

# **Badanie jakości działania użytkownika wykorzystującego urządzenie mobilne**

## **Gesty pinch and stretch oraz wskazywanie w teście jednokierunkowym**

**Artur ARCIUCH, Antoni M. DONIGIEWICZ**

Institut Teleinformatyki i Cyberbezpieczeństwa, Wydział Cybernetyki WAT,  
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa  
{artur.arciuch}, antoni.donigiewicz@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono wyniki badań jakości wykonywania gestów przez użytkownika wykorzystującego urządzenie mobilne. Jako urządzenie mobilne wykorzystano smartfon Nokia Lumia 800. Wyniki badań dotyczą podstawowego gestu pinch and stretch oraz jednokierunkowego testu wskazywania. Badania obejmują czas wykonania gestu i precyzję wykonania gestu. Wyniki uwzględniają podział użytkowników na grupy wiekowe oraz grupy używające i nie używające smartfona na co dzień. Przedstawiono porównanie wyznaczonych charakterystyk pomiędzy grupami.

**SŁOWA KLUCZOWE:** gesty pinch and stretch, jednokierunkowy test wskazywania, wprowadzanie gestów palcem, urządzenie mobilne, czas wykonania gestu, precyzja wykonania gestu

### **1. Wprowadzenie**

W niniejszym artykule, który tematycznie jest kontynuacją prac [1] i [2], przedstawiono wyniki badań jakości wykonywania gestów jednym palcem przez użytkowników na ekranie urządzenia mobilnego. Jako urządzenie mobilne wykorzystano smartfon Nokia Lumia 800. Podstawowymi charakterystykami jakości wykonania gestów były czas wykonania gestu i precyzja wykonania gestu (odległość punktu dotyku ekranu palcem od środka dotykane go obiektu) oraz

prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu. Gesty na ekranie wykonywano tylko palcem, a badaniami objętych było 60 osób w wieku 16-66 lat.

## 2. Działania podlegające badaniu

Wyniki badań jakości wykonywania gestów tap, double tap i flick przez użytkowników na ekranie urządzenia mobilnego przedstawiono w artykule [1], natomiast wyniki badań gestów pan i touch&hold przedstawiono w pracy [2]. W badaniach, których wyniki przedstawione są w niniejszym artykule, stosowano gesty *pinch&stretch* oraz działania wykonywane jako jednokierunkowy test wskazywania. Działania te również należą do typowych gestów wykonywanych przez użytkownika wykorzystującego smartfon.

Gest *pinch&stretch* polega na przeciągnięciu (ściągnięciu) ku sobie palców na ekranie (pinch – zmniejszanie, przycinanie) lub odsuwaniu od siebie dwóch palców na ekranie (stretch – rozciąganie, powiększanie). Gest ten stosowany jest do skalowania (powiększania lub zmniejszania) obrazu na ekranie przy korzystaniu z map, przy nawigowaniu, przy przeglądaniu stron internetowych lub treści multimedialnych (głównie zdjęć). Zakończenie gestu to podniesienie palców. W badaniach gest ten skonkretyzowano i polegał on na położeniu palców na obiekcie (kwadrat na ekranie) i przeskalowaniu obiektu do wielkości innego obiektu (kwadrat cel).

Działania wykonywane w ramach jednokierunkowego testu wskazywania to typowe działania użytkownika – wskazywanie i wybieranie obiektów na ekranie. Jednokierunkowy test wskazywania polegał na dotykaniu palcem prostokątów na ekranie. Prostokąty były ustalonej szerokości i ustawione były w określonej odległości od siebie.

## 3. Prace związane

Omówienie wybranych badań opisywanych w literaturze, dotyczących oceny jakości wykonywania gestów przez użytkowników na urządzeniach mobilnych, przedstawione zostało w artykule [1].

Tematyka badań jakości wykonywania gestów przez użytkowników urządzeń mobilnych ma swoje istotne miejsce w pracach dotyczących szeroko rozumianych zagadnień projektowania interakcji człowiek-komputer. Do stosunkowo nieodległych w czasie artykułów, w których wskazuje się na potrzebę uwzględniania wyników badań jakości działania użytkowników w projektowaniu interfejsów użytkownika urządzeń mobilnych, należą prace [3], [4] i [5]. Wyniki badań pozwalają projektantom wybrać najlepszy sposób

realizacji działań użytkowników nie tylko sprawnych percepcyjnie i ruchowo, ale również użytkowników z różnymi ograniczeniami [3] i użytkowników wykonujących zadania np. tylko jedną ręką [4].

Do grupy prac związanych z tematyką artykułu należy praca [6]. Praca dotyczy kinematyki palca wskazującego i kciuka oraz pomiarów wydajności dla typowych gestów na ekranie dotykowym. Badanie, poza analizą kinematyki stawów palców, miało na celu m.in. ilościowe określenie różnic w 7 gestach na ekranie dotykowym.

Szczegółowe propozycje, wynikające z przeprowadzonych badań jakości realizacji działań użytkowników, a dotyczące użyteczności i projektowania czterech różnych rozmiarów paneli dotykowych dla osób starszych, młodych dorosłych i dzieci zostały zaproponowane w pracy [5].

## **4. Warunki prowadzenia badań**

### **4.1. Urządzenia wykorzystywane w badaniach**

W badaniach przedstawionych w tym artykule wykorzystywano, jak poprzednio, urządzenie mobilne – telefon Nokia Lumia 800 (dalej używana będzie nazwa smartfon). Podstawowe parametry smartfona – system operacyjny MS Windows Phone 7.5 Mango, jednordzeniowy procesor Qualcomm MSM8255T z zegarem 1,40 GHz. Typ ekranu – wyświetlacz pojemnościowy z wielodotykiem (funkcja multi-touch) o rozmiarze 3,7". Technologia wykonania wyświetlacza AMOLED z wykorzystaniem ClearBlack, pozwalająca na pracę w rozdzielczości WVGA (480 × 800 px, 252 ppi ~54,7% screen-to-body ratio) [14], [15]. Użycie wyświetlacza pojemnościowego wykluczało wykorzystanie w działaniach rysika.

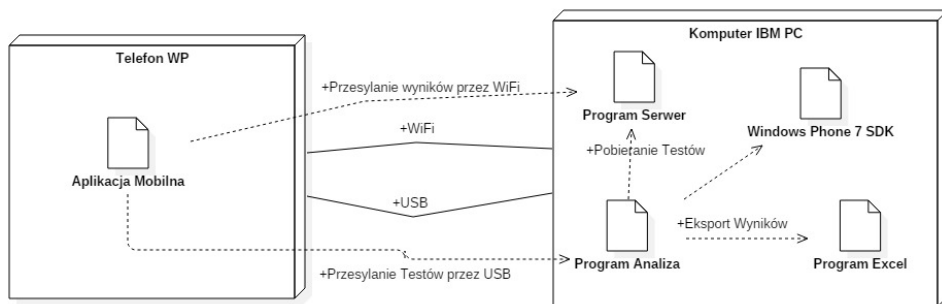
### **4.2. Aplikacja umożliwiająca przeprowadzenie badań**

Do badań wykorzystano aplikację, której opis przedstawiony jest w artykułach [1] i [2]. Dla porządku przypominamy krótko ten opis.

Aplikacja umożliwiająca badanie miała budowę modułową (rys. 1) [7]:

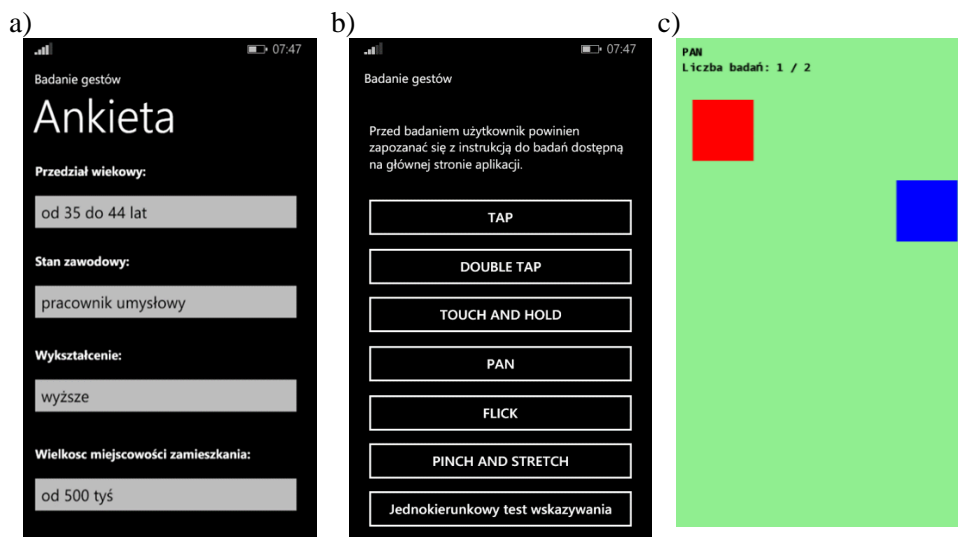
- moduł *Aplikacja Mobilna* uruchamiany na telefonie działającym pod kontrolą systemu Windows Phone,
- moduł *Program Analiza* uruchamiany na komputerze klasy IBM PC z zainstalowanym systemem operacyjnym Windows 7,

– moduł *Program Serwer* – webservice uruchamiany na komputerze klasy IBM PC.



Rys. 1. Architektura aplikacji umożliwiającej przeprowadzenie badań [7]

Osoba wykonująca badanie, po uruchomieniu modułu *Aplikacja Mobilna*, wypełniała krótką ankietę (rys. 2a), po czym wykonywała określone gesty ustaloną liczbę powtórzeń (rys. 2b). Przykładowy ekran pokazujący stan po wyświetleniu obiektów i przed wykonaniem gestu pokazano na rysunku 2c.



