



Badania nad modelem uniwersalnego interfejsu urządzeń z ekranem dotykowym zwiększającego ich dostępność dla niewidomych użytkowników

dr inż. JOLANTA BRZOSTEK-PAWŁOWSKA

Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

Zgodnie z wieloma opiniami osób niewidomych (dalej: ONWD), które są prezentowane na różnego rodzaju forach dyskusyjnych, (np. forum typhlos, strona WWW tyflopodcast, lista dyskusyjna Fundacji Trakt), w dedykowanej dla niewidomych prasie środowiskowej (np. Tyfloświat), dostosowanie coraz częściej pojawiających się urządzeń z ekranami dotykowymi (dalej UED) do potrzeb tej grupy użytkowników jest bardzo słabe. O ile jeszcze ONWD mogą w bardzo ograniczonym stopniu korzystać z urządzeń mobilnych z systemami IOS i Android dzięki oprogramowaniu udostępniającemu ich funkcje, to cała gama UED powszechnego użytku takich jak bankomaty, elektroniczne rozkłady jazdy, systemy ewidencji pracowników czy automaty spożywcze są dla nich całkowicie niedostosowane, podobna sytuacja ma miejsce dla urządzeń gospodarstwa domowego (AGD) coraz częściej wyposażonych w ekrany dotykowe.

Badania nad dostępnością wyłącznie mobilnych UED są prowadzone na całym świecie (np. ostatnie badania Barbary Leporini we Włoszech [9], Joao Oliveira w Portugalii [2], Shiri Azenkot w Stanach Zjednoczonych [5] i innych, podane w p. C4) potwierdziły częściową niedostępność mobilnych UED dla niewidomych i wskazały na potrzeby wprowadzania ulepszeń istniejących rozwiązań asystujących oraz opracowywania nowych technologii. Według naszej wiedzy badania szerokiej gamy UED powszechnego użytku pod tym kątem nie były prowadzone, w szczególności -nie w Polsce. Znane nam obecnie publikacje naukowe (przegląd z 2013 r.) nie wykazują podejmowanych badań nad kompleksowym rozwiązaniem dostępności interfejsu UED. Nie podjęte zostały, jak dotąd, próby standaryzacji, czy specyfikacji zaleceń, również przez takie organizacje jak np. W3C.

Zgodnie z naszą wiedzą oraz opiniami niewidomych prezentowanymi w różnych gremiach, występuje całkowity brak rozwiązań umożliwiających użytkowanie przez te osoby UED powszechnego domowego i publicznego zastosowania. Również technologie asystujące, które są opracowywane dla mobilnych UED (z systemem Android TalkBack czy z systemem iOS – VoiceOver), wg. opinii niewidomych, jak również zgodnie z wynikami prowadzonych międzynarodowych badań, wymagają kontynuowania ich rozwoju. Publikowane prace badawcze prowadzone za granicą (nie ma badań krajowych) odnoszą się do jednostkowych aspektów asystującego interfejsu np. badania nad przyjaznymi grupami gestów na ekranach dotykowych, badania dotyczące wspomaganie wprowadzania tekstu na mobilnych UED przy pomocy wirtu-

