóch urządzeń myszy i myszy odwróconej.

Porównując uzyskane wyniki badań z dostępnymi danymi w dostępnej literaturze można zauważyć, że w zakresie współczynników w równaniu (1) (współczynniki a, b) występują różnice porównując do współczynników podanych w artykule [14]. Dotyczy to zarówno współczynników ze wskazaniem (gdy lokalizacja celu jest wcześniej znana użytkownikowi) i bez wskazania (gdy lokalizacja celu nie jest znana wcześniej użytkownikowi).

Porównując urządzenia między sobą widoczne są znaczne różnice w wartościach czasu wskazywania (czasu pomiędzy kliknięciami) obiektów. Wynika to przede wszystkim z różnicy samych urządzeń i z faktu, że mysz odwrócona nie jest powszechnie używanym urządzeniem wprowadzania.

W drugiej części artykułu zostaną przedstawione wyniki badań z lat 2015-2016, w których wykorzystano dodatkowe urządzenia wprowadzania, które nie były stosowane w latach 2010-2011. Przedstawione zostanie również porównanie wyników uzyskanych we wskazanych okresach dla tych samych urządzeń.

## Literatura

- Donigiewicz A.M., *Wielokierunkowy test wskazywania – norma ISO 9241-9 – przegląd badań*. Przegląd Teleinformatyczny, nr 3-4, 2014, s. 33-65.
- *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.
- Donigiewicz A.M., *Modelowanie interakcji człowiek-komputer. Problemy oceny jakości i niezawodności*, Wyd. WAT, Warszawa, 2005.
- 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.
- Sikorski M., *Interakcja człowiek-komputer*. Wyd. PJWSTK, Warszawa, 2010.
- MacKenzie I.S., *Motor behaviour models for human-computer interaction*. [In:] *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*. San Francisco, Kaufmann, 2003, pp. 27-54.
- 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.
- MacKenzie I.S., *Movement time prediction in human-computer interfaces*. [In:] *Readings in human-computer interaction*. Los Altos, Kaufmann, 1995, pp. 483-493.
- Whisenand T.G., Emurian H.H., *Effects of Angle of Approach on Cursor Movement with a Mouse: Consideration of Fitts' Law*. Computers in Human Behaviour, Vol. 12, No. 3, 1996, pp. 481-495.

- Amer T., Cockburn A., Green R., Odgers G., *Evaluating Swiftpoint as a Mobile Device for Direct Manipulation Input*. AUIC2007 (CRPIT), Vol. 64, 2007, pp. 63-70.
- Isokoski P., Raisamo R., Martin B., Evreinov G., *User performance with trackball-mice*. Interacting with Computers 19, 2007, pp. 407-427.
- Zhang X., MacKenzie I.S., *Evaluating Eye Tracking with ISO 9241 – Part 9*. Human-Computer Interaction, Part III, HCII 2007, LNCS 4552, pp. 779-788.
- Pavlovych A., Stuerzlinger W., *The Tradeoff between Spatial Jitter and Latency in Pointing Tasks*. EICS '09, July15–17, 2009, Pittsburgh, pp. 187-196.
- Hertzum M., Hornbæk K., *The Effect of Target Precuing on Pointing with Mouse and Touchpad*. International Journal of Human-Computer Interaction, Vol. 29, No. 5, 2013, pp. 338-350.
- Maidin A.F., *Investigating the usability of touch-based user interfaces*. University of Salford, Salford, 2014.
- Burno R.A., Wu B., Doherty R., Colett H., Elnaggar R., *Applying Fitts' law to gesture based computer interactions*. Procedia Manufacturing 3, 2015, pp. 4342-4349.
- Anandhan B., Napoleon A., *Advanced Innovation in Human-Computer Interface Controlled by the Mouth Variation*. Middle-East Journal of Scientific Research, 2016, No. 24, pp. 419-424.
- Kohli L., Whitton M.C., Brooks F.P., *Redirected Touching: Training and Adaptation in Warped Virtual Spaces*. IEEE Symposium on 3D User Interfaces, 2013, pp. 79-86.
- Lee B., Park H., Bang H., *Multidirectional Pointing Input Using a Hardware Keyboard*. ETRI Journal, Vol. 35, No 6, 2013, pp. 1160-1163.
- Felzer T., MacKenzie I.S., Magee J., *Comparison of Two Methods to Control the Mouse Using a Keypad*. ICCHP 2016, Part II, LNCS 9759, pp. 511–518.
- Cieciura M., Zacharski J., *Metody probabilistyczne w ujęciu praktycznym*. Wizja Press&IT, Warszawa, 2007.

### Źródła elektroniczne

- Buxton W., *Theories, models and basic concepts*. [In:] *Haptic Input*, pp. 7.1-7.46 <http://www.billbuxton.com/input07.TheoriesModels.pdf> (dostęp 20.01.2011).
- MacKenzie I.S., *Fitts' law as a performance model in human-computer interaction*, Unpublished Doctoral Dissertation, University of Toronto <http://www.yorku.ca/mack/phd.html> (dostęp 20.01.2011).

## Study of the time of pointing an object by the user during multidirectional test

### Part I - results from 2010-2011

**ABSTRACT:** The article presents the results of the time-of-course test for items examined during the multidirectional test. The study was conducted in accordance with ISO 9241-9 in 2010-2011. The study utilized a mouse and an inverted mouse (trackball). The coefficients of the Fitts equation were determined. Further research (2015-2016) will be presented in the second part of the article.

**KEYWORDS:** tests of non-keyboard input devices, multidirectional tapping test, Fitts' law, ISO 9241-9 standard

*Praca wpłynęła do redakcji: 28.12.2016 r.*