Rys. 2. Aplikacja Mobilna a) ankieta, b) rodzaje pomiarów, c) widok w czasie wykonywania jednego gestu pan [7]

Wyniki badań były przesyłane z modułu *Aplikacja Mobilna* do modułu *Program Analiza* z wykorzystaniem webservice'u *Program Serwer* poprzez połączenie WiFi albo bezpośrednio z modułu *Aplikacja Mobilna* do modułu *Program Analiza* z wykorzystaniem połączenia przez interfejs USB. *Program*

Analiza (rys. 3) miał możliwość prezentacji wyników całościowych (wszystkich badanych) i pojedynczego badania (gestu albo osoby).

Wybrane wyniki pomiarów można było wyeksportować z modułu *Program Analiza* do pliku w formacie Excel. W przedstawionych badaniach wykorzystano możliwość eksportu wyników do pliku w formacie Excel w celu dalszego przetwarzania. Podstawowymi danymi, do których możliwy był dostęp w ramach pliku w formacie Excel, były:

- informacja, czy trafiono w obiekt czy nie,
- odległość pomiędzy obiektem i palcem w chwili dotknięcia ekranu,
- czas wykonania gestu.

The screenshot shows the 'Analiza wyników badań na podstawie imienia i nazwiska badanego:' section. It includes input fields for 'Imię:' (A) and 'Nazwisko:' (B), a 'Pobierz' button, and a list of demographic data: 'Przedział wiekowy: od 35 do 44 lat', 'Stan zawodowy: pracownik umysłowy', 'Wysztalcenie: wyższe', 'Wielkość miejscowości: od 500 tys', and 'Korzystanie ze smartfonu: tak'. Below this is a 'Wybierz parametry do eksportu:' section with five checked options: 'Czy poprawne trafienie', 'Czy niepoprawne trafienie', 'Wskaźnik precyzji', 'Czas gestu', and 'Numer próby'. An 'Eksportuj do Excel' button is at the bottom. On the right, there are six gesture analysis categories with their respective counts and average reaction times: TAP (2/2 correct, 0/2 incorrect, 780 ms), DOUBLE TAP (2/2 correct, 0/2 incorrect, 1355 ms), TOUCH AND HOLD (2/2 correct, 0/2 incorrect, 565 ms), PAN (2/2 correct, 0/2 incorrect, 2320 ms), PINCH AND STRETCH (2/2 correct, 0/2 incorrect, 2650 ms), and Jednokierunkowy test wskazywania (0/2 correct, 2/2 incorrect, 710 ms, 30 px width, 200 px distance, horizontal orientation).

Rys. 3. Fragment zobrazowania w module *Program Analiza* [7]

### 4.3. Liczba osób badanych i warunki prowadzenia badań

Liczba osób badanych i warunki prowadzenia badań były takie same, jak podane w artykule [1].

Liczbę osób objętych badaniami podano w tabeli 1. Osobami badanymi było 60 osób w wieku 16-66 lat z przewagą osób młodych i w średnim wieku. Wyróżniono pięć grup wiekowych oznaczonych cyframi od 1 do 5. Wśród osób badanych były 2 kobiety.

**Tab. 1. Liczba osób objętych badaniami**

| Przedział wiekowy [lat] | 16-24 | 25-34 | 35-44 | 45-54 | ≥55 | Razem |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| Numer grupy             | 1     | 2     | 3     | 4     | 5   |       |
| Liczba osób             | 14    | 5     | 23    | 13    | 5   | 60    |

Osobami badanymi byli głównie mężczyźni, pracownicy umysłowi z wykształceniem wyższym oraz kilku uczniów i studentów z wykształceniem średnim. Wśród badanych osób część osób używała smartfona codziennie, a część nie używała (tab. 2). Wszystkie osoby powtarzały gesty 30 razy.

**Tab. 2. Liczba osób używających i nie używających smartfona codziennie**

| Cecha       | Używa smartfon | Nie używa smartfon |
|-------------|----------------|--------------------|
| Liczba osób | 48             | 12                 |

Badania wykonywano w pomieszczeniu w godzinach 8.00-16.00. Smartfon był trzymany w pozycji pionowej w lewej ręce (wśród osób badanych nie było osób leworęcznych). Osoby badane nie poruszały się, najczęściej siedziały (nie chodziły). Kolejny obiekt (cel) do wykonania akcji przez osobę badaną wyświetlany był bezpośrednio po zakończeniu poprzedniego gestu. Przed badaniami nie były przeprowadzane żadne próby zapoznawcze ani treningowe.

W badaniach, których wyniki są przedstawione w niniejszym artykule, stosowano gesty pinch and stretch oraz gesty wskazywania przy wykonywaniu jednokierunkowego testu wskazywania.

Podstawowymi parametrami wyznaczanymi na podstawie wykonywanych pomiarów były:

- średni czas wykonania gestu przez użytkownika,
- średnia precyzja wykonania gestu.

Do wykonania obliczeń w niniejszym artykule wykorzystano odpowiednie do warunków testy statystyczne [8], [9], [13]. Bezpośrednie obliczenia i wykresy wykonano, wykorzystując oprogramowanie do obliczeń naukowo-technicznych MATLAB [12].

## 5. Wyniki badań gestu pinch and stretch

Gest pinch and stretch w badaniach polegał na przeciąganiu (ściągnięciu) ku sobie palców na ekranie (pinch – zmniejszanie, przycinanie) lub odsuwaniu od siebie dwóch palców na ekranie (stretch – rozciąganie, powiększanie). Gest

kończył się podniesieniem palców. Obiekt, który poddawany był manipulacjom w badaniach to czerwony kwadrat o wymiarach to  $100 \times 100$  pikseli (rys. 4). Jego rozmiary zostały ustalone na  $100 \times 100$  pix, jest to nieco większy rozmiar niż palec, który dotyka powierzchni ekranu.

Wielkości mierzone i rejestrowane dla osoby badanej (rys. 5):

$x_{11}, y_{11}$  – współrzędne wierzchołka obiektu celu (kwadrat 1),

$x_{12}, y_{12}$  – współrzędne wierzchołka obiektu zmienianego przez użytkownika (kwadrat 2),

$t_a$  – chwila wyświetlenia obiektów (kwadratów) na ekranie,

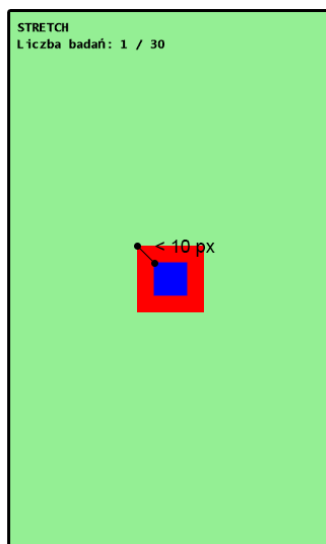
$t_b$  – chwila oderwania pierwszego z palców od powierzchni ekranu.

Warunek poprawności wykonania gestu pinch and stretch:

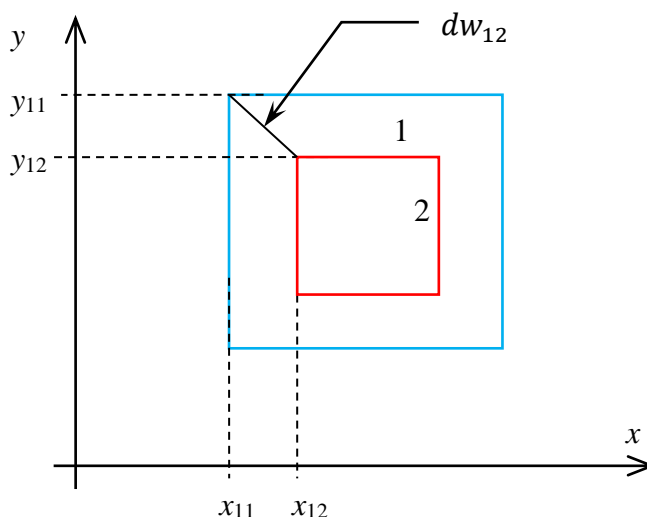
$$dw_{12} \leq 10 \quad (1)$$

gdzie:  $dw_{12} = \sqrt{(x_{11} - x_{12})^2 + (y_{11} - y_{12})^2}$  – jak na rysunku 5.

Odległość  $dw_{12}$  pomiędzy kwadratami była wyznaczana na podstawie zarejestrowanych współrzędnych (w dalszej części artykułu odległość ta nazywana jest precyzją).



Rys. 4. Widok ekranu telefonu Nokia Lumia 800 przy wykonywaniu gestu pinch and stretch



**Rys. 5. Ilustracja położenia obiektu – celu (kwadrat 1) i obiektu zmienianego przez użytkownika kwadratu (2) na cel na ekranie przy geście pinch and stretch, gdzie:  $(x_{11}, y_{11}), (x_{12}, y_{12})$  – współrzędne wierzchołków kwadratów odpowiednio pierwszego i drugiego**

Czas  $t_1$  wykonania gestu pan przez użytkownika:

$$t_1 = t_b - t_a ,$$

gdzie:  $t_a$  – chwila wyświetlenia obiektów (kwadratów),

$t_b$  – chwila oderwania pierwszego z palców przez użytkownika od powierzchni ekranu.

Po wykonaniu pomiarów wyznaczane były średnia precyzja gestu, średni czas wykonania gestu i prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu pinch and stretch.

Średnia precyzja  $\overline{dw}_{12}$  gestu:

$$\overline{dw}_{12} = \frac{1}{n} \sum_1^n dw_{12 i} , \quad (2)$$

gdzie:  $dw_{12 i}$  – precyzja gestu w  $i$ -tym pomiarze,

$n$  – liczba powtórzeń gestu ( $n = 30$ ).

