

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului

INTERFEȚE GESTUALE PENTRU CONTEXTE INTERACTIVE DEFICITARE VIZUAL

în perioada octombrie 2015 – septembrie 2017

Cod proiect	PN-II-RU-TE-2014-4-1187
Nr. contract	47/01.10.2015
Acronim	GI-VISIMP
Director proiect	Radu-Daniel VATAVU
Contractor	Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava str. Universității nr. 13 Suceava 720229 România
Site web	http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/GIVISIMP/

Cuprins

Introducere în tematica proiectului	3
Activitățile proiectului	3
1. ÎNȚELEGEREA ȘI EVALUAREA TIPARELOR GESTUALE PENTRU SITUAȚII DEFICITARE VIZUAL: SETURI DE DATE, SOFTWARE ȘI METODOLOGIE	4
1.1. Elaborarea unei taxonomii integrative privind contextele de utilizare a dispozitivelor mobile în situații de dizabilitate vizuală	5
1.2. Implementare de aplicații software pentru achiziția gesturilor de tip touch și free-hand în contexte experimentale	8
1.3. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale	9
1.4. Design și validare de noi metodologii pentru analiza performanței gestuale în situații deficitare vizual	13
1.4.1 Analiza interacțiunii tactile: Mărimi de performanță a gesturilor de atingere	13
1.4.2 Analiza execuției traiectoriilor gestuale ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere	17
1.4.3 Analiza consensului privind execuția gestuală	18
1.4.4 Analiza gesturilor <i>free-hand</i> : Mărimi de performanță gestuală	21
2. DEZVOLTARE DE ALGORITMI EFICIENȚI PENTRU RECUNOAȘTEREA GESTURILOR ÎN SITUAȚII DE DIZABILITATE VIZUALĂ	22
3. TEHNICI DE INTERACȚIUNE GESTUALĂ PENTRU SITUAȚII DEFICITARE VIZUAL	26
3.1. Tehnici de selecție pe dispozitive smart	26
3.2. Tehnici de introducere a simbolurilor pe dispozitive smart	28
3.3. Feedback vibrotactil pentru interacțiunea în situații deficitare vizual	29
4. REZULTATE	30
Referințe	32



Introducere în tematica proiectului

Prezentul proiect își fixează următoarele obiective generale care reflectă multiplele fațete ale investigației noastre științifice, și anume *înțelegerea, proiectarea și implementarea* de tehnologii gestuale pentru asistența utilizatorului aflat într-un context de dizabilitate vizuală:

- O1. Înțelegerea modului în care diverse forme de dizabilitate vizuală, de natură fiziologico-patologică sau situațională, afectează performanța interacțiunii gestuale cu dispozitivele *smart*.
- O2. Dezvoltarea de algoritmi pentru recunoașterea gesturilor executate în contexte deficitare vizual.
- O3. Dezvoltarea de tehnici pentru asistarea utilizatorilor în timpul interacțiunii gestuale cu dispozitive mobile *smart* în condiții de dizabilitate vizuală.

Activitățile proiectului

Obiectiv 1. Înțelegerea și evaluarea tiparelor gestuale pentru situații deficitare vizual: seturi de date, software și metodologie

- Activitate 1.1. Update al stadiului actual în interacțiunea gestuală pentru situații de dizabilitate vizuală
- Activitate 1.2. Elaborarea unei taxonomii integrative privind dizabilitatea vizuală
- Activitate 1.3. Implementare software pentru achiziția gesturilor *touch* și *free-hand* în contexte experimentale
- Activitate 1.4. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale de la utilizatori cu dizabilitate vizuală
- Activitate 1.5. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale de la utilizatori cu vedere normală în situații de dizabilitate vizuală
- Activitate 1.6. Anotarea și analiza datelor gestuale achiziționate
- Activitate 1.7. Design și validare de noi metodologii și software pentru analiza performanței gestuale în situații deficitare vizual

Obiectiv 2. Dezvoltarea de algoritmi eficienți pentru recunoaștere gestuală în situații deficitare vizual

- Activitate 2.1. Recunoașterea gesturilor *touch* în situații deficitare vizual
- Activitate 2.2. Recunoașterea gesturilor *free-hand* în situații deficitare vizual
- Activitate 2.3. Evaluarea algoritmilor de clasificare

Obiectiv 3. Dezvoltarea de tehnici de interacțiune gestuală pentru situații deficitare vizual

- Activitate 3.1. Dezvoltarea de tehnici de selecție pe dispozitive *smart* pentru gesturi *touch* și *free-hand*
- Activitate 3.2. Dezvoltarea de tehnici de introducere a simbolurilor pe dispozitive *smart* folosind gesturi *touch* și *free-hand*
- Activitate 3.3. Dezvoltarea de tehnici de feedback pentru asistarea interacțiunii în situații deficitare vizual
- Activitate 3.4. Studii utilizator și evaluare



1. ÎNȚELEGEREA ȘI EVALUAREA TIPARELOR GESTUALE PENTRU SITUAȚII DEFICITARE VIZUAL: SETURI DE DATE, SOFTWARE ȘI METODOLOGIE

Dizabilitatea reprezintă imposibilitatea unei persoane de a întreprinde unele acțiuni în anumite circumstanțe, respectiv restricția sau pierderea, temporară sau permanentă, a capacității unei persoane de a realiza o activitate în mod normal. Dizabilitatea vizuală reprezintă o abilitate diminuată a unei persoane de a vedea, într-un grad care determină probleme ce nu pot fi rezolvate folosind mijloace corective, cum ar fi purtarea de ochelari. Potrivit versiunii 2016 a clasificării internaționale a bolilor (ICD 10 – International Classification of Diseases)¹ în cadrul capitolului 7 “*Diseases of the eye and adnexa (H00-H59)*”, există distincția dintre **tulburări ale vederii** (en.: *visual disturbances*, cod H53) și **deteriorări ale vederii, incluzând orbirea** (en.: *visual impairment including blinding*, cod H54). Deteriorările de vedere moderate și severe sunt grupate sub denumirea de *vedere slabă* și reprezintă aria de cuprindere a termenului de *dificultăți de vedere*. Statul român recunoaște patru categorii distincte de deficiențe de vedere, conform Monitorului Oficial al României nr. 885 bis/27.12.2007, acestea fiind: handicap ușor, mediu, accentuat și grav. Tabelul 1 descrie pe scurt caracteristicile reprezentative ale acestora.

Tabel 1. Caracteristici ale categoriilor de deficiențe de vedere (MO 885/27.12.2007) în funcție de nivelul de acuitate vizuală, percepția luminozității, potențiale vizuale evocate și analize electroretinografice.

Nivelul de handicap	Caracteristici ale nivelului de handicap de vedere
Ușor	Persoana indică semne de probleme vizuale. Poate fi atinsă vedere aproape normală cu ajutorul ochelarilor de corecție.
Mediu	Necesită utilizarea de lupe de putere scăzută sau cărți cu fonturi mari. Persoanele din această categorie pot efectua activități lucrative ce nu se bazează majoritar pe stimuli vizuali.
Accentuat	Persoanele din această categorie întâmpină probleme în orientarea spațială și în acomodarea la diverse niveluri de luminozitate. Este resimțită nevoia de surse de lumină adiționale, precum și de amplificatori de vedere în efectuarea activităților.
Grav	Persoanele întâmpină dificultăți considerabile în orientarea spațială, au nevoie de asistență, iar informația este obținută prin intermediul cărților audio, a limbajului Braille și a altor surse non-vizuale.

O prezentare detaliată a stadiului actual în interacțiunea gestuală pentru situații de dizabilitate vizuală, inclusiv o parcurgere a literaturii psihologice relevante, precum și o examinare a patologiei deficiențelor de vedere sunt disponibile în primul raport de cercetare al proiectului pentru anul 2015, aflat la adresa <http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/GIVISIMP>

¹ International Classification of Diseases, ICD-10 Version:2016 <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en#/H54.1>



1.1. Elaborarea unei taxonomii integrative privind contextele de utilizare a dispozitivelor mobile în situații de dizabilitate vizuală

O primă contribuție științifică a proiectului este reprezentată de alcătuirea și descrierea unei taxonomii a situațiilor de dizabilitate vizuală care să cuprindă aspectele principale care pot determina astfel de situații în interacțiunea cu un dispozitiv mobil *smart* cu ecran tactil. De exemplu, dizabilitatea vizuală poate fi de natură *patologică* (cauzată de afecțiuni ale sistemului vizual, cum ar fi miopie, astigmatism, glaucom, etc.) sau poate fi de natură *situatională*, caz în care utilizatorul se află temporar într-o situație de dizabilitate vizuală, chiar dacă dispune de vedere normală (e.g., imposibilitatea dedicării în totalitate a atenției vizuale ecranului dispozitivului *smart*).

În alcătuirea taxonomiei am plecat de la recomandări generale de design ergonomic care au la bază principiul înțelegerii activităților umane în folosirea unui produs în contextul în care aceste activități sunt realizate (Elton și Nicolle, 2010; Nicolle și Elton, 2015). De exemplu, în analiza contextului, Elton și Nicolle (2010) au identificat persoana, natura sarcinii de efectuat, mediul fizic și mediul social ca fiind definitorii pentru contextul de utilizare al unui produs. Folosind aceste lucrări și rezultate anterioare drept punct de plecare, am identificat următoarele patru elemente principale ale taxonomiei situațiilor de dizabilitate vizuală în interacțiunea cu un dispozitiv mobil *smart* cu ecran tactil (Figura 1):

1. **PERSOANA**, incluzând totalitatea aspectelor care țin de capacitățile fizice și psihologice ale utilizatorului implicat în interacțiunea cu dispozitivul mobil și care conduc la percepția parțială sau incorectă a informației vizuale, sau care fac imposibilă percepția informației redată de dispozitiv:
 - 1.1. **Aspecte fiziologico-patologice**, reprezentând afecțiuni ale sistemului vizual (e.g., miopie, astigmatism, fotofobie, glaucom, etc.) și care, conform clasificării ICD 10 - International Classification of Diseases, determină tulburări sau deprecieri ale vederii (ICD, 2016).
 - 1.2. **Aspecte psihologice**, determinate de o distribuție inefficientă a atenției vizuale la nivel cognitiv (e.g., există o altă sarcină în desfășurare, mai prioritară, care face imposibilă privirea directă către ecranul dispozitivului mobil) sau de inducere în eroare a sistemului vizual printr-o percepție incorectă a anumitor aspecte ale realității (e.g., iluzii optice).
2. **DISPOZITIVUL**, incluzând totalitatea aspectelor care țin de caracteristicile unui anumit dispozitiv sau de modul său de folosire, astfel:
 - 2.1. **Caracteristicile tehnice** ale dispozitivului pot afecta percepția informației vizuale redată de către ecranul acestuia. De exemplu, ceasurile *smart* prezintă de regulă ecrane de dimensiuni foarte mici (e.g., Samsung Galaxy Gear S² are un ecran cu diagonala de 50.9 mm, iar Samsung Galaxy Gear Fit³ are dimensiunile totale de doar 23.4 × 57.4 mm). De asemenea, calitatea ecranului (e.g., rezoluția, luminozitatea și contrastul, tehnologia de producție LCD, LED, OLED, AMOLED, etc.) are efecte directe asupra percepției informației redată. Cum ecranul reprezintă

² Samsung Galaxy Gear S Smartwatch, <http://www.samsung.com/us/explore/gear-s-features-and-specs/>

³ Samsung Gear, http://www.samsung.com/global/microsite/gear/gearfit_features.html

una dintre principalele cauze ale consumului bateriei dispozitivelor mobile⁴, un nivel scăzut al bateriei poate determina dispozitivul să-și ajusteze automat parametrii de luminozitate în detrimentul utilizatorului, afectând astfel percepția vizuală a informației redată.