alnych i fizycznych klawiatur brajlowskich, badania nad rozszerzaniem wirtualnej klawiatury qwerty elementami pomocowymi „augmented reality”. Wyniki tych badań waloryzowano na mało liczebnych grupach testerów (4, 8, 12, 22 osoby), można powiedzieć w warunkach laboratoryjnych. W związku z tym należy bardzo ostrożnie podchodzić do wyprowadzonych z nich uogólnień. Ponieważ zarówno problemy jak i podjęte w ślad za nimi badania (zagraniczne) dotyczące dostępności dotykowych ekranów są relatywnie nowe, nie podjęto, jak dotąd, badań kompleksowych, które uwzględniałyby ich dotychczasowe pozytywne wyniki. Nie opracowano też statystycznie uwiarygodnionych rozwiązań całkowicie dostępnych dla niewidomych interfejsów, alternatywnych dla aktualnie istniejących w UED, z możliwością ich profilowania przez użytkownika zgodnie z jego preferencjami i potrzebami. Nie ma też dostępnych rynkowych implementacji publikowanych wyników. Dlatego istnieje potrzeba, po pierwsze, opracowania ogólnych, spójnych specyfikacji, które mogłyby posłużyć jako „przewodniki” dla producentów UED chcących lub zobowiązanych udostępniać produkowany sprzęt niewidomym. Po drugie, opracowania gotowych pełnych modeli dostępnego dla niewidomych interfejsu i ich implementacji, które w praktyczny sposób potwierdziłyby poprawność i statystyczną akceptowalność technologii przez niewidomych odbiorców. Taka uniwersalna technologia, na którą składałyby się specyfikacje, modele i ich implementacje, stanowiłoby gotowe rozwiązanie obejmujące znaczną grupę różnego rodzaju UED, ułatwiające producentom wdrożenia w produktach UED. W projekcie podejmujemy się próby rozwiązania tego problemu. Proponujemy:

- przeprowadzenie badań dotyczących dostępności aktualnie istniejących UED i implementowanych dla nich rozwiązań interfejsu na statystycznej próbie 80 osób,
- opracowanie ogólnej, możliwie uniwersalnej specyfikacji modelu interfejsu dotykowego UED dla niewidomych,
- opracowanie przykładowych, prototypowych implementacji modelu (1 dla mobilnych i 1 dla stacjonarnych UED),
- przeprowadzenie badań waloryzacyjnych prototypowych implementacji i badań porównawczych w celu oceny stopnia poprawy dostępności UED i zadowolenia użytkowników,
- opracowanie zaleceń normalizacyjnych dla budowy dostępnych interfejsów UED,
- przygotowanie prototypu do wdrożenia na rynku społeczności polskich niewidomych.



Istota problemu badawczego

Wyniki planowanych w projekcie badań i prac rozwojowych, m.in. model dostępnego interfejsu, pozwolą na wyspecyfikowanie i zweryfikowanie zaleceń dla budowy interfejsów UED dostępnych dla niewidomych. Podejmiemy też próby nawiązania międzynarodowej współpracy w celu rozwinięcia tych zaleceń w kierunku ich standaryzacji.

Celem głównym badań jest przyczynienie się do zmniejszenia marginalizacji ONWD w dostępie do urządzeń mobilnych i stacjonarnych z dotykowymi ekranami, które w coraz większym stopniu opanowują rynek, zarówno w zastosowaniach komputerowych, niewystarczająco przyjaznych dla niewidomych, jak również publicznych i domowych, praktycznie zupełnie niedostępnych. Cel ten zostanie osiągnięty przez opracowanie i wdrożenie technologii przyjaznych interfejsów użytkownika dla tych urządzeń. Wyzwaniami badawczymi i upowszechniającymi są:

1. Uzyskanie wiedzy na temat dostępności aktualnie istniejących na rynku mobilnych i stacjonarnych UED i sposobów znacznego zwiększenia tej dostępności, akceptowanych przez niewidomych.
2. Zwiększenie dostępności UED publicznego i domowego użytku poprzez opracowanie kompleksowej technologii umożliwiającej ich użytkowanie przez osoby niewidome za pośrednictwem m.in. mowy syntetycznej, gestów akceptowanych przez niewidomych, haptycznych reakcji sprzętu (sygnały audio, vibracje), elementów ułatwiających orientację na powierzchni ekranu (haptyczne punkty kontrolne, logika nawigacji, logika przyjaznej dla niewidomych lokalizacji elementów na ekranie), wirtualnej lub fizycznej klawiatury brajlowskiej, komunikacji z UED za pośrednictwem notatników brajlowskich i asystującego oprogramowania odpowiednio „animującego” te elementy w przyjazny dla niewidomych interfejs UED.
3. Zwiększenie dostępności najpopularniejszych, wg wyników poprowadzonych w projekcie badań, mobilnych UED (z systemem Android) poprzez opracowanie prototypowej implementacji opracowanej technologii i przygotowanie jej do dystrybucji i sprzedaży wśród odbiorców końcowych z grupy docelowej projektu.
4. Przyczynienie się do wdrożeń opracowanej technologii przez polskich producentów UED powszechnego domowego i publicznego zastosowania poprzez działania upowszechniające oraz udostępnienie specyfikacji i kodu technologii jako *open source* na licencji GPL.