Średni czas  $\bar{t}_1$  wykonania gestu:

$$\bar{t}_1 = \frac{1}{n} \sum_1^n t_{1 i} , \quad (3)$$

gdzie:  $t_{1 i}$  – czas wykonania gestu w  $i$ -tym pomiarze,

$n$  – liczba powtórzeń gestu ( $n = 30$ ).



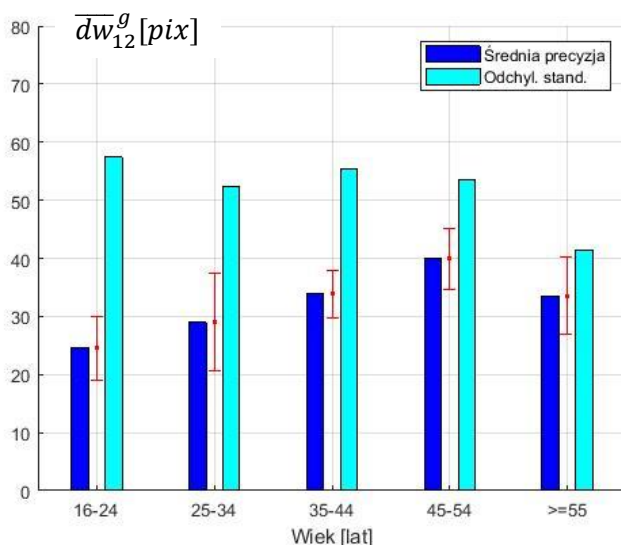
Prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu pinch and stretch wyznaczono, wykorzystując warunek poprawności wykonania gestu (por. zależność (1)).

W celu wykonania odpowiednich porównań wyznaczono średnią precyzję  $\overline{dw}_{12}^g$  wykonania gestu pinch and stretch w grupie wiekowej  $g$ ,  $g \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Wyniki obliczeń podano w tabeli 3.

Tab. 3. Średnia precyzja  $\overline{dw}_{12}^g$  wykonania gestu pinch and stretch w grupach wiekowych (wszystkie gesty)

| Przedział wiekowy [lat]   | 16-24 | 25-34 | 35-44 | 45-54 | $\geq 55$ |
|---|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Grupa $g$   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5         |
| Średnia precyzja $\overline{dw}_{12}^g$ wykonania gestu pan [pix] | 24,6  | 29,0  | 33,9  | 39,9  | 33,5      |
| Odchylenie standardowe precyzji [pix]                             | 57,5  | 52,3  | 55,4  | 53,5  | 41,4      |

Analiza wartości średniej precyzji dla tego gestu wskazuje, że znaczna liczba gestów wykonanych przez osoby badane zakończyła się w większej odległości od celu. Potwierdzają to również znaczne wartości odchylenia standardowego precyzji (patrz tab. 3). Średnią precyzję, odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wykonania gestu pinch and stretch przez osoby w grupach wiekowych dla wszystkich gestów pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Średnia precyzja  $\overline{dw}_{12}^g$ , odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wykonania gestu pinch and stretch przez osoby w grupach wiekowych (wszystkie gesty)

Wykonano porównanie wyników badań pomiędzy grupami wiekowymi – w szczególności pomiędzy pierwszą grupą wiekową i pozostałymi grupami.

Sformułowano następujące hipotezy dla średniej precyzji wykonania gestu:

H0: średnie precyzje równe w grupach wiekowych 1 i j ( $\overline{dw}_{12}^i = \overline{dw}_{12}^j$ ),

H1: średnie precyzje różne w grupach wiekowych 1 i j ( $\overline{dw}_{12}^i \neq \overline{dw}_{12}^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania średnich [8], [9]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki porównania przedstawiono w tabeli 4.

**Tab. 4. Wyniki porównania średniej precyzji wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników pomiędzy grupą pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi**

| Porównywane grupy                             | 1-2                             | 1-3         | 1-4         | 1-5         |
|---|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Decyzja o wyniku porównania średniej precyzji | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 |

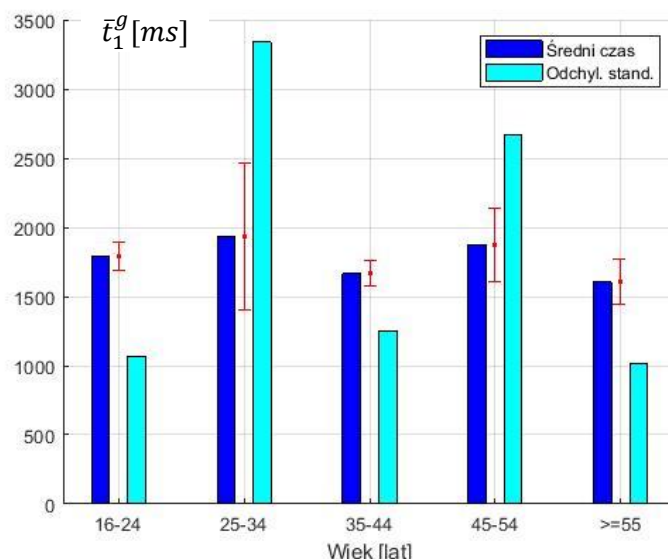
Dla przeprowadzonych badań wyznaczono średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania gestu pinch and stretch w grupie wiekowej  $g$ ,  $g \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Poza średnim czasem wykonania gestu w grupie wiekowej, wyznaczono odchylenie standardowe czasu wykonania gestu i przedziały ufności dla czasu wykonania gestu w każdej grupie wiekowej.

Wyniki obliczeń średniego czasu wykonania gestu dla wszystkich gestów i dla gestów poprawnie wykonanych (warunek (1) spełniony) podano w tabeli 5.

Średni czas, odchylenie standardowe czasu i przedziały ufności czasu wykonania gestu pinch and stretch przez osoby w grupach wiekowych dla wszystkich gestów pokazano na rysunku 7, a dla gestów poprawnych (warunek (1) spełniony) na rysunku 8.

**Tab. 5. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania gestu pinch and stretch w grupach wiekowych**

| Przedział wiekowy [lat]  | 16–24  | 25–34  | 35–44  | 45–54  | $\geq 55$ |
|--|--------|--------|--------|--------|-----------|
| Grupa $g$  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5         |
| Średni czas $\bar{t}_1^g$ wykonania gestu pinch and stretch (gesty wszystkie) [ms]                               | 1791,9 | 1932,5 | 1666,1 | 1870,4 | 1603,9    |
| Średni czas $\bar{t}_1^g$ wykonania gestu pinch and stretch (gesty, dla których spełniony jest warunek (1)) [ms] | 2133,7 | 2105,3 | 2155,2 | 2354,6 | 1913,4    |



Rys. 7. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania gestu, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania gestu pinch and stretch przez osoby w grupach wiekowych (wszystkie gesty)

Gdy porówna się wartości średniego czasu wykonania gestu w grupach wiekowych (tab. 5), widoczny jest wyraźny wzrost tego czasu dla gestów poprawnych, dla których warunek poprawności (dokładności wykonania gestu) jest spełniony (warunek (1)). Wykonano porównanie wyników badań średniego czasu wykonania gestu pinch and stretch pomiędzy pierwszą grupą wiekową i pozostałymi grupami.

Sformułowano następujące hipotezy dla średniego czasu wykonania gestu:

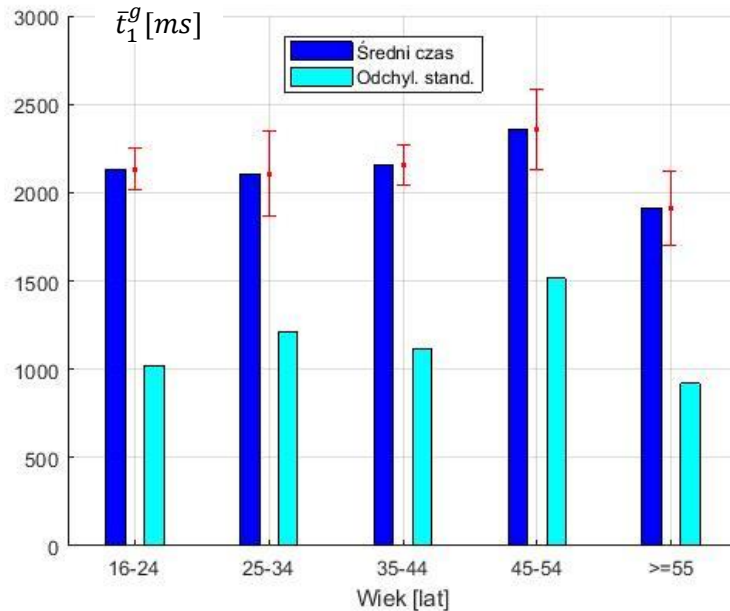
H0: średnie czasy równe w grupach wiekowych 1 i j ( $\bar{t}_1^1 = \bar{t}_1^j$ ),

H1: średnie czasy różne w grupach wiekowych 1 i j ( $\bar{t}_1^1 \neq \bar{t}_1^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania średnich [8], [9]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki weryfikacji hipotez podano w tabeli 6.

Tab. 6. Wyniki porównania średniego czasu wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników pomiędzy grupą pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi

| Porównywane grupy                           | 1-2                             | 1-3                             | 1-4                             | 1-5                             |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Decyzja o wyniku porównania średniego czasu | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 |



Rys. 8. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania gestu, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania gestu pinch and stretch przez osoby w grupach wiekowych (gesty poprawne – warunek (1))

Wyniki porównania wartości średniego czasu wykonania gestu w grupach wiekowych podane w tabeli 6 są takie same dla wszystkich gestów oraz dla gestów, dla których spełniony jest warunek (1).