- 2.2. **Elementele de design a interfeței utilizator** pot limita, atunci când nu au fost proiectate corespunzător, percepția vizuală a informației redată. Exemple includ folosirea de fonturi prea mici pentru a putea fi citite ușor de către toți utilizatorii, contrastul redus între elementele de prim-plan și fundal (*e.g.*, între culoarea textului și cea a fundalului), o folosire nepotrivită a culorilor pentru persoanele având dificultăți în interpretarea corectă a acestora, etc.
- 2.3. **Ocluzia conținutului.** Folosirea interfețelor tactile presupune atingerea ecranului cu unul sau mai multe degete iar, în acest proces, mâna poate acoperi părți ale conținutului redat de ecran. Problema ocluziei conținutului a fost tratată anterior în literatura domeniului, pentru care au fost propuse tehnici pentru modelarea și adresarea eficientă a efectelor acesteia; a se vedea Vogel și Balakrishan (2010) și Vogel și Casiez (2012) pentru tablete și mese interactive.
- 2.4. **Contextul de folosire** este reprezentat de modul în care dispozitivul este poziționat în timpul folosirii. De exemplu, telefonul *smart* poate fi așezat pe suprafața unei mese cu ecranul în jos⁵, se poate afla la ureche în timpul unei convorbiri telefonice, sau poate fi acoperit parțial sau total de alte obiecte (când se află în geantă, în locațiile suport din mașină, etc.). Diverse aspecte legate de poziționarea dispozitivului *smart* au fost investigate în literatura domeniului pentru creșterea eficacității și eficienței interacțiunii cu acesta (Li *et al.*, 2010; Wiese *et al.*, 2013). Legat de contextul de folosire, putem vorbi despre **accesibilitatea dispozitivului**, care poate fi limitată de imposibilitatea fizică a utilizatorului de a ajunge la dispozitiv datorită faptului că mâinile acestuia sunt temporar ocupate (*e.g.*, din cauza susținerii unui alt obiect, de exemplu) sau când utilizatorul se află într-o activitate ce nu poate fi întreruptă (*e.g.*, jogging).
3. **MEDIUL FIZIC**, incluzând totalitatea aspectelor de natură fizică, exterioare persoanei și dispozitivului, care pot afecta procesul de interacțiune dintre utilizator și dispozitiv.
 - 3.1. **Condițiile de iluminare** afectează percepția informației vizuale și, în anumite situații, pot provoca chiar și disconfort persoanelor afectate de anumite tulburări ale vederii (de exemplu, fotofobia). Luminozitatea prea scăzută poate face dificilă percepția informației. În același timp, luminozitatea puternică (strălucirea) poate determina un efect de reflexie a luminii pe suprafața ecranului care să împiedice vizualizarea conținutului (*en.*: disability glare).
 - 3.2. **Tipul mediului fizic.** Anumite medii fizice, *e.g.*, sub apă (Koike *et al.*, 2013; Pier și Goldberg, 2005), pot îngreuna percepția informației afișată pe ecranul dispozitivului.
 - 3.3. **Condițiile periculoase de lucru** care necesită purtarea de echipamente special pentru protecție pot conduce la dificultăți în percepția informației vizuale (de exemplu, folosirea ochelarilor de protecție). În general, echipamentele de protecție (mănuși, haine speciale, ochelari și căști de protecție) îngreunează operarea unui dispozitiv mobil, întrucât reduc confortul interacțiunii.

⁴ What's draining your Android battery? <http://www.techlicious.com/tip/whats-draining-your-android-battery/>

⁵ Poziționarea telefonului cu ecranul în jos reprezintă de fapt o comandă pentru oprirea unei alarme sau pentru închiderea unui apel telefonic. Motion and gesture options on the Galaxy S6, Android Central, <http://www.androidcentral.com/motion-and-gesture-options-galaxy-s6>



4. **MEDIUL SOCIAL**, incluzând totalitatea aspectelor de natură socială care privesc persoana surprinsă în interacțiunea cu dispozitivul mobil într-un context social. Aceste aspecte pot fi:
- 4.1. **Tipul activității curente** poate face ca o persoană să nu poată privi direct ecranul dispozitivului, întrucât acest lucru ar fi perceput negativ din punct de vedere social, de exemplu folosirea telefonului în timpul unei ședințe; a se vedea Anderson *et al.* (2015).
 - 4.2. **Regulile de conduită socială** existente într-o societate, respectiv **tipul audienței** pot împiedica folosirea unui dispozitiv mobil în public; a se vedea Rico și Brewster (2009) și Rico și Brewster (2010) privind acceptabilitatea socială a gesturilor pentru dispozitivele mobile.
 - 4.3. **Normele legale** a căror respectare este impusă și obligatorie pot împiedica folosirea dispozitivului mobil în anumite situații. De exemplu, folosirea telefonului în timpul condusului autovehiculului se poate dovedi periculoasă și, prin urmare, este sancționată legal.

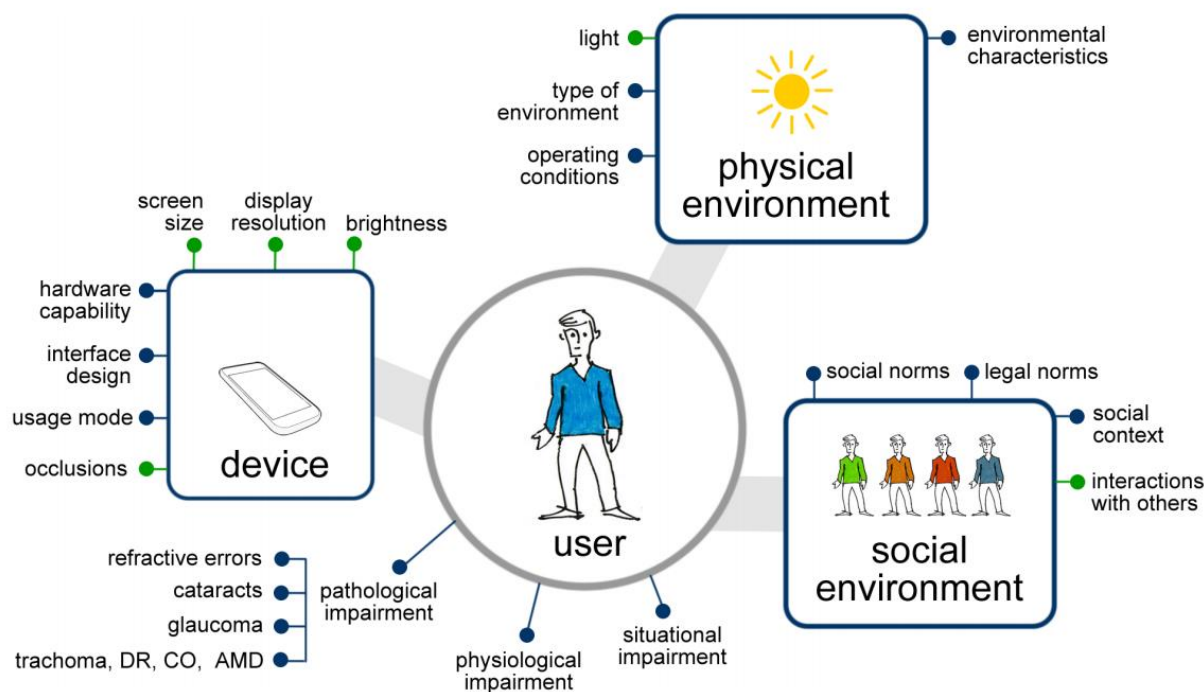


Figura 1. Elementele principale ale taxonomiei cauzelor de dizabilitate vizuală (Vatavu, 2017).

Aceste investigații și rezultate privind taxonomia cauzelor de dizabilitate vizuală au fost publicate în revista *International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor & Francis:

Radu-Daniel Vatavu. (2017). Visual Impairments and Mobile Touchscreen Interaction: State-of-the-Art, Causes of Visual Impairment, and Design Guidelines. *International Journal of Human-Computer Interaction* 33 (6). Taylor & Francis, 486-509
<http://dx.doi.org/10.1080/10447318.2017.1279827>
IF: 1.118 | 5-Year IF: 1.396 (JCR 2016)

1.2. Implementare de aplicații software pentru achiziția gesturilor de tip touch și free-hand în contexte experimentale

Pentru înțelegerea diferențelor de execuție dintre gesturile realizate de persoane cu și fără dizabilități de vedere, au fost proiectate și implementate o serie de aplicații software pentru colectarea datelor gestuale pe suprafețe sensibile la atingere și a datelor aferente gesturilor *free-hand*, astfel:

1. **TapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturi *touch* folosite pentru atingerea de ținte pe ecranul dispozitivului *smart*. Designul experimental implementat de aplicație constă în controlul următorilor factori: (a) numărul de sarcini de efectuat, (b) dimensiunea țintelor (*e.g.*, valorile implicite sunt 3mm, 6.5mm, 10mm, 13.5mm și 17mm), respectiv (c) locația țintelor pe ecran (*centru, colțuri și margini*); vezi Figurile 2a, 2b și 2c. Datele sunt stocate în fișiere XML.
2. **MovingTapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturile *touch* executate pentru atingerea unor ținte aflate în mișcare pe ecranul unui dispozitiv *smart*. Designul experimental implementat de aplicație constă în controlul următorilor factori: (a) numărul de sarcini de efectuat, (b) dimensiunea țintelor, (c) direcția de deplasare a acestora (*e.g.*, stânga-dreapta, respectiv sus-jos), (d) viteza de deplasare (valorile implicite sunt 1, 3, respectiv 5 pixeli/secundă); vezi Figurile 2d și 2e. Datele sunt colectate în fișiere XML.
3. **DensityTapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturile *touch* executate pentru atingerea unor ținte afișate într-un context cu multe alte ținte învecinate cu rol de distractori. Designul experimental implementat de aplicație constă în: (a) numărul de sarcini de efectuat, (b) dimensiunea țintelor, respectiv (c) distanța dintre ținte (cu valorile implicite 1, 2, 4 și 8 mm); vezi Figura 2f. Datele sunt colectate în fișiere cu un format XML asemănător aplicațiilor anterioare.
4. **TouchGestureExperiment** este o aplicație Android care achiziționează traiectoriile gesturilor *touch* executate de utilizatori pe ecranele dispozitivelor *smart*. Designul experimental constă în (a) numărul de sarcini de efectuat și (b) tipul gestului (Figura 3a).
5. **FreeHandGestureExperiment** este o aplicație Windows care achiziționează mișcarea mâinii utilizatorului în aer (*free-hand*) cu ajutorul senzorului Leap Motion⁶. Designul experimental implementat de aplicație constă în (a) numărul de sarcini și (b) tipul gestului (Figura 3b).