Planowane i rozpoczęte badania

Zgodnie z nielicznymi aktualnie prowadzonymi badaniami dotyczącymi dostępności UED dla ONWD, oraz wieloma opiniami wyrażanymi przez niewidomych, dostosowanie wielu rodzajów UED do potrzeb tej grupy użytkowników jest bardzo słabe. Podjęliśmy przeprowadzenie, nie podejmowanych jak dotąd, badań dotyczących dostępności aktualnie istniejących UED i statystycznego zbadania różnych wskaźników efektywności ich użytkowania przez ONWD oraz implementowanych dla nich rozwiązań interfejsu. Badania będą przeprowadzone na statystycznej próbie 80 osób przy pomocy opracowanych w tym celu narzędzi. Badania te mogą w wypadku osiągnięcia dobrych rezultatów przyczynić się do rozwoju dziedziny asistive technologies, stając się pierwszym kompleksowym

krokiem w kierunku usystematyzowanego rozwoju i optymalizacji dalszych prac w stronę udostępniania różnego rodzaju urządzeń dla różnych grup użytkowników o specjalnych potrzebach.

Badania planujemy przeprowadzić wykorzystując innowacyjną gradacyjną metodę prof. Elżbiety Pleszczyńskiej [10]. Mówiąc bardzo skrótowo, polega ona na zastąpieniu tradycyjnych wskaźników statystycznych takich jak np. współczynnik korelacji lub krzywa regresji liniowej, których zestaw nie jest wewnętrznie spójny, a oparte na nich procedury wnioskowania często prowadzą na manowce, spójnym zestawem podstawowych pojęć opisujących dwudzielne tablice. Jednym z podstawowych pojęć analizy gradacyjnej jest maksymalna regularność tablicy, którą uzyskuje się po wielu krokach polegających na przestawianiu jej wierszy i/lub kolumn, w wyniku czego identyczne globalne zróżnicowania warunkowych profili tak wierszy jak i kolumn systematycznie wzrastają, a wraz z nimi rośnie regularność całości. A to z kolei umożliwia wyróżnianie sąsiadujących ze sobą rozłącznych podzbiorów wierszy i/lub rozłącznych podzbiorów kolumn o możliwie małych wewnętrznych zróżnicowaniach profili. W problemie optymalizacji przyjazności UED rozpatrywanym w niniejszym wniosku zostaną użyte modele i procedury analizy gradacyjnej. Będzie to wymagało stopniowych redukcji zebranych informacji, dokonywanych na podstawie intuicji i doświadczenia testerów i informatyków w dochodzeniu do celu metodą prób i błędów. Dodatkowym utrudnieniem będzie przy tym borykanie się z *missing data*, czyli brakiem informacji, których z różnych przyczyn nie zarejestrowano według pierwotnego planu badań. Będą one uzupełniane przy wykorzystaniu metody prof. W. Szczęsnego, której użył on poprzednio przy badaniu urządzeń szyfrujących. Polegała ona na stworzeniu losowego wzorca dla ciągu par elementów pochodzących z dwu generatorów liczb losowych i porównaniu go z ciągiem par mieszanych, w których jeden element pochodził z badanej próby, a drugi element z trzeciego losowego generatora. Pozwoliło to na wykrywanie nawet bardzo nieznaczących odchyłeń między elementami pierwszej pary i elementami drugiej pary. Metody te w rezultacie pozwolą na wyciągnięcie wniosków na podstawie nawet bardzo niepełnych danych pochodzących od testerów.