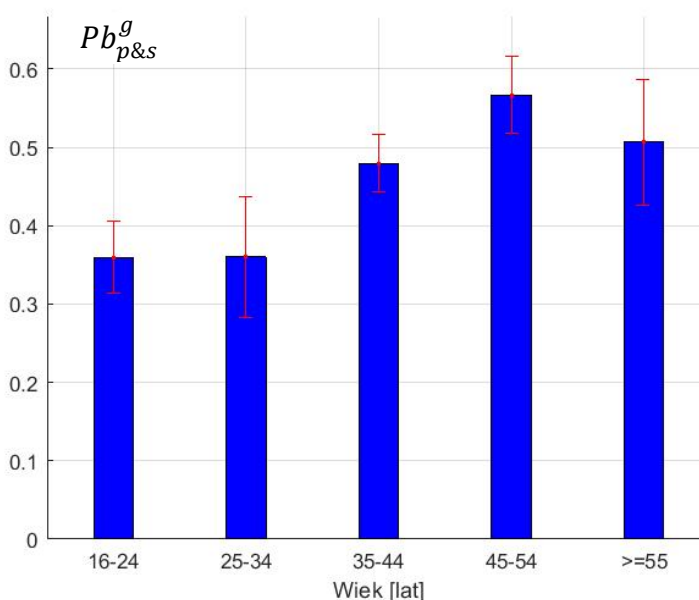
Biorąc pod uwagę warunek poprawności wykonania gestu pinch and stretch (warunek (1)), wyznaczono prawdopodobieństwo  $Pb_{p\&s}^g$  błędu wykonania gestu pinch and stretch w grupach wiekowych. Wyniki przedstawiono na rysunku 9.

Sformułowano następujące hipotezy dla prawdopodobieństwo  $Pb_{p\&s}^g$  błędu wykonania gestu pinch and stretch:

H0: prawdopodobieństwo błędu równe w grupach wiekowych 1 i j ( $Pb_{p\&s}^1 = Pb_{p\&s}^j$ ),

H1: prawdopodobieństwo błędu różne w grupach wiekowych 1 i j ( $Pb_{p\&s}^1 \neq Pb_{p\&s}^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania wskaźników struktury [7], [8]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki weryfikacji hipotez podano w tabeli 7.



Rys. 9. Prawdopodobieństwo błędu  $Pb_{p\&s}^g$  i przedziały ufności dla gestu pinch and stretch w grupach wiekowych (warunek poprawności (1))

Tab. 7. Wyniki porównania prawdopodobieństwa błędu  $Pb_{p\&s}^g$  gestu pinch and stretch dla osób pomiędzy grupą wiekową pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi

| Porównywane grupy                                    | 1-2                             | 1-3         | 1-4         | 1-5         |
|--|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Decyzja o wyniku porównania prawdopodobieństwa błędu | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 |

Przyjmijmy następujące oznaczenia.

$\bar{d}w_{12}^u$  – średnia precyzja wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników używających smartfona codziennie,

$\bar{d}w_{12}^n$  – średnia precyzja wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników nie używających smartfona codziennie,

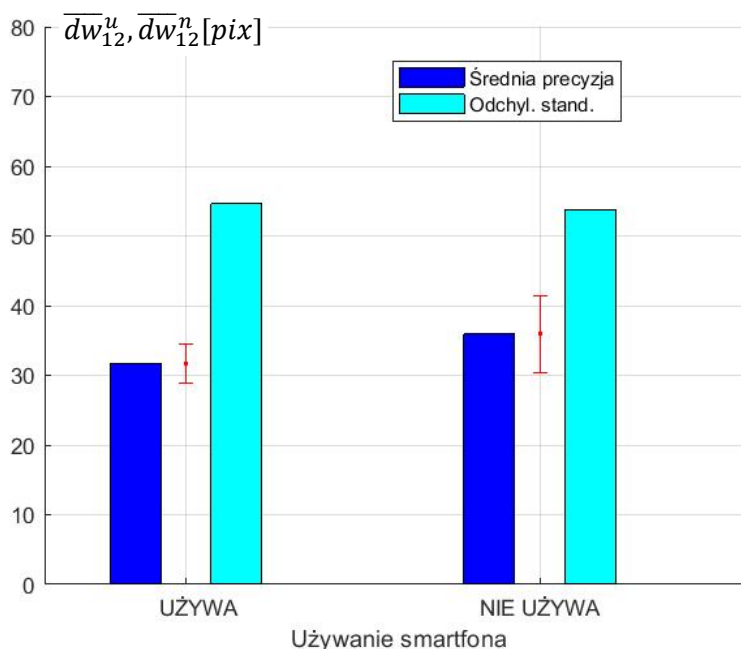
$\bar{t}_1^u$  – średni czas wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników używających smartfona codziennie,

$\bar{t}_1^n$  – średni czas wykonania gestu pinch and stretch przez użytkowników nie używających smartfona codziennie,

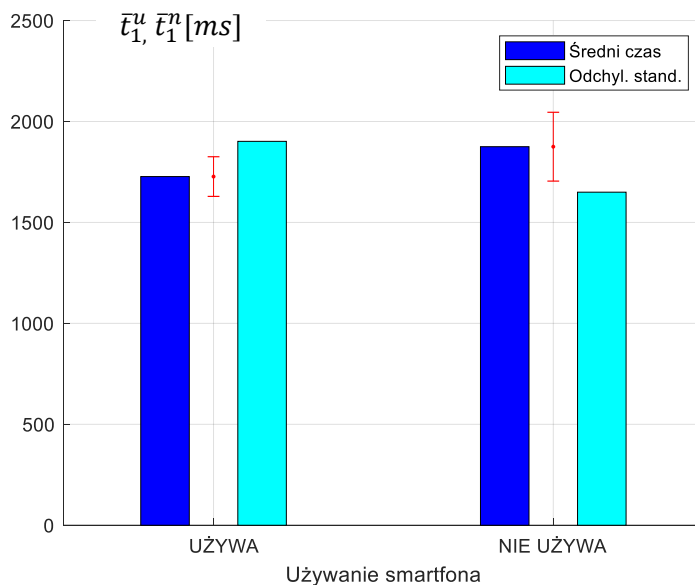
$Pb_{p\&s}^u$  – prawdopodobieństwo błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch przez użytkowników używających smartfona codziennie,

$Pb_{p\&s}^n$  – prawdopodobieństwo błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch przez użytkowników nie używających smartfona codziennie.

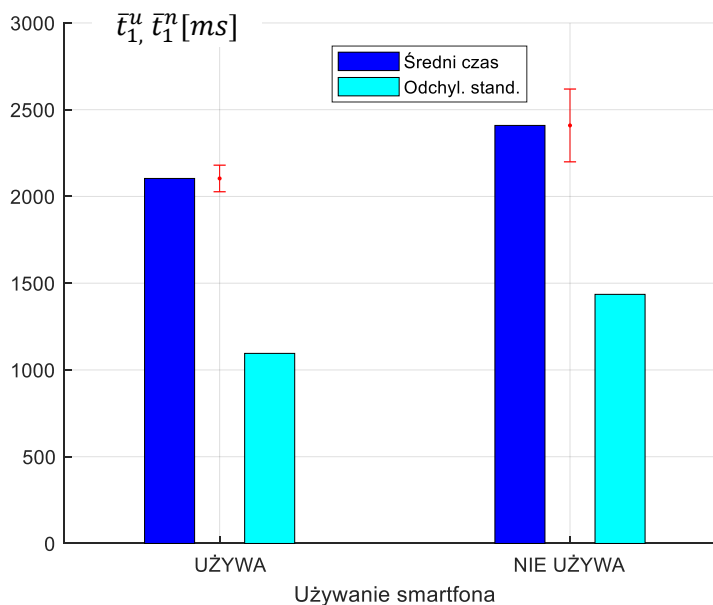
Na podstawie wyników badań wyznaczono średnią precyzję gestu, średni czas wykonania gestu i prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu pinch and stretch w grupach osób używających smartfona codziennie i nie używających smartfona codziennie. Uzyskane wyniki dotyczące średniej precyzji gestu i średniego czasu wykonania gestu przedstawiono na rysunkach 10-12. Na rysunku 10 przedstawiono wyniki obliczeń dotyczące średniej precyzji gestu, natomiast na rysunku 11 – wyniki obliczeń średniego czasu gestu w obu grupach dla wszystkich gestów. Na rysunku 12 przedstawiono wyniki średniego czasu gestu w obu grupach dla gestów poprawnie wykonanych (warunek poprawności (1). Zauważyć można znaczne wartości odchylenia standardowego średniej precyzji wykonania gestu w grupach osób używających i nie używających smartfona codziennie. Podobnie widoczne są znaczne wartości odchylenia standardowego średniego czasu wykonania gestu, ale tylko w sytuacji, gdy uwzględniamy wszystkie gesty.



**Rys. 10.** Średnia precyzja, odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wykonania gestu pinch and stretch przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie

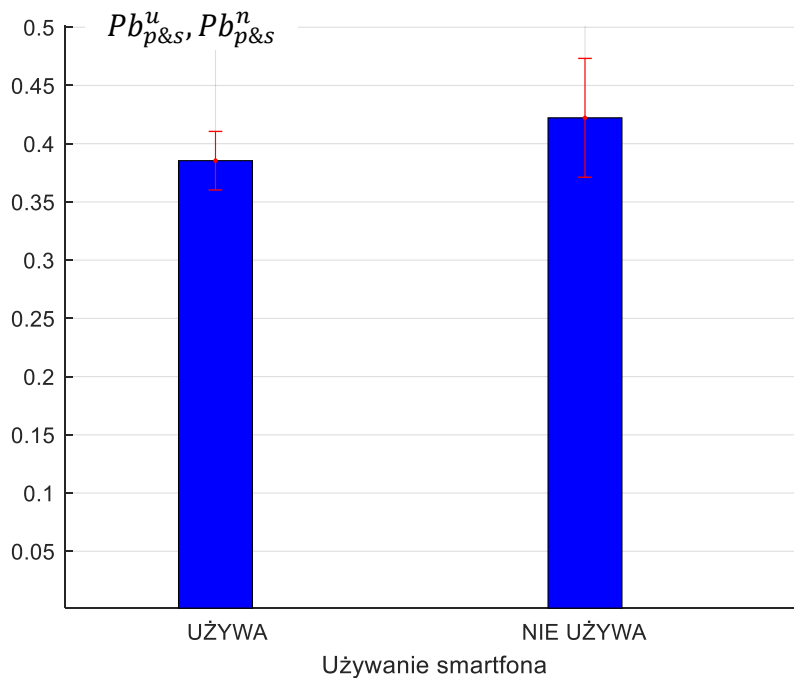


**Rys. 11. Średni czas, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania gestu pinch and stretch przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie (gesty wszystkie)**



**Rys. 12. Średni czas, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania gestu pinch and stretch przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie (gesty poprawne – warunek (1))**

Wyniki badań dotyczące prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch w grupach osób używających i nie używających smartfona codziennie przedstawiono na rysunku 13. Poziom błędów w wykonaniu gestu pinch and stretch w obu grupach jest dość znaczny.