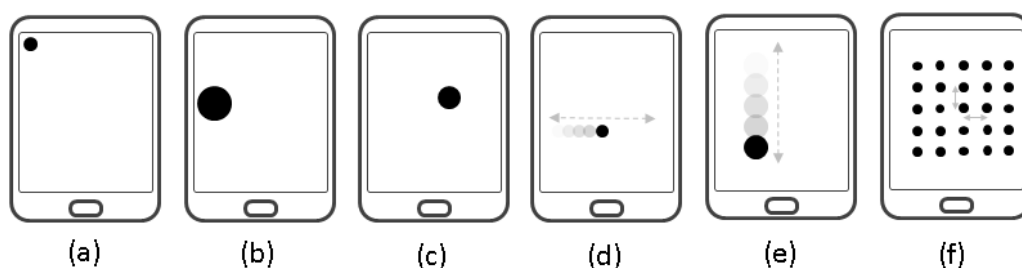


Figura 2. Diverse condiții experimentale implementate pentru achiziția gesturilor *touch* pe dispozitive mobile *smart*: (a) ținte statice aflate în colțuri, (b) lângă margini, (c) în zona centrală a ecranului, respectiv (d) ținte dinamice aflate în mișcare pe orizontală și (e) verticală și (f) ținte dense cu distractori.

⁶ <https://www.leapmotion.com/>

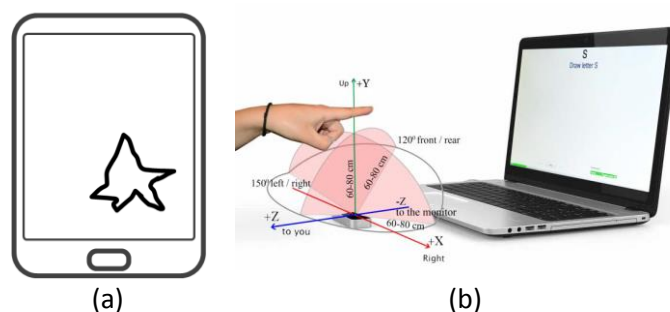


Figura 3. Achiziția traiectoriilor gesturilor *touch* pe dispozitive mobile *smart* (a) și achiziția gesturilor *free-hand* cu ajutorul senzorului Leap Motion (b).

Aplicațiile dezvoltate sunt disponibile pentru download, în regim *open-source*, pe pagina web a proiectului. Datorită unei lipse a unor astfel de unelte și aplicații software pentru achiziția gesturilor în contexte experimentale în comunitatea științifică, specificațiile de implementare ale acestor aplicații au constituit subiectul a două lucrări publicate în cadrul conferințelor DAS'16 (lucrare indexată ISI Thomson Web of Knowledge) și ICVL '16 (în curs de indexare, conform <http://c3.icvl.eu/>):

Bogdan-Florin Gheran, Gabriel Cramariuc, Ionela Rusu, Elena-Gina Craciun. (2016). Tools for Collecting Users' Touch and Free-Hand Gestures on Mobile Devices in Experimental Settings. In *Proceedings of the 13th International Conference on Development and Application Systems* (May 2016). IEEE Press, 248-253.

<http://dx.doi.org/10.1109/DAAS.2016.7492581>

ISI WOS:00038322220004

Bogdan-Florin Gheran. (2016). Design and Engineering of Software Applications for Touch Input Collection on Mobile Devices. In *Proceedings of the 11th International Conference on Virtual Learning* (Craiova, Romania, October 2016). 323-328

http://c3.icvl.eu/papers2016/icvl/documente/pdf/section3/section3_paper42.pdf

1.3. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale

Aplicațiile software dezvoltate au fost folosite pentru colectarea de date gestuale de la persoane cu și fără dizabilități de vedere în cadrul următoarelor experimente:

1. **Static-TA (Static Target Acquisition)** este un experiment care a vizat evaluarea preciziei de atingere a țintelor *touch* statice pe dispozitive cu ecran tactil. Diverse niveluri de dificultate au fost implementate prin controlarea dimensiunii țintelor și locațiilor acestora pe ecran.
2. **Moving-TA (Moving Target Acquisition)** este un experiment care a vizat evaluarea preciziei de atingere a țintelor *touch* dinamice pe dispozitive cu ecran tactil. Diverse niveluri de dificultate au fost implementate controlând dimensiunea țintelor, viteza și direcția de deplasare a acestora.
3. **Dense-TA (Dense Target Acquisition)** este un experiment care a vizat evaluarea preciziei de atingere a țintelor *touch* în contexte cu distractori. Diverse niveluri de dificultate au fost implementate controlând dimensiunea țintelor și distanța față de țintele distractor învecinate.

4. **Touch-GA (Touch Gesture Acquisition)** este un experiment cu scopul de a înțelege modul în care utilizatorii execută traiectorii gestuale pe suprafețe tactile. În cadrul experimentului a fost controlat tipul gesturilor *touch* (vezi Figura 4) și numărul de repetiții. Tipurile de gesturi folosite în cadrul experimentului au fost alese astfel încât să fie reprezentative pentru litere, simboluri și forme geometrice generice; vezi (Anthony *et al.*, 2013; Anthony și Wobbrock, 2010; Vatavu *et al.*, 2011; Wobbrock *et al.*, 2007) pentru studii din literatura domeniului. De asemenea, aceste gesturi au fost alese și pentru nivelurile lor diferite de complexitate geometrică, între 2 și 12, complexitate evaluată folosind definiția din (Isokoski, 2001), dar și pentru gradul lor diferit de dificultate, de la 1 la 12, estimat folosind regulile din Vatavu *et al.* (2011).
5. Experimentul **FreeHand-GA (Free-Hand Gesture Acquisition)** a avut drept scop înțelegerea modului în care utilizatorii execută gesturi cu mâna în aer. În cadrul acestui experiment a fost controlat tipul gesturilor *free-hand* (Figura 5) și numărul de repetiții. Criterii similare ca și în cazul experimentului Touch-GA au fost adoptate și în acest caz pentru alegerea gesturilor.



Figura 4. Tipurile de gesturi folosite în cadrul experimentului Touch-GA pentru dispozitive mobile *smart* cu suprafețe sensibile la atingere.



Figura 5. Tipurile de gesturi folosite în cadrul experimentului FreeHand-GA.

Datele gestuale au fost achiziționate de la 54 de participanți pentru experimentele Static-TA, Moving-TA, Dense-TA și Touch-GA, dintre care 27 de participanți fără probleme de vedere și 27 de participanți cu diverse tipuri de dizabilitate de vedere. Tabelul 2 prezintă detalii demografice legate de participanții cu dizabilități de vedere iar Figura 6 ilustrează câteva imagini din timpul experimentelor. De asemenea, experimentele Static-TA și Touch-GA au fost derulate suplimentar pentru 10 participanți fără probleme de vedere plasați în două situații de dizabilitate vizuală: (a) lumină ambientală puternică pe ecranul dispozitivului (*sunlight-glare*) și (b) folosirea dispozitivului în timpul mersului (condiția *walking*). Pentru experimentul FreeHand-GA, au fost colectate gesturi de la 30 de participanți, dintre care 20 de participanți cu vedere normală și 10 participanți cu diverse dizabilități de vedere.

În total, au fost achiziționate următoarele seturi de date:

1. În cadrul experimentului Static-TA au fost culese 26625 gesturi *touch* de la 54 de participanți (dintre care, 12426 gesturi *touch* de la 27 de participanți fără dizabilități de vedere și 14199 de la 27 de participanți cu dizabilități de vedere).



2. În cadrul experimentului Moving-TA au fost culese 24343 gesturi *touch* de la 54 de participanți (dintre care, 11017 gesturi *touch* de la 27 de participanți fără dizabilități de vedere și 13326 de la 27 de participanți cu dizabilități de vedere).
3. În cadrul experimentului Dense-TA au fost culese 11334 gesturi *touch* de la 54 de participanți (dintre care, 4960 gesturi *touch* de la 27 de participanți fără dizabilități de vedere și 6374 de la 27 de participanți cu dizabilități de vedere).
4. În cadrul experimentului Touch-GA au fost culese 6562 traiectorii gestuale *touch* de la 54 de participanți (dintre care, 3249 gesturi de la 27 de participanți fără dizabilități de vedere și 3313 de la 27 de participanți cu dizabilități de vedere).
5. În cadrul experimentului FreeHand-GA au fost culese 3600 de gesturi *free-hand* de la 30 de participanți (dintre care, 2400 gesturi de la 20 de participanți fără dizabilități de vedere și 1200 de la 10 participanți cu dizabilități de vedere).
6. Pentru condițiile de dizabilitate situațională (*walking* și *sunlight-glare*) au fost culese 11383 gesturi *touch* de la 11 participanți și 2400 traiectorii gestuale de la 10 participanți expuși în ambele condiții. Participanții au efectuat gesturile și în condițiile de control de la punctele 1 și 4.

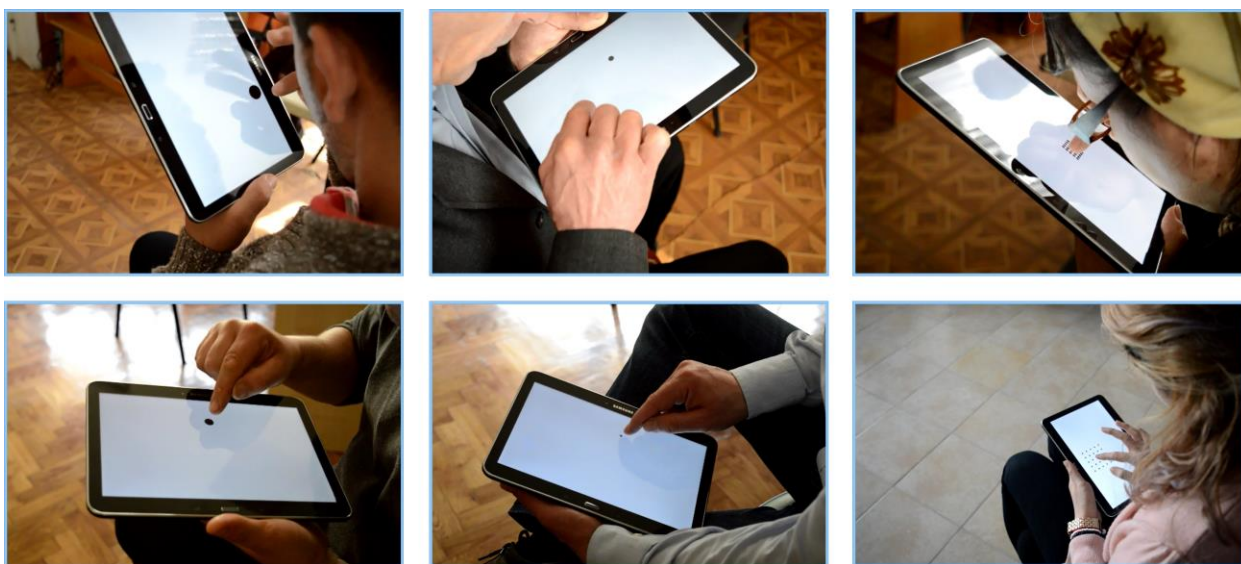


Figura 6. Imagini surprinse în timpul achiziției datelor gestuale de la participanți cu și fără dizabilități de vedere, executând diverse sarcini în cadrul experimentelor Static-TA, Moving-TA și Dense-TA.