Na podstawie wyników tych statystycznych badań w toku dalszych prac proponujemy opracowanie ogólnej, możliwie uniwersalnej specyfikacji, statystycznie optymalnego dla niewidomych, modelu interfejsu dotykowego UED oraz wariantów tego modelu dla różnych rodzajów UED i różnych profili użytkownika. Dla praktycznego potwierdzenia tych badań podejmiemy próbę zrealizowania przykładowych, prototypowych implementacji tych modeli (1 dla mobilnych i 1 dla stacjonarnych UED). Implementacje poddamy następnie badaniom waloryzacyjnym oraz badaniom porównawczym z dotychczasowymi rozwiązaniami. Podejmiemy też próbę statystycznego pomiaru wpływu wprowadzenia nowej technologii na efektywność posługiwania się UED przez niewidomych a także porównania tej efektywności (mierzonej takimi miernikami jak czas, stopa błędów itd.) z efektywnością pracy na UED przez osoby widzące. W wyniku tych badań podejmiemy próbę opracowania zaleceń normalizacyjnych dla budowy dostępnych interfejsów UED. W fazie pilotażowej projektu proponujemy przygotowanie prototypu do wdrożenia na rynku społeczności polskich niewidomych.



Model interfejsu dla niewidomych użytkowników w urządzeniach z ekranami dotykowymi

Jednym z kluczowych elementów nowej technologii będzie model dostępnego dla ONWD interfejsu UED, który nazywamy interfejsem liniowym. Będzie on uwzględniać zarówno elementy wspólne, jak też takie, które będzie można implementować dla dedykowanych rodzajów UED, połączenia z notatnikami brajlowskimi lub konkretnych preferencji (profilu) użytkownika. Struktura opracowywanego modelu przedstawia się następująco: (Uwaga: w nawiasach przy każdym elemencie podajemy możliwość jego występowania w jądrze modelu (j) bądź w profilach (p), zaznaczamy też elementy aktywne będące oprogramowaniem (a), pozostałe przez domniemanie są pasywne). Model będzie implementowany w postaci 2 głównych komponentów: jądro interfejsu (j) – niezmiennie, obecne w każdej implementacji, oraz elementy profilowe interfejsu (p) – wybierane z pośród alternatywnych propozycji, zależne od ograniczeń sprzętu lub wynikające z konfiguracji użytkownika. Struktura modelu będzie obejmować:

1. techniki przyjaznej nawigacji:
 - a. zbiór dedykowanych interakcji przy pomocy gestów, np. skanowanie palcem dla przeglądania list obiektów,
 - b. techniki szybkiego przeglądania zawartości widoku ekranu, np: przebieganie palcem po ekranie dla uzyskania tekstowej informacji,,
 - c. intuicyjne mapowanie gestów, np. (potarcie w prawo otwiera menu),
 - d. dźwiękowe i wypukłe znaczniki wspomagające orientację: (j) (p),
 - e. nawigacyjne i podstawowe elementy interfejsu umieszczone zawsze w stałych lokalizacjach ekranu, np. przycisk wyłączający zawsze w lewym dolnym rogu ekranu; (p),
 - f. przyjazne gesty zamiast przycisków do wykonywania operacji.
2. elementy przyjaznej edycji:
 - a. jedno- i wielowierszowe pola edycyjne o ustandaryzowanym rozmiarze, (j),
 - b. przyjazna klawiatura wirtualna qwerty, (j),
 - c. statyczna wirtualna klawiatura brajlowska,
 - d. fizyczna klawiatura notatnika brajlowskiego, (p).
3. elementy efektywnej identyfikacji i wyboru:
 - a. programowe syntezatory mowy w UED, (j) (p),
 - b. syntezator mowy w notatniku brajlowskim, (p),
 - c. linijka brajlowska w notatniku brajlowskim, (p).
4. elementy sprzężenia zwrotnego:
 - a. oprogramowanie wspomagające mowę (przesyłające opisy dźwiękowe elementów, (j) (a),
 - b. oprogramowanie wspomagające mowę (przesyłające oznaczenia brajlowskie elementów do NBR, (p) (a),
 - c. sygnały dźwiękowe (np. przejścia pomiędzy elementami interfejsu graficznego) generowane z głośnika UED, (j) (p) (a),
 - d. wibracje UED sygnalizujące operacje (p) (a).