**Rys. 13. Prawdopodobieństwo błędu i przedziały ufności prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie**

Sprawdzono również, czy fakt używania smartfona codziennie ma wpływ na jakość działania użytkowników (na jakość wykonania gestu pinch and stretch). Sformułowano następujące hipotezy:

H0: średnie precyzje równe (używający, nie używający smartfona) ( $\overline{dw}_{12}^u = \overline{dw}_{12}^n$ ),

H1: średnie precyzje różne ( $\overline{dw}_{12}^u \neq \overline{dw}_{12}^n$ ),

H0: średnie czasy wykonania gestu równe ( $\overline{t}_1^u = \overline{t}_1^n$ ),

H1: średnie czasy wykonania gestu różne ( $\overline{t}_1^u \neq \overline{t}_1^n$ ),

H0: prawdopodobieństwa błędu wykonania gestu równe ( $Pb_{p\&s}^u = Pb_{p\&s}^n$ ),

H1: prawdopodobieństwa błędu wykonania gestu różne ( $Pb_{p\&s}^u \neq Pb_{p\&s}^n$ ).



Do porównania wartości wykorzystano odpowiednie typowe testy [8], [9], [13]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , a wyniki weryfikacji podano w tabeli 8.

**Tab. 8. Wyniki porównania średniego czasu i średniej precyzji w wykonaniu gestu pinch and stretch przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie (gesty wszystkie)**

| Porównywany parametr        | Średnia precyzja wykonania gestu | Średni czas wykonania gestu     | Prawdopodobieństwo błędu w wykonaniu gestu |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|
| Decyzja o wyniku porównania | Nie ma podstaw do odrzucenia H0  | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Nie ma podstaw do odrzucenia H0            |

Biorąc pod uwagę średni czas wykonania gestu pinch and stretch, ale tylko dla gestów poprawnych (warunek (1) spełniony), należy odrzucić hipotezę H0 o równości czasów na korzyść hipotezy alternatywnej.

### **Komentarze i wnioski z wyników badań**

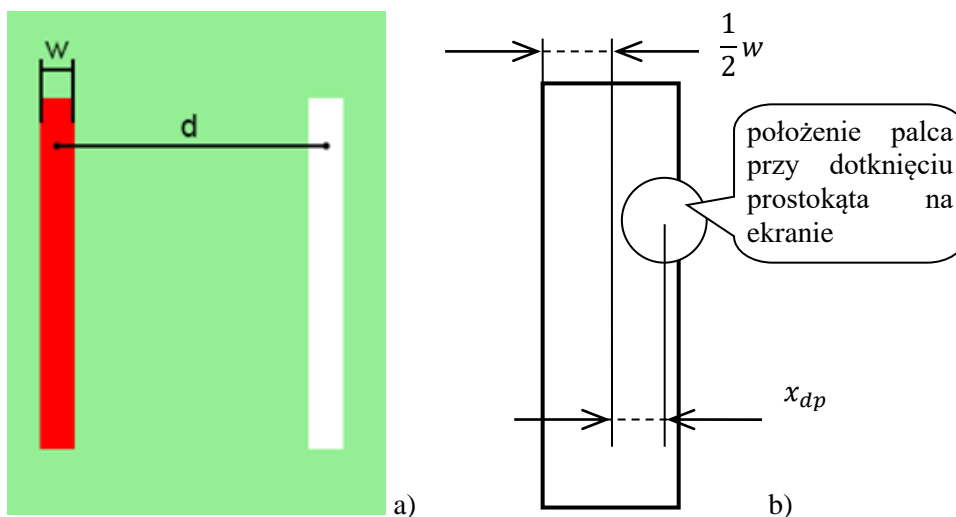
Na podstawie uzyskanych wyników badań można zaobserwować dość znaczne wartości odchylenia standardowego średniej precyzji wykonania gestu pinch and stretch we wszystkich grupach wiekowych podobnie jak dla gestu pan (por. artykuł [2]). Występują również różnice w średniej precyzji wykonania gestu pomiędzy pierwszą i trzecią, czwartą i piątą grupą wiekową (por. tab. 4). Wyniki porównania wartości średniego czasu wykonania gestu w grupach wiekowych nie wskazują na różnice (por. tab. (6)).

Wyniki badań wskazują również na znaczne wartości prawdopodobieństwa błędu wykonania gestu pinch and stretch w grupach wiekowych, podobnie jak dla gestu pan (por. artykuł [2]). Wyniki te wskazują na znaczne utrudnienie, jakim jest warunek poprawności (1). Dla czasu wykonania gestu (wszystkie gesty) tylko w dwóch grupach wiekowych (25-34 i 45-54) stwierdzono znaczne wartości odchylenia standardowego czasu wykonania gestu. Dla gestów poprawnych (spełniony warunek (1)) nie występuje taka sytuacja.

Biorąc pod uwagę osoby używające i nie używające smartfona codziennie, wyniki badań wykazały, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H0 o równości średniej precyzji wykonania gestu, średniego czasu wykonania gestu i prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch pomiędzy tymi grupami osób.

## 6. Wyniki badań wskazań w jednokierunkowym teście wskazywania

Jednokierunkowy test wskazywania wykonywany jest następująco [10], [11]. Użytkownikowi przedstawiane są na ekranie dwa prostokąty o szerokości  $w$  i odległości  $d$  pomiędzy środkami prostokątów (rys. 14). Zadanie użytkownika polega na wskazywaniu prostokątów palcem na przemian (prawy, lewy). Każda seria testowa (30 dotknięć każdego prostokąta) rozpoczyna się wówczas, gdy zostaną wyświetlone prostokąty. Użytkownik dotyka czerwonego prostokąta, dotknięty prostokąt zmienia kolor na biały, a przeciwległy prostokąt staje się czerwony.



Rys. 14. Jednokierunkowy test wskazywania (a – widok ekranu telefonu, b – położenie palca przy dotknięciu prostokąta na ekranie i precyzja  $x_{dp}$  dotknięcia)

W badaniach zastosowano następujące warunki:

- szerokość obiektów (prostokątów)  $w = 30$  [pix],
- odległość między prostokątami  $d = 200$  [pix],
- orientacja pozioma.

Dane rejestrowane osoby badanej:

- przedział wiekowy (16-24, 25-34, 35-44, 45-54,  $\geq 55$ ) lat;
- używanie smartfona codziennie: tak, nie.

Wielkości mierzone dla osoby badanej:

- $x_{dp}$  – precyzja dotknięcia obiektu (prostokąta),
- $t_a$  – chwila podświetlenia obiektu (prostokąta),
- $t_b$  – chwila dotknięcia palcem do powierzchni ekranu.

Przyjęto następującą wartość warunku poprawności wykonania wskazania (dotknięcia):

$$x_{dp} \leq 15 \text{ [pix]}, \quad (4)$$

gdzie:  $x_{dp}$  – jak na rysunku 14.

W czasie badania wyznaczany był czas wskazania:

$$t_1 = t_b - t_a,$$

gdzie:  $t_a$  – chwila podświetlenia obiektu (prostokąta),

$t_b$  – chwila dotknięcia palcem do powierzchni ekranu.

Po wykonaniu pomiarów wyznaczane były średnia precyzja wskazania, średni czas wskazania i prawdopodobieństwo błędu wskazania.

Prawdopodobieństwo błędu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym wyznaczono, wykorzystując warunek poprawności wykonania gestu (por. zależność (4)).

W celu wykonania odpowiednich porównań wyznaczono średnią precyzję  $\bar{x}_{dp}^g$  wskazania w teście jednokierunkowym w grupie wiekowej  $g$ ,  $g \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Wyniki obliczeń podano w tabeli 9.

Tab. 9. Średnia precyzja  $\bar{x}_{dp}^g$  wykonania wskazania w grupie wiekowej  $g$

| Przedział wiekowy [lat]                           | 16-24 | 25-34 | 35-44 | 45-54 | $\geq 55$ |
|---|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Grupa $g$   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5         |
| Średnia precyzja $\bar{x}_{dp}^g$ wskazania [pix] | 14,8  | 16,4  | 14,7  | 14,1  | 18,2      |

Średnią precyzję, odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wskazania w teście jednokierunkowym przez osoby w grupach wiekowych pokazano na rysunku 15.