În acest moment, aceste date reprezintă singurele disponibile în literatura domeniului de o asemenea amploare (ca număr de participanți) și complexitate a designului experimental (număr de scenarii evaluate). O parte din aceste date au fost făcute deja publice, fiind disponibile comunității științifice pe pagina proiectului. Restul datelor vor fi făcute de asemenea publice odată cu apariția primelor publicații din cadrul acestui proiect care le tratează direct.

No.	Participant (age, gender)	Eye condition [†]
1	P ₁₀₁ (21.6 yrs., female)	astigmatism, congenital nystagmus, strabismus, high myopia (OD= -9.00D, OS= -9.00D)
2	P ₁₀₂ (19.1 yrs., male)	chorioretinal degeneration, cataract, moderate to high myopia (OD= -6.00D, OS= -6.25D)
3	P ₁₀₄ (62.0 yrs., female)	congenital nystagmus, amblyopia, moderate myopia (OD= -4.00D, OS= -4.25D)
4	P ₁₀₅ (52.1 yrs., male)	congenital nystagmus, high myopia (OD= -16.00D, OS= -18.00D)
5	P ₁₀₆ (49.2 yrs., male)	congenital nystagmus, high myopia (OD= -12.50D, OS= -13.00D)
6	P ₁₀₇ (23.9 yrs., male)	congenital nystagmus, macular displasya, microphthalmus, moderate myopia (OD= -4.00D, OS= -4.50D)
7	P ₁₀₈ (53.4 yrs., female)	macular degeneration, optic nerve atrophy, moderate hyperopia (OD= +4.00D, OS= +4.50D)
8	P ₁₀₉ (31.1 yrs., male)	astigmatism, congenital nystagmus, high myopia (OD= -16.00D, OS= -16.25D)
9	P ₁₁₀ (33.5 yrs., female)	congenital nystagmus, high hyperopia (OD= +6.00D, OS= +6.25D)
10	P ₁₁₁ (33.5 yrs., female)	chorioretinal degeneration, moderate hyperopia (OD= +3.50, OS= +4.00D)
11	P ₁₁₃ (29.8 yrs., male)	astigmatism, congenital nystagmus, high myopia (OD= -8.00D, OS= -8.50D)
12	P ₁₁₄ (36.3 yrs., male)	severe amblyopia (OD= -6.00D, OS= -6.75D)
13	P ₁₁₆ (43.7 yrs., female)	congenital nystagmus, high myopia (OD= -11.00D, OS= -11.25D)
14	P ₁₁₇ (46.8 yrs., female)	degenerative high myopia (OD= -10.00D, OS= -11.00D), strabismus, macular choroiditis
15	P ₁₁₈ (29.2 yrs., female)	high myopia (OD= -6.25D, OS= -6.25D)
16	P ₁₂₀ (32.4 yrs., male)	astigmatism, chorioretinal degeneration, high myopia (OD= -16.00D, OS= -14.00D)
17	P ₁₂₂ (21.8 yrs., female)	moderate myopia (OD= -4.37, OS= -5.87)
18	P ₂₀₁ (18.4 yrs., female)	late congenital glaucoma (OD VA= 0.02, OS VA= 0.02)
19	P ₂₀₂ (18.8 yrs., female)	severe amblyopia (VA= 0.002), persistence of Cloquet's canal, persistent pupillary membrane, congenital ocular toxoplasmosis, compound myopic astigmatism
20	P ₂₀₃ (17.8 yrs., male)	optic nerve hypoplasia, congenital nystagmus, amblyopia (severe), sensory exotropia, ocular herpes (VA= 0.08)
21	P ₂₀₄ (18.6 yrs., female)	severe amblyopia (OD VA= 0.08, OS VA= 0.02)
22	P ₂₀₅ (16.8 yrs., male)	severe hypermetropia with astigmatism, amblyopia, anisometropia, congenital nystagmus (VA= 0.15)
23	P ₂₀₆ (16.5 yrs., female)	congenital nystagmus, glaucoma (with surgery), pseudophakia, amblyopia (VA= 0.10)
24	P ₂₀₇ (15.9 yrs., female)	retinopathy of prematurity (OS distinguishes hand motion, OD perception at 10 cm)
25	P ₂₀₈ (16.2 yrs., male)	sequelae of retinopathy of prematurity, total retinal detachment, aniridia, congenital cataract, amblyopia (severe), fixation nystagmus (OD: no light perception, OS VA= 0.2)
26	P ₂₀₉ (14.5 yrs., male)	hypermetropic astigmatism, severe amblyopia, paralytic strabismus (OD VA= 0.033, OS VA= 0.033)
27	P ₂₁₀ (15.3 yrs., female)	persistent hyperplastic primary vitreous, congenital nystagmus, alternating esotropia, pseudophakia (perceives hand motion, light perception)

Tabel 2. Detalii demografice privind cele 27 de persoane cu dizabilități de vedere care au participat în cadrul experimentelor Static-TA, Moving-TA, Dense-TA și Touch-GA.



1.4. Design și validare de noi metodologii pentru analiza performanței gestuale în situații deficitare vizual

Metodologia folosită pentru analiza performanței gestuale a utilizatorilor cu și fără dizabilități de vedere a constatat în: (a) mărimi de performanță a gesturilor *touch*, (b) analiza consensului privind execuția gestuală pentru grupuri distincte de participanți și (c) mărimi de performanță a gesturilor *free-hand*.

1.4.1 Analiza interacțiunii tactile: Mărimi de performanță a gesturilor de atingere

Următoarele mărimi ale performanței *touch* au fost propuse și evaluate pentru datele colectate:

1. **Rata de succes (SUCCES-RATE)** reprezintă procentul de sarcini finalizate de către un participant.
2. **Distanța față de țintă (OFFSET-DISTANCE)** reprezintă distanța Euclidiană măsurată între punctul atins de utilizator pe suprafața ecranului tactil și centrul țintei; mărime exprimată în milimetri.
3. **Presiunea atingerii (TOUCH-PRESSURE)** reprezintă presiunea aplicată de degetul utilizatorului pe suprafața tactilă în momentul atingerii țintei.
4. **Timpul de atingere (TOUCH-TIME)** reprezintă diferența de timp dintre momentul în care degetul a fost ridicat de pe suprafața tactilă și momentul din trecut în care acesta a atins suprafața.
5. **Timpul de căutare vizuală (VISUAL-SEARCH-TIME)** reprezintă diferența de timp dintre momentul în care degetul atinge pentru prima dată suprafața tactilă și momentul din trecut al afișării țintei.
6. **Cantitatea de mișcare a dispozitivului (DEVICE-ADJUSTMENT-PRETOUCH)** reprezintă mișcarea totală, raportată de către accelerometrul înglobat în dispozitivul *smart*, realizată înaintea atingerii.

Și alte mărimi au fost explorate în timpul analizei datelor gestuale, însă cele șase descrise mai sus au dovedit cea mai bună capacitate de a reflecta diferențele de performanță dintre participanții cu și fără dizabilități de vedere. În continuare, pentru a nu aglomera raportarea, discutăm pe scurt rezultate principale obținute doar pentru câteva dintre aceste mărimi:

- (1) **Participanții cu dizabilități de vedere au înregistrat o precizie mai slabă de atingere a țintelor touch decât participanții fără dizabilități** (în medie, 5.67 mm versus 2.31 mm pentru experimentul Static-TA, 5.59 mm versus 3.34 mm pentru Moving-TA și 3.45 mm versus 1.73 mm pentru experimentul Dense-TA), observație valabilă pentru fiecare condiție a factorilor controlați (dimensiunea țintei, locația țintei, viteza de deplasare, distanța dintre ținte, etc.); Figurile 7-9.
- (2) **Participanții cu dizabilități de vedere au avut nevoie de un timp de atingere a țintelor mai mare decât participanții fără dizabilități** (în medie, 138.8 ms versus 83.6 ms pentru experimentul Static-TA, 129.6 ms versus 92.5 ms pentru Moving-TA și 175.1 ms versus 79.3 ms pentru Dense-TA), observație valabilă pentru fiecare condiție a factorilor controlați (dimensiunea țintei, locația țintei, viteza de deplasare, distanța dintre ținte); vezi Figurile 10-12.
- (3) **Participanții cu dizabilități de vedere au aplicat o presiune pe suprafața tactilă mai redusă decât participanții fără dizabilități** (în medie, 0.103 versus 0.112 pentru Static-TA, 0.119 versus 0.131 pentru Moving-TA și 0.111 versus 0.117 pentru Dense-TA), observație valabilă pentru fiecare condiție a factorilor controlați pentru fiecare din cele trei experimente; vezi Figurile 13-15. Aceste rezultate scot în evidență un potențial aspect al nesiguranței asociată succesului atingerii precise a țintelor localizate doar vizual pe ecranul dispozitivului mobil.