Model interfejsu liniowo-dźwiękowego zgodny z powyższą strukturą zostanie uszczegółowiony na podstawie statystycznych badań potrzeb i preferencji i formalnie zdefiniowany przy pomocy wybranej techniki modelowania w zależności od jego złożoności i potrzeb w zakresie poszczególnych jego ele-

mentów i relacji między nimi. Jako technologie opisu modelu zostaną wzięte pod uwagę języki takie jak XML/XSD, XSLT, UML, OWL. Wyprecyzowany formalnie model zostanie zaimplementowany w formie 2 głównych modułów prototypowego systemu o przyjętej nazwie Touch4All. Elementy wspólne dla wszystkich instancji (oznaczone jako (j) w powyższym opisie modelu) będą zaimplementowane w jądrze systemu, natomiast elementy profilowe (oznaczone jako (p)) będą komponentami implementacji sprofilowanych instancji modeli interfejsów dla konkretnych UED, notatników brajlowskich bądź profili zgodnych z preferencjami użytkownika. Na podstawie formalnych definicji modelu zostanie opracowana specyfikacja będąca zbiorem zaleceń dotyczących implementowania liniowo-dźwiękowych interfejsów udostępniających funkcjonalności stacjonarnych i mobilnych UED powszechnego publicznego i domowego użytku dla ONWD. Spodziewamy się, że doświadczenia zebrane w czasie etapu implementacyjnego posłużą do opracowania zbioru „dobrych praktyk” dotyczących implementowania przyjaznych interfejsów UED, które będą stanowić część opracowywanych zaleceń.

Na podstawie częściowych wyników przeprowadzonych dotychczas badań potrzeb i preferencji opracowaliśmy pilotażowo fragment modelu i jego implementację [11], obejmujący wybrane funkcje systemu Android i przetestowaliśmy na 7 niewidomych testerach jego efektywność. Wyniki są zachęcające do kontynuacji pełnych badań i implementacji. Planujemy przygotowanie prototypowych implementacji do ich wprowadzenia na rynek, a także rozpowszechnienie zbioru zaleceń i specyfikacji wśród producentów popularnych UED. Zostaną podjęte również próby skierowania tych zaleceń do organizacji standaryzacyjnych.

Innowacyjność proponowanego rozwiązania

Innowacyjnym rozwiązaniem powstałym w wyniku realizacji badań będzie opracowana kompleksowa technologia dostępnych dla niewidomych interfejsów UED, akceptowana przez możliwie dużą, statystycznie zbadaną grupę niewidomych. Będzie ona rozwiązaniem gotowym do wykorzystania przez producentów popularnego sprzętu z ekranami dotykowymi nie tylko w Polsce, ale również na świecie. Ta gotowa implementacja będzie udostępniana krajowej społeczności niewidomych i jej organizacjom.