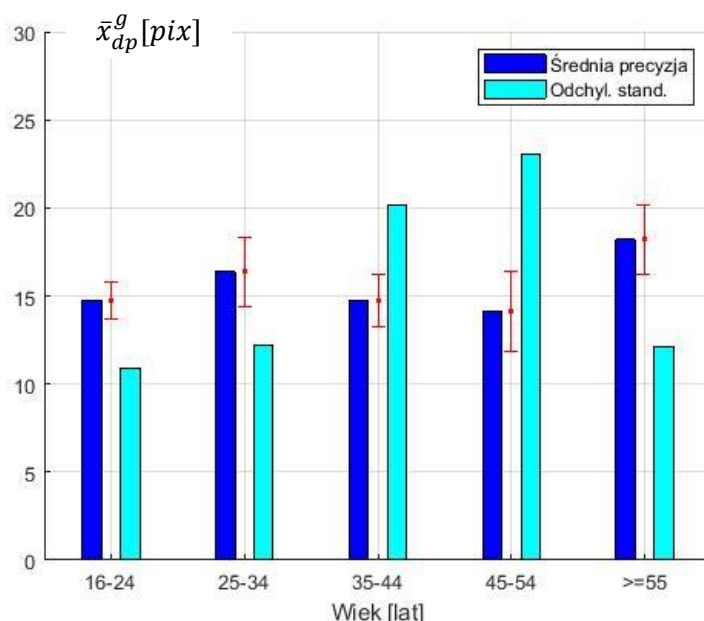
Wykonano porównanie wyników badań pomiędzy grupami wiekowymi – w szczególności pomiędzy pierwszą grupą wiekową i pozostałymi grupami.

Sformułowano następujące hipotezy dla średniej precyzji wykonania wskazania:

H0: średnie precyzje równe w grupach wiekowych 1 i  $j$  ( $\bar{x}_{dp}^i = \bar{x}_{dp}^j$ ),

H1: średnie precyzje różne w grupach wiekowych 1 i  $j$  ( $\bar{x}_{dp}^i \neq \bar{x}_{dp}^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania średnich [8], [9]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki porównania przedstawiono w tabeli 10.



Rys. 15. Średnia precyzja  $\bar{x}_{dp}^g$ , odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wykonania wskazania w teście jednokierunkowym przez osoby w grupach wiekowych

Tab. 10. Wyniki porównania średniej precyzji wykonania wskazania przez użytkowników pomiędzy grupą pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi

| Porównywane grupy                             | 1-2                                | 1-3                                | 1-4                                | 1-5            |
|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------|
| Decyzja o wyniku porównania średniej precyzji | Nie ma podstaw do odrzucenia $H_0$ | Nie ma podstaw do odrzucenia $H_0$ | Nie ma podstaw do odrzucenia $H_0$ | Odrzucić $H_0$ |

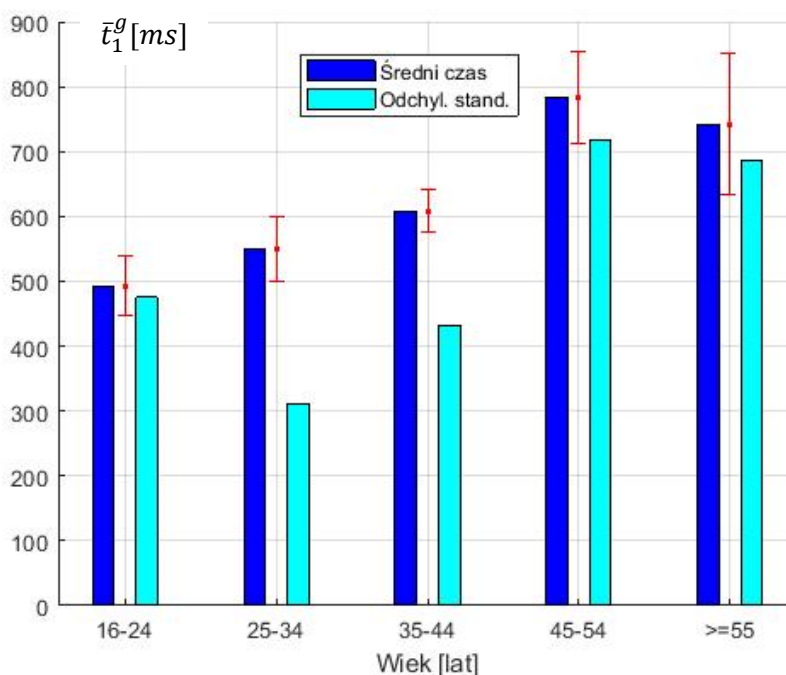
Dla przeprowadzonych badań wyznaczono średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania wskazania w teście jednokierunkowym w grupie wiekowej  $g$ ,  $g \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ . Poza średnim czasem wykonania wskazania w grupie wiekowej, wyznaczono odchylenie standardowe czasu wykonania wskazania i przedziały ufności dla czasu wykonania wskazania w każdej grupie wiekowej.

Wyniki obliczeń średniego czasu wykonania wskazania dla wszystkich wykonanych wskazań i dla wskazań poprawnie wykonanych (warunek (4) spełniony) podano w tabeli 11.

Średni czas, odchylenie standardowe czasu i przedziały ufności czasu wykonania wskazania przez osoby w grupach wiekowych dla wszystkich wskazań pokazano na rysunku 16.

Tab. 11. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania wskazania w teście jednokierunkowym w grupie wiekowej  $g$

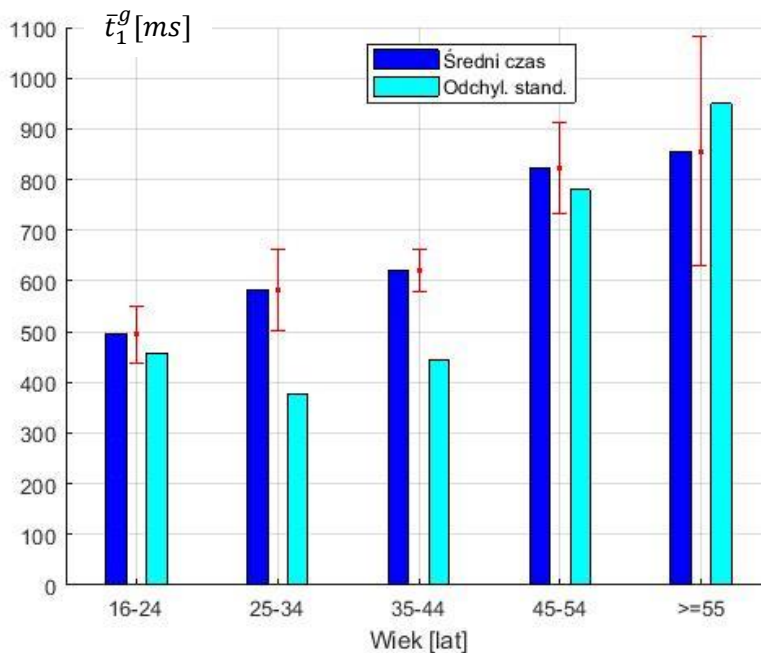
| Przedział wiekowy [lat]  | 16-24 | 25-34 | 35-44 | 45-54 | $\geq 55$ |
|--|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Grupa $g$  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5         |
| Średni czas $\bar{t}_1^g$ wykonania wskazania (wszystkie wskazania) [ms] | 492,9 | 548,8 | 608,7 | 782,8 | 742,3     |
| Średni czas $\bar{t}_1^g$ wykonania wskazania (wskazania poprawne) [ms]  | 494,8 | 582,6 | 620,2 | 822,6 | 855,1     |



Rys. 16. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania wskazania, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania wskazania przez osoby w grupach wiekowych (wszystkie wskazania)

Średni czas, odchylenie standardowe czasu i przedziały ufności czasu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym przez osoby w grupach wiekowych dla wskazań poprawnie wykonanych (warunek (4) spełniony) pokazano na rysunku 17.

Wykonano porównanie średniego czasu wykonania wskazania w grupach wiekowych.



Rys. 17. Średni czas  $\bar{t}_1^g$  wykonania wskazania, odchylenie standardowe i przedziały ufności czasu wykonania wskazania przez osoby w grupach wiekowych (wskazania poprawne)

Sformułowano następujące hipotezy dla średniego czasu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym:

H0: średnie czasy równe w grupach wiekowych 1 i j ( $\bar{t}_1^1 = \bar{t}_1^j$ ),

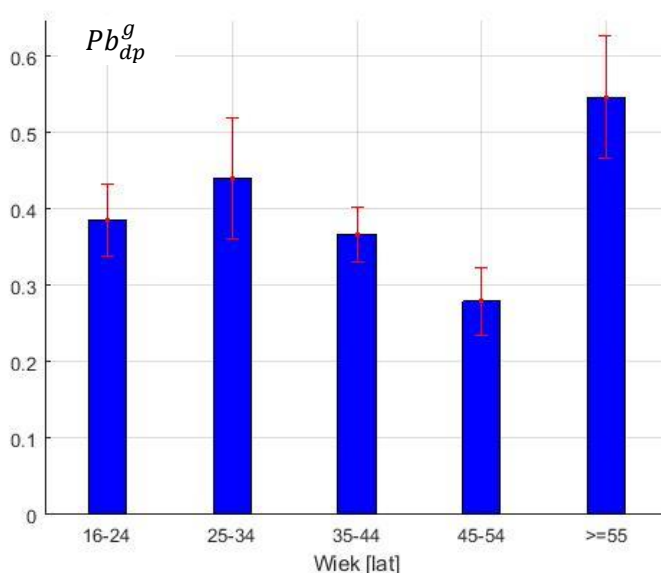
H1: średnie czasy różne w grupach wiekowych 1 i j ( $\bar{t}_1^1 \neq \bar{t}_1^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania średnich [8], [9]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki weryfikacji hipotez podano w tabeli 12.

Tab. 12. Wyniki porównania średniego czasu wykonania wskazania przez użytkowników pomiędzy grupą pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi (wszystkie wskazania i wskazania poprawne)

| Porównywane grupy                                     | 1-2                             | 1-3         | 1-4         | 1-5         |
|---|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Decyzja o wyniku porównania średniego czasu wskazania | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 | Odrzucić H0 |

Biorąc pod uwagę warunek poprawności wskazania w teście jednokierunkowym (warunek (4)), wyznaczono prawdopodobieństwo  $Pb_{dp}^g$  błędu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym w grupach wiekowych. Wyniki przedstawiono na rysunku 18.