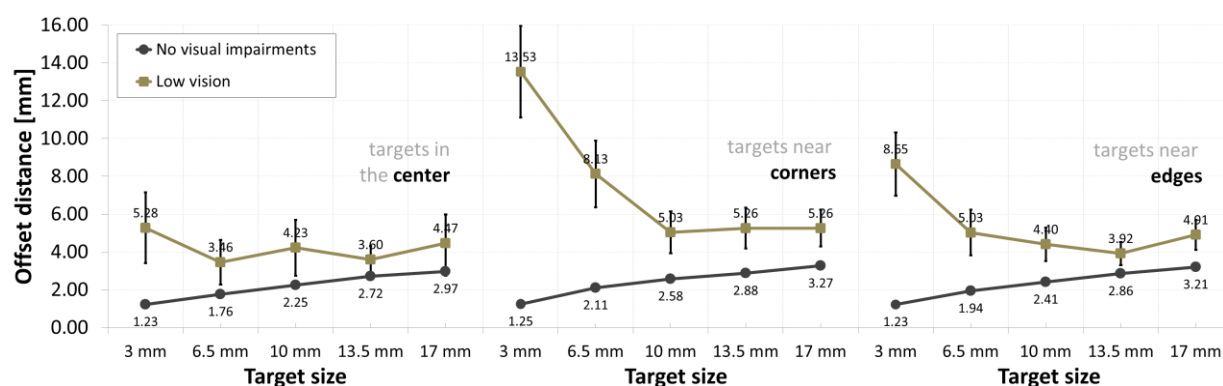


Figura 7. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

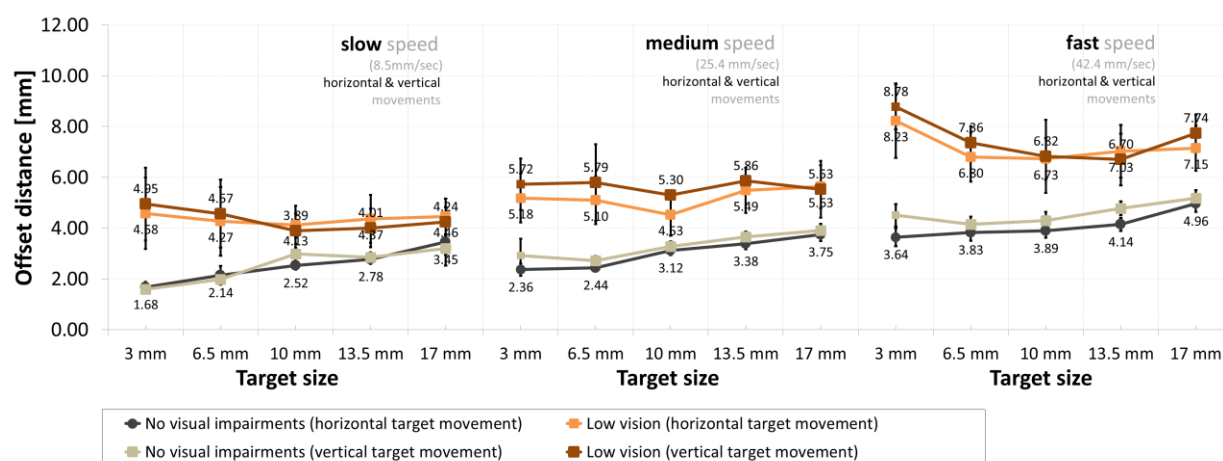


Figura 8. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza pe ecranul tactil (experimentul Moving-TA).

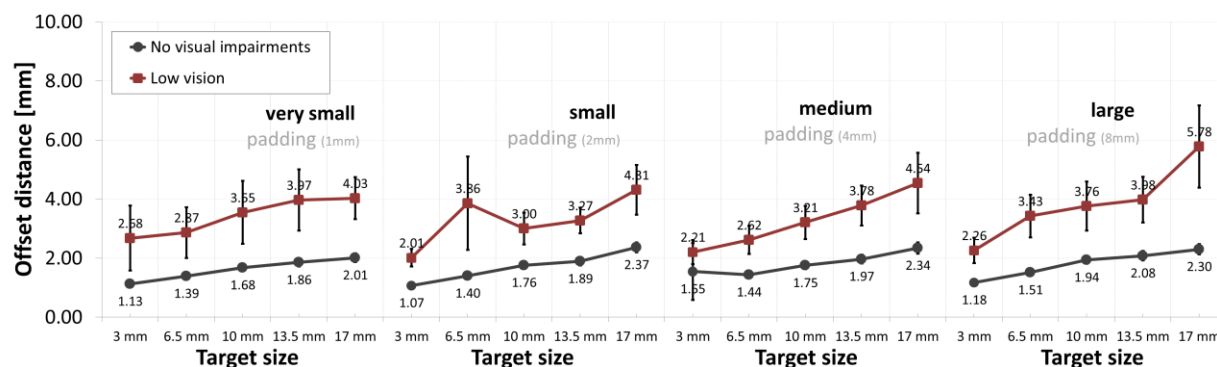


Figura 9. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de țintele învecinate (experimentul Dense-TA).



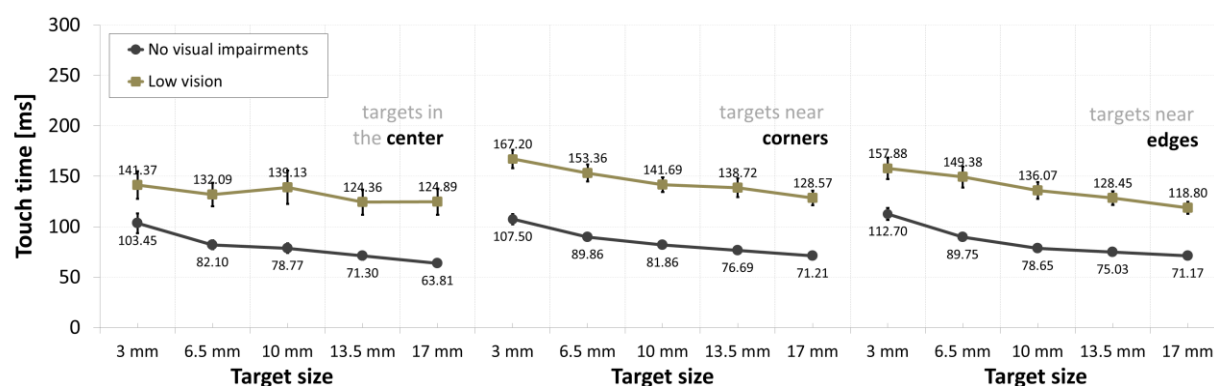


Figura 10. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

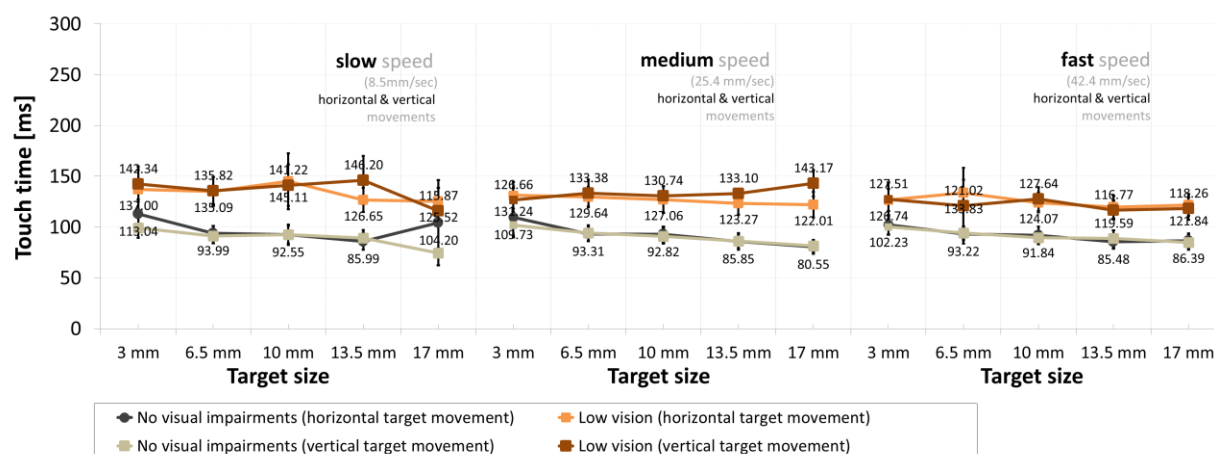


Figura 11. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza pe ecranul tactil (experiența Moving-TA).

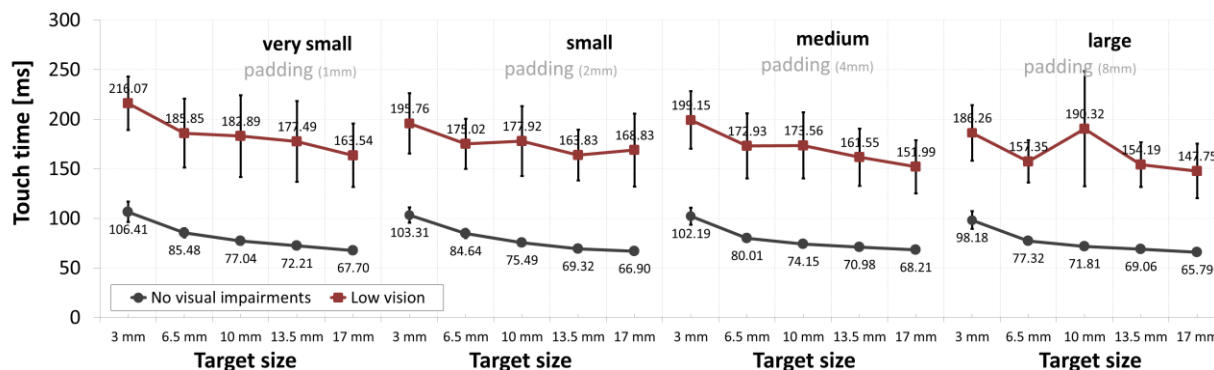


Figura 12. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de țintele învecinate (experimentul Dense-TA).

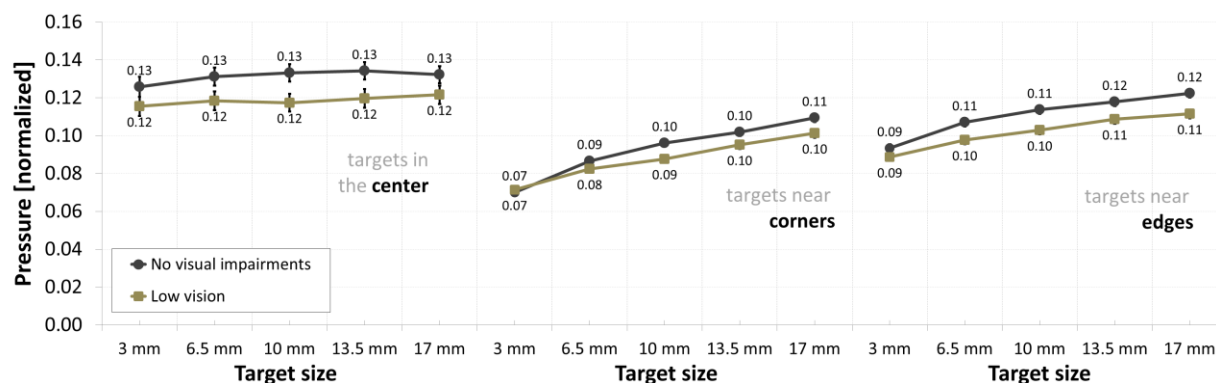


Figura 13. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

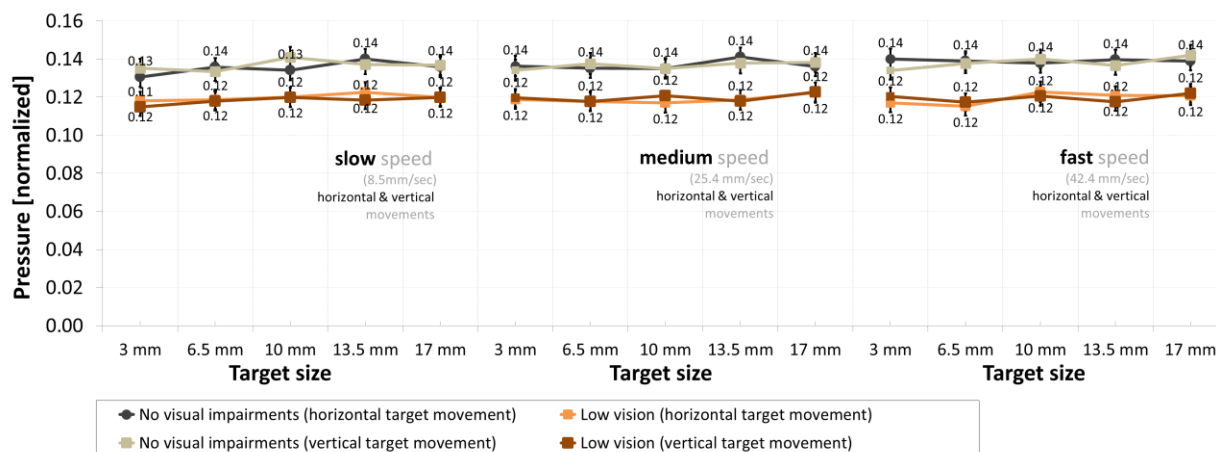


Figura 14. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza țintei pe ecranul tactil (experimentul Moving-TA).