Ulepszenie istniejących rozwiązań i nowość proponowanego podejścia

Opracowana technologia będzie stanowić ulepszenie istniejących rozwiązań (np. lepsze dostosowanie zestawu gestów do potrzeb niewidomych), a jednocześnie kluczowe elementy technologii będą całkowicie nowymi rozwiązaniami (jak transformacja „stylu” przestrzennie rozlokowanych na ekranie elementów na „styl” liniowo-dźwiękowy, porządkujący elementy ekranu w listy, patrz [11]). Ogólna specyfikacja wraz z modelem interfejsu liniowo-dźwiękowego opracowana w projekcie jest nowym, nie istniejącym dotąd podejściem do problemu dostępności UED, które będzie można zastosować dla szerokiej gamy tych urządzeń. Prototypowe implementacje modelu dla mobilnych UED z systemem Android będą ulepszeniem „asystujących” rozwiązań istniejących w tych urządzeniach. Zaś prototypowa implementacja opracowanego modelu dla UED produkowanego w IMM – czytnika kart zbliżeniowych,



będzie innowacyjną „jaskółką” dla UED typu stacjonarnych UED powszechnego użytku (publicznego, domowego). Planujemy, że w implementacji modelu dla mobilnych UED z Android niektóre producentkie implementacje elementów asystujących zostaną w niej wykorzystane np. moduły mowy syntetycznej. Zakładamy też wykorzystanie funkcjonalności istniejącego w Android zestawu usług TalkBack. Przewidywanymi elementami, jakie trzeba będzie opracować mogą być: brakujące gesty w zestawie gestów „producentkich”, ujednolicenie rozmiaru i odstępów między ikonami, algorytmy łatwiejszej nawigacji, mechanizmy wspomagające orientację na ekranie i inne. Kluczowym, innowacyjnym, elementem nowej technologii będzie także możliwość komunikacji z UED z poziomu bardzo popularnych wśród niewidomych notatników brajlowskich. Pilotażowo taka komunikacja między smartfonem Samsung Galaxy II i notatnikiem brajlowskim Kajetek została zaimplementowana i poddana testom przez niewidomych testerów, z obiecującymi wynikami [12].

Podsumowując **najważniejsze elementy innowacyjności w badaniach i w wynikach:**

1. Innowacyjne badania:
 - a. We właściwej dla wiarygodności wniosków statystycznych skali – 80 testerów (nie było w takiej skali badań na świecie);
 - b. Badania statystyczne będą prowadzone innowacyjną gradacyjną metodą właściwą dla uzyskania wiarygodnych wniosków z danych obciążonych ryzykiem (niepełność danych – co na ogół ma miejsce);
2. Innowacyjność rozwiązań:
 - a. kompleksowość – nowy, alternatywny dla graficznego, dostępny dla niewidomych interfejs liniowo-dźwiękowy konfigurowany przez użytkownika pod jego potrzeby poprzez wybór tych elementów asystujących, które użytkownik preferuje;
 - b. dostępność do funkcji UED z poziomu notatników brajlowskich, co ma istotne znaczenie dla niewidomych preferujących komunikację za pomocą technik brajlowskich;
 - c. statystycznie udokumentowana wiarygodność przyjazności rozwiązań dla niewidomych.

Podsumowanie

Podsumowując problemy związane z dostępnością UED dla osób niewidomych, należy wypunktować te najważniejsze:

- mobilne UED, zwłaszcza relatywnie drogie, jak na możliwości nabywcze polskich niewidomych, urządzenia np. Apple’a są wyposażone co prawda w asystujące technologie, które zapobiegają kompletnemu wykluczeniu niewidomych, ale nie zapewniają efektywnej pracy z tymi urządzeniami. Biorąc pod uwagę częstotliwość korzystania w ciągu doby z tych UED i całkowity czas na dobę spędzany przez użytkowników w kontakcie z mobilnymi urządzeniami, to niski poziom przyjazności interfejsu stanowi bardzo duży problem dla niewidomych. Wpływa on na obniżoną efektywność zarówno w sferze zawodowej jak i ogólnego funkcjonowania w codziennym życiu;
- stacjonarne UED publicznego i domowego zastosowania są w Polsce obecnie zupełnie niedostępne dla niewidomych; problem z roku na rok ilościowo rośnie, automatycznie zmniejszając udział niewidomych w życiu społeczno-

publicznym i rodzinnym. Przykładowo, lodówki takie jak np. Samsung T9000 z kolorowym ekranem dotykowym wielkości iPad’a, oparte na systemie Android, niedługo będą stanowić powszechny sprzęt AGD, produkowany również przez polskich producentów (Polar, Amica, Indesit).