Rys. 18. Prawdopodobieństwo błędu  $Pb_{dp}^g$  i przedziały ufności dla wskazań w teście jednokierunkowym przez osoby w grupach wiekowych

Sformułowano następujące hipotezy dla prawdopodobieństwa  $Pb_{dp}^g$  błędu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym:

H0: prawdopodobieństwo błędu równe w grupach wiekowych 1 i j ( $Pb_{dp}^1 = Pb_{dp}^j$ ),

H1: prawdopodobieństwo błędu różne w grupach wiekowych 1 i j ( $Pb_{dp}^1 \neq Pb_{dp}^j$ ).

Biorąc pod uwagę fakt, że próby są liczne, wykorzystano typowy test do porównywania wskaźników struktury [8], [9], [13]. Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , natomiast wyniki weryfikacji hipotez podano w tabeli 13.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

$\bar{x}_{dp}^u$  – średnia precyzja wykonania wskazania przez użytkowników używających smartfona codziennie,

**Tab. 13. Wyniki porównania prawdopodobieństwa  $Pb_{dp}^g$  błędu wskazania dla osób pomiędzy grupą wiekową pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi**

| Porównywane grupy  | 1-2                                | 1-3                                | 1-4            | 1-5            |
|--|------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| Decyzja o wyniku porównania prawdopodobieństwa błędu wskazania | Nie ma podstaw do odrzucenia $H_0$ | Nie ma podstaw do odrzucenia $H_0$ | Odrzucić $H_0$ | Odrzucić $H_0$ |

$\bar{x}_{dp}^n$  – średnia precyzja wykonania wskazania użytkowników nie używających smartfona codziennie,

$\bar{t}_1^u$  – średni czas wykonania wskazania przez użytkowników używających smartfona codziennie,

$\bar{t}_1^n$  – średni czas wykonania wskazania przez użytkowników nie używających smartfona codziennie,

$Pb_{dp}^u$  – prawdopodobieństwo błędu w wykonaniu wskazania przez użytkowników używających smartfona codziennie,

$Pb_{dp}^n$  – prawdopodobieństwo błędu w wykonaniu wskazania przez użytkowników nie używających smartfona codziennie.

Na podstawie uzyskanych wyników badań wyznaczono średnią precyzję wykonania wskazania, średni czas wykonania wskazania i prawdopodobieństwo błędu wykonania wskazania w grupie osób używających smartfona codziennie i nie używających smartfona codziennie. Wyniki przedstawiono na rysunkach 19-21.

Sprawdzono również, czy fakt używania smartfona codziennie ma wpływ na jakość działania użytkowników wykonujących wskazania w teście jednokierunkowym. Sformułowano następujące hipotezy:

$H_0$ : średnie precyzje równe (używający, nie używający smartfona) ( $\bar{x}_{dp}^u = \bar{x}_{dp}^n$ ),

$H_1$ : średnie precyzje różne ( $\bar{x}_{dp}^u \neq \bar{x}_{dp}^n$ ),

$H_0$ : średnie czasy równe ( $\bar{t}_1^u = \bar{t}_1^n$ ),

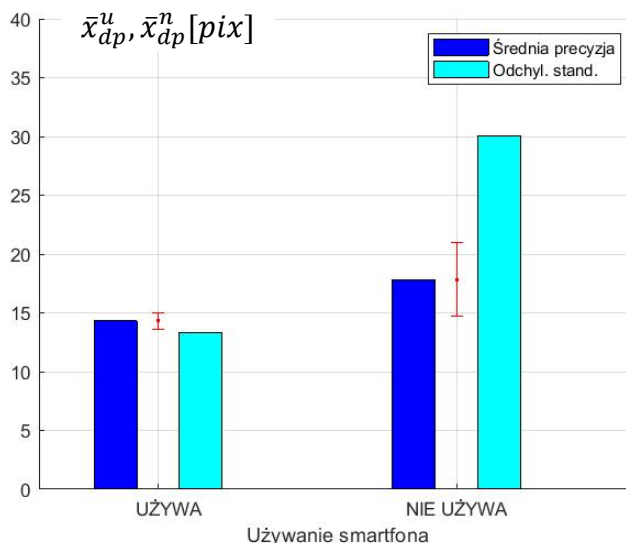
$H_1$ : średnie czasy różne ( $\bar{t}_1^u \neq \bar{t}_1^n$ ),

$H_0$ : prawdopodobieństwa błędu równe ( $Pb_{dp}^u = Pb_{dp}^n$ ),

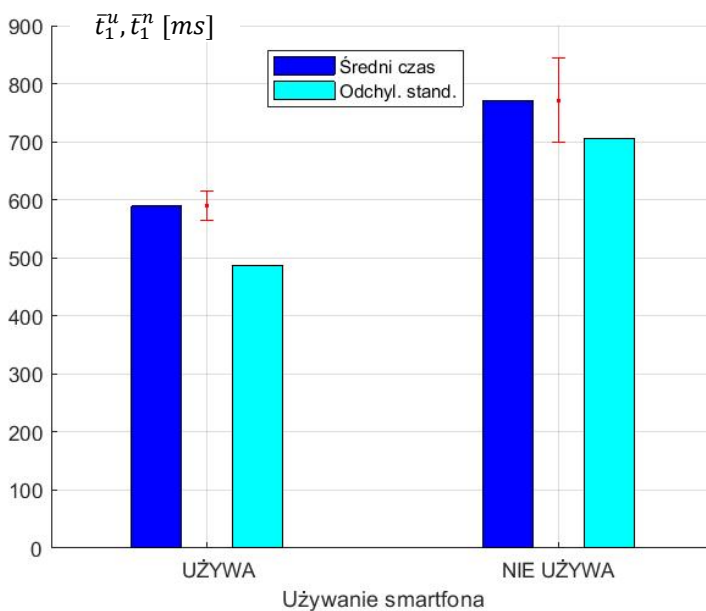
$H_1$ : prawdopodobieństwa błędu różne ( $Pb_{dp}^u \neq Pb_{dp}^n$ ).

Testowanie hipotez wykonano na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , wykorzystując typowe testy [8], [9], [13], a wyniki weryfikacji podano w tabeli 14.

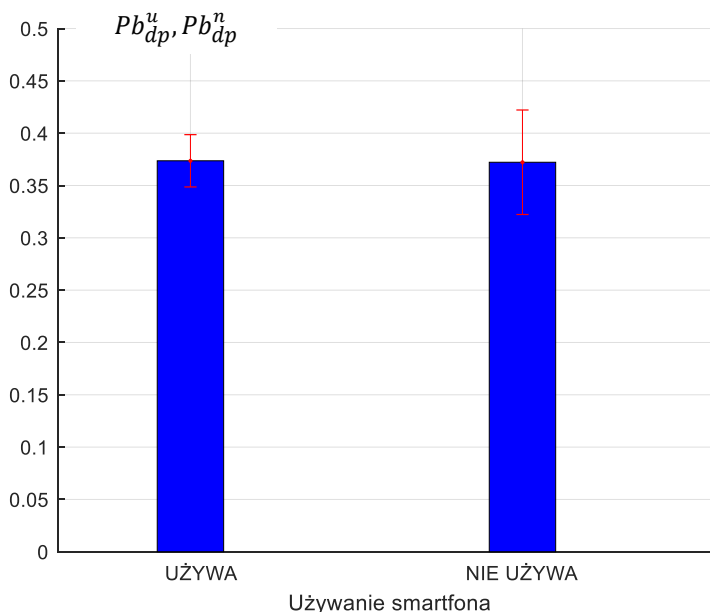




Rys. 19. Średnia precyzja, odchylenie standardowe precyzji i przedziały ufności precyzji wykonania wskazania przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie



Rys. 20. Średni czas, odchylenie standardowe czasu i przedziały ufności czasu wykonania wskazania przez osoby używające i nie używające smartfona codziennie



**Rys. 21. Prawdopodobieństwo błędu i przedziały ufności prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu wskazania przez osoby używające i nie używające smartfona**

**Tab. 14. Wyniki porównania średniego czasu, średniej precyzji i prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu wskazania przez osoby używające i nie używające smartfon codziennie**

| Porównywany parametr | Średni czas | Średnia precyzja | Prawdopodobieństwo błędu        |
|----------------------|-------------|------------------|---------------------------------|
| Decyzja o H0         | Odrzucić H0 | Odrzucić H0      | Nie ma podstaw do odrzucenia H0 |

### Komentarze i wnioski z wyników badań

Na podstawie uzyskanych wyników badań można zaobserwować stosunkowo umiarkowane wartości średniej precyzji wykonania wskazania, natomiast odchylenie standardowe średniej precyzji wykonania jest dość znaczne szczególnie w grupach wiekowych 35-44 i 45-54 lat. Wykonanie wskazania w teście jednokierunkowym jest dość podobne do gestu tap. Porównując wartości średniej precyzji i odchylenia standardowego precyzji z wartościami dla gestu tap (tab. 4 i rys. 6 w pracy [1]), można zauważyć, że wartości precyzji są trochę mniejsze, ale odchylenie standardowe precyzji większe, choć nierównomiernie wzrasta wraz z rosnącym wiekiem osób. Porównując średnią precyzję wykonania wskazania pomiędzy grupą wiekową

pierwszą a pozostałymi grupami, różnice występują tylko pomiędzy grupą pierwszą i ostatnią (najstarszą – wiek  $\geq 55$  lat). W pozostałych przypadkach nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o równości średniej precyzji wykonania wskazania.