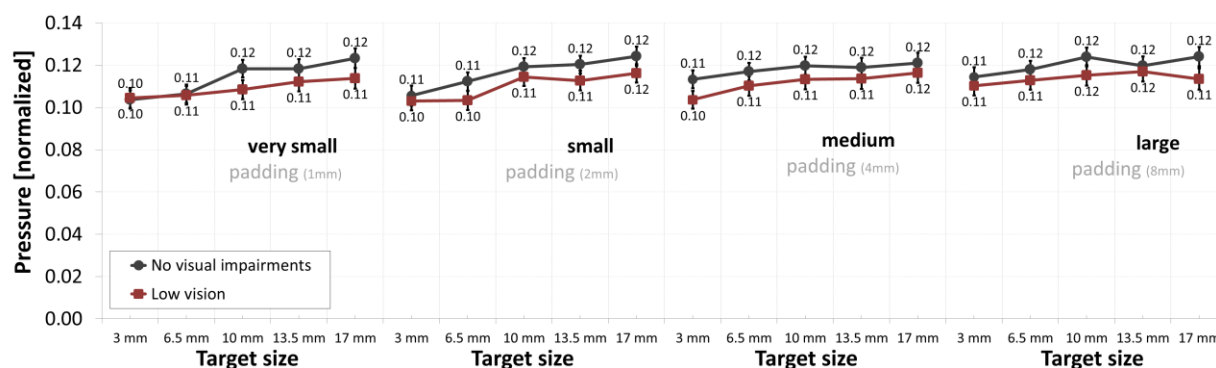


Figura 15. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de țintele învecinate (experimentul Dense-TA).



1.4.2 Analiza execuției traiectoriilor gestuale ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere

Pentru analiza traiectoriilor gesturilor pe suprafațe tactile (*en.*: stroke-gestures), am folosit următoarele mărimi selectate din Vatavu *et al.* (2013), conform metodologiei descrise în propunerea de proiect:

1. **Eroarea formei (SHAPE-ERROR)** reprezintă distanța Euclidiană dintre forma geometrică a gestului examinat și un model gestual ideal denumit „axă de sarcină gestuală”, exprimată în milimetri.
2. **Variabilitatea formei (SHAPE-VARIABILITY)** reprezintă deviația standard a măsurătorilor localizate în fiecare punct al formei gestului examinat față de modelul gestual, exprimată în milimetri.
3. **Eroarea de lungime (LENGTH-ERROR)** măsoară tendința utilizatorului de „a alungi” forma unui gest față de model, calculată ca diferența în modul a lungimilor celor două gesturi.
4. **Eroarea de mărime (SIZE-ERROR)** măsoară tendința utilizatorului de a alungi forma unui gest față de modelul gestual, calculată ca diferența în modul dintre ariile celor două gesturi, în mm^2 .
5. **Eroarea de îndoire (BENDING-ERROR)** măsoară tendința utilizatorului de „a îndoi” forma unui gest, calculată ca diferența în modul a unghiurilor tangentelor la curbele celor două gesturi, în radiani.
6. **Eroarea de timp (TIME-ERROR)** reprezintă diferența dintre timpul de articulație a gestului examinat și cel al modelului gestual, exprimată în milisecunde.
7. **Eroarea numărului de componente (STROKE-COUNT-ERROR)** reprezintă diferența dintre numărul de componente (*en.*: strokes) ale gestului examinat și cel al modelului gestual; adimensională.

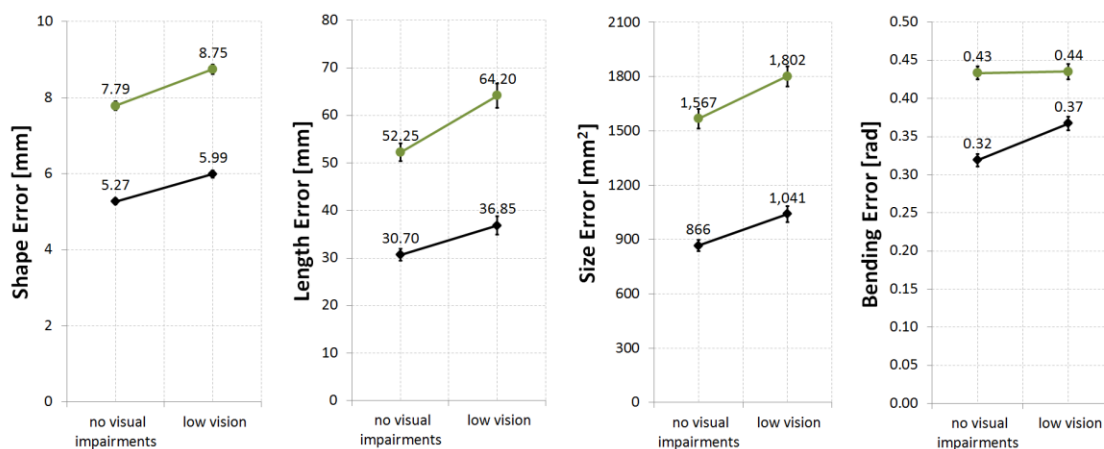


Figura 16. Caracterizarea geometrică a execuțiilor gestuale *touch* ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere pentru gesturile din Figura 4 (experimentul Touch-GA).

Participanții cu dizabilități de vedere au realizat gesturi mai puțin precise în ce privește eroarea față de modele de antrenare (8.75 mm versus 7.79 mm în medie), lungimea gesturilor (64.20 mm versus 52.25 mm), aria (1802 mm^2 versus 1567 mm^2), respectiv unghiul total al traiectoriei (0.37 versus 0.32 rad); vezi Figura 16. De asemenea, gesturile executate de către participanții cu dizabilități de vedere au prezentat o variație mai mare decât cea a participanților cu vedere normală și din perspectiva timpului (2149ms versus 1243 ms) și vitezei de execuție (variații medii de 152 mm/s versus 122mm/s); Figura 17. Din punctul de vedere al structurii gesturilor, participanții cu dizabilități de vedere au prezentat variații mai mari reflectate în erorile numărului de componente (0.63 versus 0.58 pentru Stroke-Error, respectiv 346

mm versus 331 mm pentru Stroke-Order-Error); Figura 17. Aceste rezultate arată nevoia de algoritmi de recunoaștere toleranți față de variațiile geometrice ale gesturilor, cum sunt cei descriși în continuare.

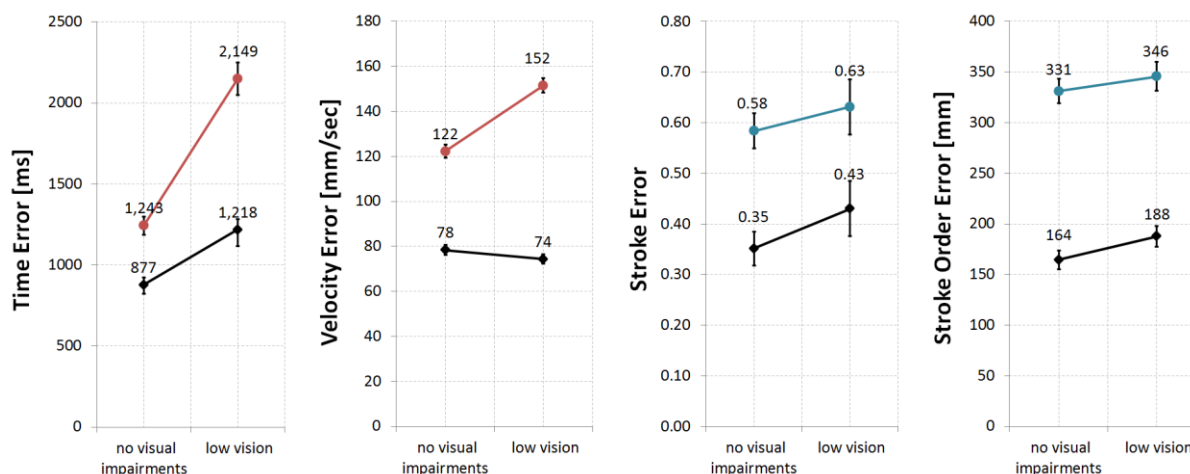


Figura 17. Caracterizarea cinematică și de structură a execuțiilor gestuale *touch* ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere pentru gesturile din Figura 4 (experimentul Touch-GA).

Aceste rezultate privind cuantificarea numerică și analiza diferențelor dintre traiectoriile gestuale *touch* realizate de către persoanele cu și fără dizabilități de vedere pe dispozitive cu ecran tactil au fost acceptate pentru publicare în revista *IEEE Pervasive Computing*:

Radu-Daniel Vatavu, Bogdan-Florin Gheran, Maria Doina Schipor. The Impact of Low Vision on Touch Gesture Articulation on Mobile Devices. *IEEE Pervasive Computing*.

LUCRARE ACCEPTATĂ, AFLATĂ ÎN PUBLICARE

IF: 3.250 | 5-Year IF: 3.640 (JCR 2016)

1.4.3 Analiza consensului privind execuția gestuală

În vederea înțelegerii amănunțite a diferențelor de execuție gestuală dintre persoanele cu și fără dizabilități de vedere, am propus o extindere a unei metodologii științifice din literatura domeniului, și anume analiza datelor experimentale rezultate din studii participative (Wobbrock *et al.*, 2005; Wobbrock *et al.*, 2009). Extinderea a vizat analiza consensului privind execuția gestuală pentru *grupuri diferite* de utilizatori (*en.: between-subjects studies*) și a constat în următoarele contribuții științifice:

1. Propunerea unor **noi mărimi numerice** pentru calculul ratei de consens în execuția gesturilor realizate de utilizatori aparținând unor grupuri distincte:

$$\mathcal{AR}(r, G_i) = \frac{a_i}{n_i} = \frac{\sum_{p=1}^{|G_i|} \sum_{q=p+1}^{|G_i|} \delta_{p,q}(r)}{\frac{1}{2}|G_i|(|G_i| - 1)} \quad (1)$$

unde $|G_i|$ reprezintă numărul de utilizatori din grupul i , a_i numărul de perechi de utilizatori care sunt în consens privind execuția gestului r , n_i numărul total de perechi din grupul i , iar $\delta_{p,q}$, urmând notației lui Kronecker, evaluează binar consensul dintre utilizatorii p și q ; vezi Vatavu și Wobbrock (2016) pentru mai multe detalii în lucrarea publicată cu aceste rezultate. De asemenea, am introdus și definit rata de consens pentru un număr de k grupuri distincte de utilizatori (*en.: between-groups coagreement rate*):

$$CR_b(G_1, G_2, \dots, G_k) = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k \sum_{p=1}^{|G_i|} \sum_{q=1}^{|G_j|} \delta_{p,q}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=i+1}^k |G_i| \cdot |G_j|} \quad (2)$$

2. Introducerea unui **nou test statistic** pentru aprecierea semnificației statistice a diferenței dintre ratele de consens obținute pentru execuția gesturilor realizate de grupuri distincte de utilizatori. Testul constă în calculul probabilității de a observa o configurație particulară a consensului pentru cele k grupuri distincte de utilizatori supuse evaluării:

$$\pi_{a_1, a_2, \dots, a_k | n_1, n_2, \dots, n_k} = \prod_{i=1}^k \frac{f_{a_i | n_i}}{\sum_{\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_k} \prod_{i=1}^k f_{\epsilon_i | n_i}} \quad (3)$$

unde $f_{a_i | n_i}$ reprezintă numărul de moduri în care poate fi observat un număr de exact a_i perechi de participanți aflați în consens dintr-un număr de n_i perechi pentru grupul G_i .