Problemy te wymagają badań i nowych rozwiązań, w ścisłej współpracy z liczną grupą niewidomych, reprezentantów grupy docelowej projektu i, co ważne, z producentami urządzeń z ekranami dotykowymi.

Literatura

- [1] Kane, S.K., Wobbrock, J.O., Ladner, R.E. Usable gestures for blind people: Understanding preference and performance. In Conference on Human Factors in Computing Systems – Proceedings, CHI’11, ACM (2011), 413–422.
- [2] Oliveira, J., Guerreiro, T., Nicolau, H., Jorge, J., Gonçalves, D. Blind people and mobile touch-based text-entry: acknowledging the need for different flavors. In *The proceedings of the 13th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, ASSETS ’11, ACM (2011), 179–186.
- [3] Preferences and Practices Among Students Who Read Braille and Use Assistive Technology. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, Volume 106, Year 2012, October-Novem. 2012, 585–596.
- [4] Southern, C., Clawson, J., Frey, B., Abowd, G.D., Romero, M. An Evaluation of BrailleTouch: Mobile Touchscreen Text Entry for the Visually Impaired. In *Proceedings of the 14th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI’12, ACM (2012), 317–326.
- [5] Azenkot, S., Wobbrock, J.O., Prasain, S., Ladner, R.E. Input finger detection for nonvisual touch screen text entry in Perkinput. In *Proceedings – Graphics Interfac*, Canadian Information Processing Society (2012), 121–129.
- [6] Findlater, L., Lee, B.Q., Wobbrock, J.O. Beyond QWERTY: Augmenting Touch-Screen Keyboards with Multi-Touch Gestures for Non-Alphanumeric Input. In *Conference on Human Factors in Computing Systems – Proceedings*, CHI’12, ACM (2012), 2679–2682.
- [7] Costagliola, G., Fuccella, V., Di Capua, M. Text Entry with Key-Scetch. International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI, ACM (2011), 277–286.
- [8] Ruamviboonsuk, V., Azenkot, S., Ladner, R.E. Tapulator: A Non-Visual Calculator using Natural Prefix-Free Codes. Proceedings of the 14th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS’12, ACM (2012), 221–222.
- [9] Chiti, S., Leporini, B. Accessibility of Android-Based Mobile Devices: A Prototype to Investigate Interaction with Blind Users, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes*
- [10] Pleszczyńska E., Szczęsny W., Dunicz-Sokołowska A., ... Models and Methods of Grade Data Analysis: Recent Developments, IPI PAN (2012)
- [11] Kocieliński D., Brzostek-Pawłowska J., Linear Interface for Graphical Interface of Touch-Screen: a Pilot Study on Improving Accessibility of the Android-Based Mobile Devices, Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI 2013), (ACM 2013), 546–551.
- [12] Kocieliński D., Brzostek-Pawłowska J., Improving the accessibility of touchscreen-based mobile devices: Integrating Android-based devices and Braille notetakers, Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS 2013), (IEEE 2013), 659–662.
- [13] Brzostek-Pawłowska J., Mikułowski D.: Wprowadzenie w problemy, badania i rozwój informatycznych technologii wspomagających komunikację osób niewidomych i widzących w obszarze matematyki. *Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania*, nr 10/2012, str. 124–127.
- [14] Brzostek-Pawłowska J., Mikułowski D.: Techniki multimodalne zwiększające dostępność grafiki na stronach WWW i w elektronicznych dokumentach. *Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania*, nr 11/2012, str. 77–84.
- [15] Brzostek-Pawłowska J.: Technologie asystujące zwiększające dostępność formuł matematycznych dla niewidomych: stan obecny i podjęte badania. *Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania*, 2013, nr 10/2013, str. 112–115.