Wartości średniego czasu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym są mniejsze od wartości średniego czasu wykonania dla gestu tap i podobnie rosną wraz ze wzrostem wieku osób badanych. Wartości odchylenia standardowego czasu wskazania są nieco większe niż dla gestu tap i to zarówno dla wskazań wszystkich, jak i wskazań poprawnych (warunek (4) spełniony). Porównując średni czas wskazania pomiędzy grupami wiekowymi, stwierdzono brak różnic pomiędzy grupami 1 i 2, natomiast występują znaczne różnice pomiędzy średnim czasem wskazania pomiędzy grupą 1 i pozostałymi grupami wiekowymi. W tym zakresie jest pełna zgodność z wynikami porównania średniego czasu wykonania gestu tap (por. tab. 6 w pracy [1]).

Prawdopodobieństwo błędu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym znacznie różni się od prawdopodobieństwa błędu dla gestu tap zarówno pod względem wartości prawdopodobieństwa, jak i zmiany wartości wraz ze wzrostem wieku osób badanych. Różnice wynikają z innego warunku poprawności wykonania wskazania. Dla grup wiekowych 1-2 i 1-3 nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o równości prawdopodobieństwa błędu wskazania dla porównywanych grup. Dla pozostałych grup (1-4 i 1-5) należy odrzucić hipotezę  $H_0$  o równości prawdopodobieństwa błędu wskazania (por. tab. 13).

Biorąc pod uwagę osoby używające i nie używające smartfona codziennie, wyniki porównania średniej precyzji wykonania wskazania i prawdopodobieństwa błędu wykonania wskazania w teście jednokierunkowym są takie same jak gestu tap (por. praca [1]) – odrzucono hipotezę o równości średniego czasu wykonania wskazania i stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o równości prawdopodobieństwa błędu wykonania wskazania dla osób używających i nie używających smartfona codziennie. Natomiast dla średniej precyzji wykonania wskazania brakuje zgodności wyników porównania dla wskazań w teście jednokierunkowym i dla gestu tap (por. praca [1]).

## **7. Podsumowanie**

Niniejszy artykuł jest trzecią częścią szerszej pracy dotyczącej wyników badania jakości działania użytkowników wykorzystujących smartfon (i/lub tablet) i wskazujących obiekty za pomocą gestów na ekranie. W pierwszym artykule [1] przedstawiono wyniki badań gestów tap, double tap i flick,

natomiast w drugim (patrz praca [2]) przedstawiono wyniki badań gestów pan oraz touch and hold.

Przedstawione w tym artykule wyniki badań dotyczą gestów pinch and stretch i wskazywania obiektów w jednokierunkowym teście wskazywania (por. artykuły [10] i [11]).

Gesty wykonywane były za pomocą palca – nie używano rysika. Wyniki badań obejmują średnią precyzję wykonania i odchylenie standardowe precyzji wykonania gestu (wskazania) oraz średni czas wykonania i odchylenie standardowe czasu wykonania gestu (wskazania) przez osoby w grupach wiekowych. Na podstawie wyników badań wyznaczono średnią precyzję gestu, średni czas wykonania gestu i prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu w grupach wiekowych osób i w grupach osób, które używają smartfona codziennie i nie używają smartfona codziennie.

Dla badanych rodzajów gestów przyjęto warunek poprawności wykonania gestu i na tej podstawie wyznaczono prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu (wskazania) w grupach wiekowych.

Porównania parametrów (precyzja, czas wykonania gestu i prawdopodobieństwo błędu) wykonano pomiędzy grupą wiekową pierwszą i pozostałymi grupami, zakładając, że osoby z pierwszej grupy wiekowej są zwykle najsprawniejsze w wykonywaniu gestów (wskazań).

Analizując wartości średniej precyzji dla gestu pinch and stretch w grupach wiekowych, widać wyraźnie, że znaczna liczba gestów wykonanych przez osoby badane zakończyła się w odległości większej niż ustalony warunek poprawności – stąd wysokie prawdopodobieństwo błędu wykonania gestu. Porównując średnią precyzję gestów pomiędzy grupami wiekowymi dla wszystkich gestów, stwierdzono, że należy odrzucić hipotezę  $H_0$  o równości średnich precyzji przy porównaniu grupy wiekowej pierwszej z pozostałymi grupami wiekowymi poza porównaniem z drugą grupą wiekową. Porównano również średni czas wykonania gestów pan przez osoby badane w grupach wiekowych. Stwierdzono, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  o równości średnich czasów wykonania gestów w grupach wiekowych 1-2, 1-3, 1-4 i 1-5 dla wszystkich gestów. Taka sama sytuacja występuje dla gestów poprawnych.

Dla osób używających i nie używających smartfona codziennie stwierdzono, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o równości średniej precyzji wykonania gestu, średniego czasu wykonania gestu oraz prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu gestu pinch and stretch pomiędzy tymi grupami osób dla wszystkich gestów.

Należy tutaj zauważyć, że wyniki badań gestu tap (praca [1]), dotyczące czasu wykonania gestu w najmłodszej grupie wiekowej, są w znacznym stopniu zbliżone do wartości uzyskanych w badaniach czasu realizacji gestu w pracy [6].

Wyniki badań wskazań wykonywanych w ramach jednokierunkowego testu wskazywania wykazały, że zmiany wartości średniego czasu wykonania wskazania wraz z wiekiem są dość podobne do zmian dotyczących gestu tap (patrz praca [1]). Odrzucono, podobnie jak to było dla gestu tap ([1]), hipotezy o równości średniego czasu wykonania wskazania pomiędzy grupą wiekową pierwszą i pozostałymi grupami wiekowymi, poza porównaniem z drugą grupą wiekową.

Znaczne wartości prawdopodobieństwa błędu wskazania w teście jednokierunkowym są związane ze znacznym ograniczeniem precyzji wykonania wskazania dla wskazań poprawnych (warunek poprawności (4)).

Dla osób używających i nie używających smartfona codziennie odrzucono hipotezę o równości średniego czasu wykonania wskazania i hipotezę o równości średniej precyzji wykonania wskazania. Natomiast dla prawdopodobieństwa błędu w wykonaniu wskazania w teście jednokierunkowym nie było podstaw do odrzucenia hipotezy o równości tego parametru.

Biorąc pod uwagę wartości parametrów charakteryzujących gesty uzyskane z badań przedstawionych w pracach [1] i [2] oraz w niniejszym artykule, można przykładowo podjąć próbę oszacowania czasu wykonywania czynności przez kierowcę samochodu przy nawiązywaniu połączenia telefonicznego. Wykonywanie takich czynności przez kierowców w czasie prowadzenia samochodu stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Będzie to przedmiotem dalszych analiz.

## **Literatura**

- [1] ARCIUCH A., DONIGIEWICZ A.M., *Quality study of user activity using mobile device. Tap, double tap, flick gestures*. Przegląd Teleinformatyczny, 3-4, 2018, s. 37-72. DOI: 10.5604/01.3001.0013.1662
- [2] ARCIUCH A., DONIGIEWICZ A.M., *Quality study of user activity using mobile device. Pan, touch and hold gestures*. Przegląd Teleinformatyczny, 1-2, 2019, s. 35-66. DOI: 10.5604/01.3001.0013.5281
- [3] NICOLAU H., GUERREIRO T., JORGE J., GONÇALVES D., *Mobile Touch Screen User Interfaces: Bridging the Gap between Motor-Impaired and Able-Bodied Users*. Universal Access in the Information Society, Vol. 13 Issue 3, 2014, pp. 303-313.
- [4] LE H.V., MAYER S., BADER P., HENZE N., *Fingers' Range and Comfortable Area for One-Handed Smartphone Interaction Beyond the Touchscreen*. Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, 2018, paper No. 31.

- [5] CHANG H.T., TSAI T.H., CHANG Y.CH., CHANG Y.M., *Touch panel usability of elderly and children*. Computers in Human Behavior, Vol. 37, 2014, pp. 258-269.
- [6] ASAKAWA D.S., DENNERLEIN J.T., JINDRICH D.L., *Index finger and thumb kinematics and performance measurements for common touchscreen gestures*. Applied Ergonomics, vol. 58, 2017, pp. 176-181.
- [7] WAWRYNIUK R., *Metodyka oceny jakości działania użytkownika urządzenia mobilnego*. Praca dyplomowa, WAT, Warszawa, 2013.
- [8] KOWALSKI L., *Statystyka*. Wyd. Wydział Cybernetyki WAT, BelStudio, Warszawa, 2005.
- [9] CIECIURA M., ZACHARSKI J., *Metody probabilistyczne w ujęciu praktycznym*. Wizja Press&IT, Warszawa, 2007.
- [10] ISO 9241-9:2000(E), Ergonomic requirements for Office work with visual display terminals (VDTs).Part 9: Requirements for non-keyboard input devices, ISO, 2000.
- [11] DONIGIEWICZ A.M., *Wyniki badania jakości wskazywania obiektów w teście jednokierunkowym*. Biuletyn Instytutu Automatyki i Robotyki WAT, nr 31, 2011, s. 17-35.

### **Źródła elektroniczne**

- [12] <http://www.mathworks.com/>, <http://www.ont.com.pl/>
- [13] <http://statystyka.rezolwenta.eu.org/materialy.html> (dostęp: 23.01.2017)
- [14] <http://gsmowo.pl/nokia-lumia-800/> (dostęp: 24.01.2016)
- [15] <https://tech.wp.pl/nokia-lumia-800-6039436541907585c> (dostęp: 24.01.2016)

## **Quality study of user activity using a mobile device**

### **Pinch and stretch gestures and tapping in the one-direction tapping test**

**ABSTRACT:** The paper presents results of research on the quality of gestures performed by users using a mobile device. As an example mobile device smartphone Nokia Lumia 800 was used. The results of the research concern the basic pinch and stretch gesture and the one-direction tapping test. The time of the gesture and the precision of the gesture have been included. The results take into account the division of users into age groups as well as groups that are using or not a smartphone every day. A comparison of designated characteristics between groups is presented.

**KEYWORDS:** pinch and stretch gestures, one direction tapping test, gestures entering (input) by finger, mobile device, time of gesture execution, gesture precision

*Praca wpłynęła do redakcji: 29.12.2020 r.*