Aceste rezultate au fost publicate în cadrul conferinței CHI 2016, **conferință cu rang ARC A* aflată pe primul loc în topul primelor 20 de publicații din domeniul Human-Computer Interaction**⁷, publicații ordonate descrescător după indicele h_5 . Lucrarea a fost indexată ISI Thompson Web of Knowledge.

Radu-Daniel Vatavu, Jacob O. Wobbrock. 2016. Between-Subjects Elicitation Studies: Formalization and Tool Support. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 3390-3402.

<http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858228>

ISI WOS:000380532903037 | **Conferință ARC A***

Noua metodologie a fost aplicată pentru a examina diferențele de consens dintre modurile de realizare a gesturilor adoptate de către participanții cu și fără dizabilități de vedere. În medie, participanții fără dizabilități de vedere au înregistrat un consens mai ridicat față de participanții cu dizabilități de vedere, atât în ce privește valorilor de consens individuale ($AR = .808$ versus $AR = .762$), cât și privind consensul calculat pentru fiecare grup în parte ($AR = .549$ versus $AR = .404$), vezi Figura 18. Pentru exemplificarea variației prezente în gesturile realizate de către participanți, Figura 19 ilustrează toate execuțiile înregistrate pentru gestul *star* de la cei 54 de participanți din experimentul Touch-GA.



Figura 18. Ratele de consens privind execuția gesturilor *touch* (vezi Figura 4) calculate la nivel de grup pentru participanții cu și fără dizabilități de vedere.

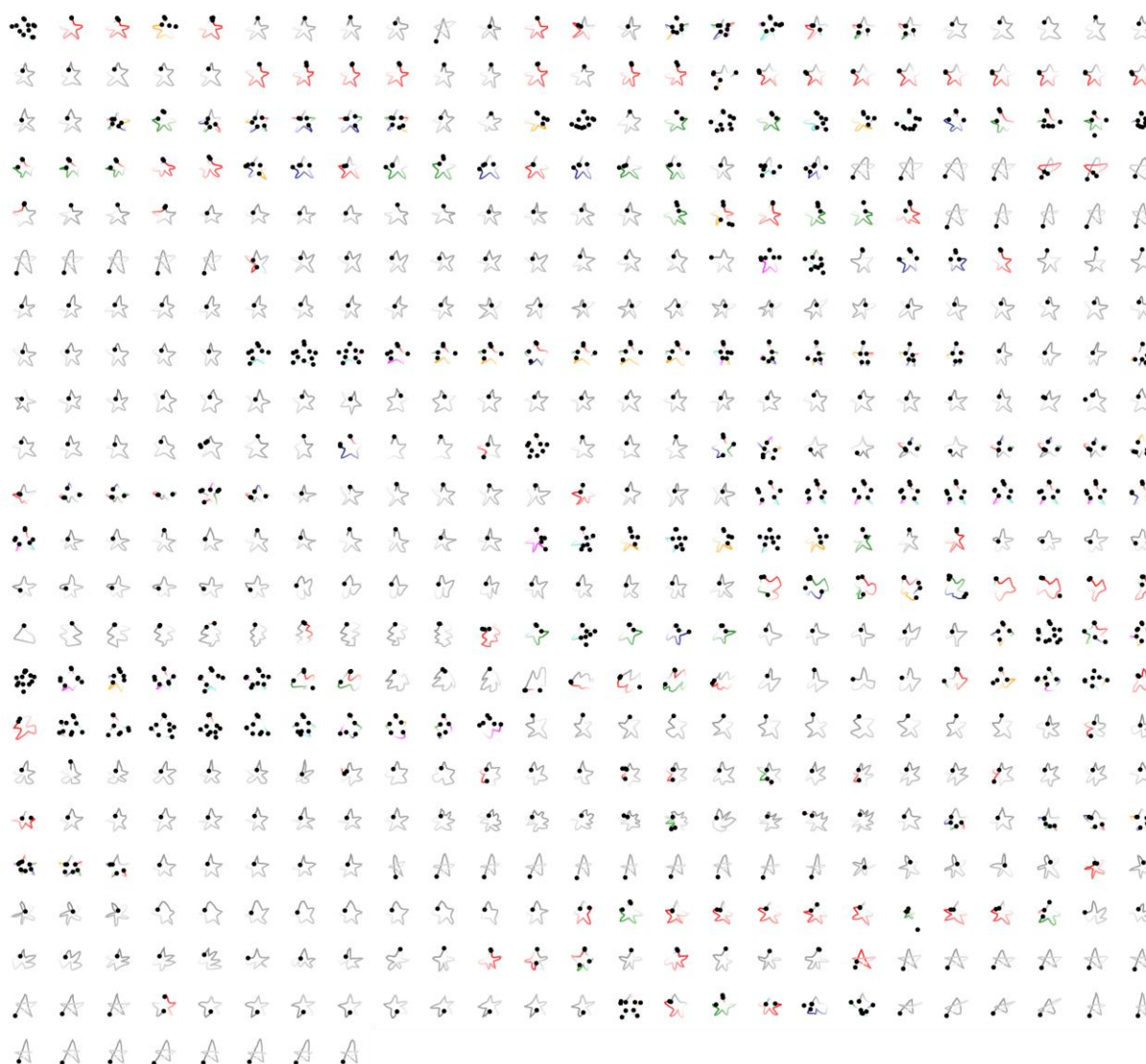


Figura 19. Cele 558 de execuții ale gestului *star* colectate de la participanții fără dizabilități de vedere (partea de sus) și cu dizabilități de vedere (jumătatea de jos a figurii).

1.4.4 Analiza gesturilor *free-hand*: Mărimi de performanță gestuală

Un gest *free-hand* este definit ca o mulțime de posturi ale mâinii, $\{(P_i, t_i) \mid i = 1..n\}$, fiecare postură $P_i = \{p_{i,j} \mid j = 1..m\}$ fiind reprezentată de un număr fix de puncte 3-D raportate la momentul t_i de un senzor de achiziție a mișcării, cum ar fi senzorul Leap Motion folosit în acest proiect. Pornind de la această definiție, au fost propuse și evaluate diverse mărimi, dintre care menționăm patru în continuare:

1. **Lungimea gestului (PATH-LENGTH)** reprezintă suma totală a distanțelor Euclidiene dintre două posturi succesive ale mâinii, evaluată în unități fizice, *e.g.*, milimetri sau centimetri.
2. **Volumul mâinii (HAND-VOLUME)** reprezintă media volumelor cuboidelor care circumscriu toate degetele fiecărei mâini ale fiecărei posturi; mărime exprimată în mm^3 sau cm^3 .
3. **Timpul total de execuție a gestului (ARTICULATION-TIME)**, evaluat în milisekunde.
4. **Viteza de execuție (ARTICULATION-SPEED)**, definită ca raportul dintre PATH-LENGTH și ARTICULATION-TIME; exprimată în mm/ms sau cm/s .

În continuare, din motive de brevită a raportului, sunt prezentate rezultatele pentru doar două dintre aceste mărimi, și anume lungimea absolută a gesturilor (mărime geometrică) și timpul de articulație (mărime cinematică). În medie, persoanele cu dizabilități de vedere au executat gesturi *free-hand* de o lungime similară cu cea a persoanelor fără dizabilități (1.78 m versus 1.81 m), vezi Figura 20, dar care au necesitat mai mult timp pentru a fi executate (1897 ms versus 1757 ms), vezi Figura 21.

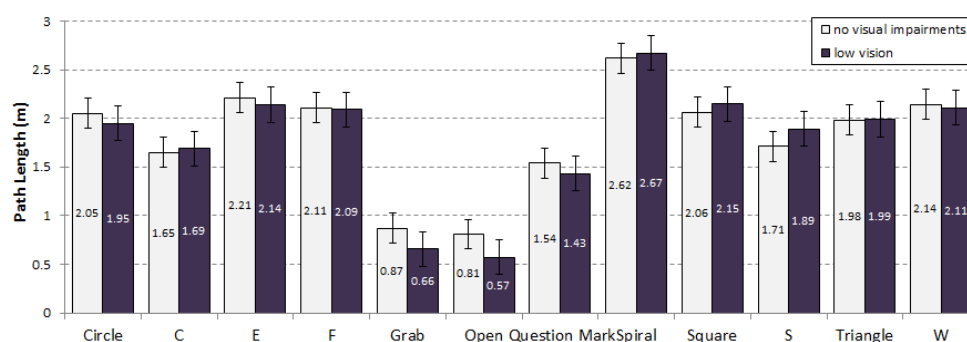


Figura 20. Lungimea gesturilor *free-hand* executate de participanții cu și fără dizabilități de vedere.

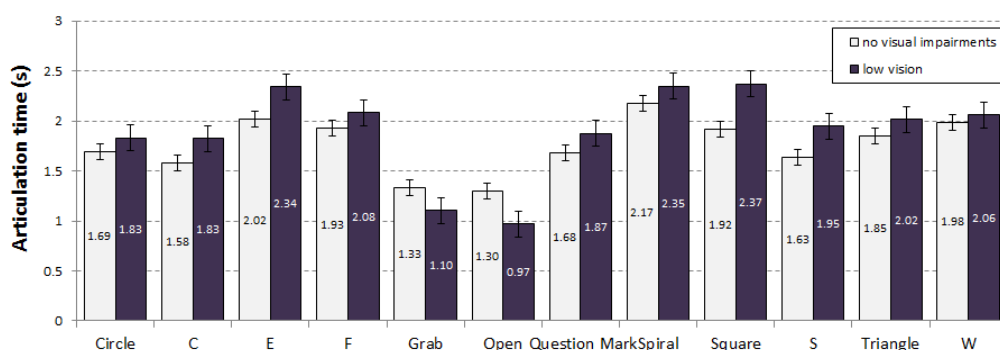


Figura 21. Timpul de articulație al gesturilor *free-hand* al participanților cu și fără dizabilități de vedere.

2. DEZVOLTARE DE ALGORITMI EFICIENȚI PENTRU RECUNOAȘTEREA GESTURILOR ÎN SITUAȚII DE DIZABILITATE VIZUALĂ

Pentru recunoașterea gesturilor *touch* și *free-hand* au fost propuse trei modificări ale celui mai flexibil algoritm de recunoaștere a gesturilor din literatură, ȘP (Vatavu *et al.*, 2012), pentru a crește acuratețea acestuia în clasificarea gesturilor realizate de către persoane cu dizabilități de vedere, precum și pentru a extinde aria sa de acoperire către noi tipuri de gesturi.

O primă contribuție algoritmică a constat în extinderea algoritmului ȘP pentru gesturi reprezentate prin mai multe puncte (*i.e.*, mai multe degete care ating suprafața tactilă în același timp), caracterizate nu doar de coordonatele (x, y), cât mai ales de modul în care s-a realizat atingerea (*i.e.*, elipsa de atingere caracteristică fiecărui deget în contact cu suprafața tactilă); Figura 22. Intuiția care a informat această contribuție a fost dată de faptul că utilizatorii ating ecranul într-un mod personal iar caracteristicile de atingere pot contribui la creșterea acurateții de clasificare a gesturilor acestora. Algoritmul rezultat a fost denumit SmartTouch (Mott *et al.*, 2016) cu următoarea măsură de disimilaritate:

$$D(g_1, g_2) = \sum_{i=1}^N \|g_{1(k_1(i))} - g_{2(k_2(i))}\| = \sum_{i=1}^N (w_1 \cdot \delta + w_2 \cdot M + w_3 \cdot m + w_4 \cdot \theta)$$

unde cele două gesturi, g_1 și g_2 pot avea un număr variabil de puncte n , respectiv m , care sunt aliniate într-un număr de N pași; δ reprezintă distanța Euclidiană dintre punctele $g_{1(k_1(i))}$ și $g_{2(k_2(i))}$, folosită de către varianta inițială a algoritmului ȘP (Vatavu *et al.*, 2012); M și m reprezintă diferența în modul a lungimilor axelor mari și mici ale elipselor de atingere asociate celor două puncte; θ este diferența în modul a orientării celor două elipse; iar w_j ($j=1..4$) sunt coeficienți din intervalul $[0..1]$ care specifică importanța fiecărei componente în calculul distanțelor dintre punctele celor două gesturi.

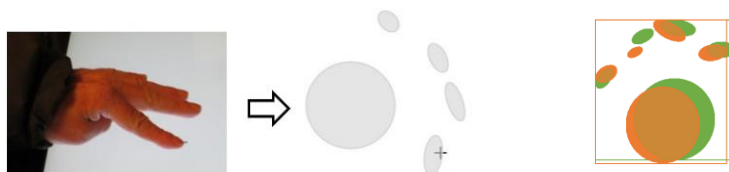


Figura 22. Prima extensie a algoritmului de clasificare a gesturilor ȘP (Vatavu *et al.*, 2012), denumită *SmartTouch*, extinde funcționarea algoritmului pentru gesturi reprezentate prin “elipse de atingere” care sunt clasificate folosind o nouă măsură a disimilarității.

Aceste rezultate au fost publicate în cadrul conferinței CHI 2016, **conferință cu rang ARC A* aflată pe primul loc în topul primelor 20 de publicații din domeniul Human-Computer Interaction**⁸, publicații ordonate descrescător după indicele h_5 . Lucrarea a fost indexată ISI Thompson Web of Knowledge și a fost distinsă cu premiul **Best Paper Award**.

⁸ Top publications - Human Computer Interaction

https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&vq=eng_humancomputerinteraction



Martez E. Mott, Radu-Daniel Vatavu, Shaun K. Kane, Jacob O. Wobbrock. (2016). Smart Touch: Improving Touch Accuracy for People with Motor Impairments with Template Matching. In *Proceedings of CHI '16, the 34th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (San Jose, California, USA, May 2016). New York: ACM Press, 1934-1946.

<http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858390>

ISI WOS:000380532903037

Conferință ARC A*

BEST PAPER AWARD

O a doua contribuție algoritmică a constat în extinderea algoritmului \$P\$ pentru a folosi informația de vecinătate a fiecărui punct aflat pe traiectoria gestuală, informație reprezentată de unghiul tangentei la curba gestului în punctul respectiv (Figura 23a), pentru a crește acuratețea de clasificare a gesturilor *touch* (Figura 23b). Măsura de disimilaritate folosită de noul algoritm \$P+\$ este:

$$\delta(C, T) = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{i-1}{n}\right) \cdot \|C_i - T_j\|$$

unde distanța dintre punctele \$C_i\$ aparținând gestului candidat, respectiv \$T_j\$ aparținând gestului model ia în considerare și vecinii acestora prin intermediul unghiului \$\theta\$:

$$\|C_i - T_j\| = \sqrt{(C_{i,x} - T_{j,x})^2 + (C_{i,y} - T_{j,y})^2 + (C_{i,\theta} - T_{j,\theta})^2}$$

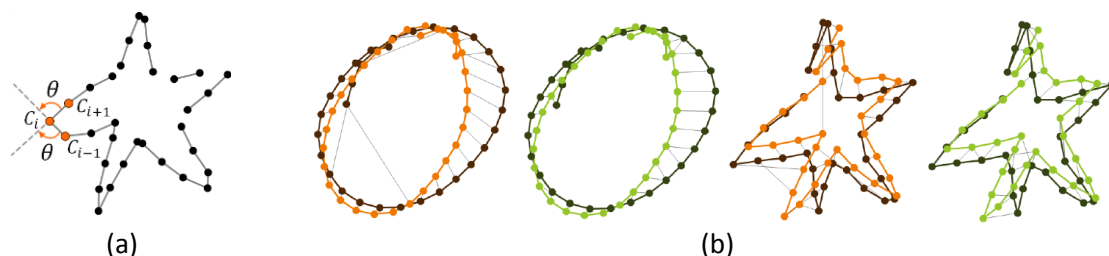


Figura 23. A doua extensie a algoritmului de clasificare a gesturilor \$P\$ (Vatavu *et al.*, 2012), denumită \$P+\$, permite alinieri punct-la-punct multiple (b) și folosește informații legate de conexiunile dintre puncte pentru a crește acuratețea clasificării (a).

Partea principală a algoritmului \$P+\$ este prezentată în pseudocod în Figura 24, în timp ce algoritmul complet este descris pe pagina proiectului.

A treia contribuție algoritmică a constat în extinderea aplicabilității algoritmului \$P\$ pentru a clasifica secvențe complexe de mișcare a mâinii în loc de simple traiectorii de puncte 2-D. Mișcarea mâinii este reprezentată sub forma unei secvențe de posturi iar fiecare postură este descrisă printr-un număr de puncte 3-D reprezentând vârfurile, respectiv încheieturile degetelor. Distanța Euclidiană dintre două puncte în plan a fost actualizată cu o nouă măsură de disimilaritate dintre două posturi ale mâinii. Pseudocodul complet pentru \$P\$ *free-hand* este disponibil pe pagina proiectului.

\$P++RECOGNIZER (POINTS C , TEMPLATES $templates$)

```

1:  $n \leftarrow 32$ 
2: NORMALIZE( $C$ ,  $n$ )
3:  $score \leftarrow \infty$ 
4: for all  $T$  in  $templates$  do
5:   NORMALIZE( $T$ ,  $n$ ) // should be pre-processed
6:    $d \leftarrow \min(\text{CLOUD-DISTANCE}(C, T), \text{CLOUD-DISTANCE}(T, C))$ 
7:   if  $score > d$  then
8:      $score \leftarrow d$ 
9:      $result \leftarrow T$ 
10: return  $\langle result, score \rangle$ 

```

CLOUD-DISTANCE (POINTS C , POINTS T , int n)

```

1:  $matched \leftarrow \text{new bool}[n]$ 
2:  $sum \leftarrow 0$ 
3: // match points from cloud  $C$  with points from  $T$ ; 1-to-many matchings allowed
4: for  $i = 1$  to  $n$  do
5:    $min \leftarrow \infty$ 
6:   for  $j = 1$  to  $n$  do
7:      $d \leftarrow \text{POINT-DISTANCE}(C_i, T_j)$ 
8:     if  $d < min$  then
9:        $min \leftarrow d$ 
10:       $index \leftarrow j$ 
11:    $matched[index] \leftarrow \text{true}$ 
12:    $sum \leftarrow sum + min$ 
13: // match remaining points  $T$  with points from  $C$ ; 1-to-many matchings allowed
14: for all  $j$  such that not  $matched[j]$  do
15:    $min \leftarrow \infty$ 
16:   for  $i = 1$  to  $n$  do
17:      $d \leftarrow \text{POINT-DISTANCE}(C_i, T_j)$ 
18:     if  $d < min$  then  $min \leftarrow d$ 
19:    $sum \leftarrow sum + min$ 
20: return  $sum$ 

```

POINT-DISTANCE (POINT a , POINT b)

```

1: return  $\left( (a.x - b.x)^2 + (a.y - b.y)^2 + (a.\theta - b.\theta)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$ 

```

NORMALIZE (POINTS $points$, int n)

```

1:  $points \leftarrow \text{RESAMPLE}(points, n)$ 
2: SCALE( $points$ )
3: TRANSLATE-TO-ORIGIN( $points$ ,  $n$ )
4: COMPUTE-NORMALIZED-TURNING-ANGLES( $points$ ,  $n$ )

```

COMPUTE-NORMALIZED-TURNING-ANGLES (POINT C , int n)

```

1:  $C_{1.\theta} \leftarrow 0, C_{n.\theta} \leftarrow 0$ 
2: for  $i = 2$  to  $n - 1$  do
3:    $C_{i.\theta} \leftarrow \frac{1}{\pi} \arccos \left( \frac{(C_{i+1.x} - C_{i.x}) \cdot (C_{i.x} - C_{i-1.x}) + (C_{i+1.y} - C_{i.y}) \cdot (C_{i.y} - C_{i-1.y})}{\|C_{i+1} - C_i\| \cdot \|C_i - C_{i-1}\|} \right)$ 
4: return

```

Figura 24. Partea principală a algoritmului \$P+ de recunoaștere a gesturilor. Algoritmul complet în pseudocod este disponibil pe pagina proiectului.



Figura 25a,b prezintă performanțele de clasificare înregistrate de către algoritmul \$P+\$ față de versiunea \$P\$ (Vatavu *et al.*, 2012) pentru gesturile *touch* efectuate de către participanții cu dizabilități de vedere, precum și comparația directă dintre performanța înregistrată de \$P+\$ și cea a altor algoritmi folosiți în literatură pentru recunoașterea gesturilor (Wobbrock *et al.*, 2007; Li, 2010; Kara și Stahovich, 2004). \$P+\$ a înregistrat în medie (pentru diverse scenarii de antrenare) o performanță de clasificare de 94.7%, cu +10.9% peste următorul algoritm din clasament (\$P\$), +13.9% performanță suplimentară față de DTW, etc.; vezi Figura 25c. \$P+\$ aduce și o viteză de clasificare de 3 ori mai rapidă față de \$P\$; vezi Figura 26.

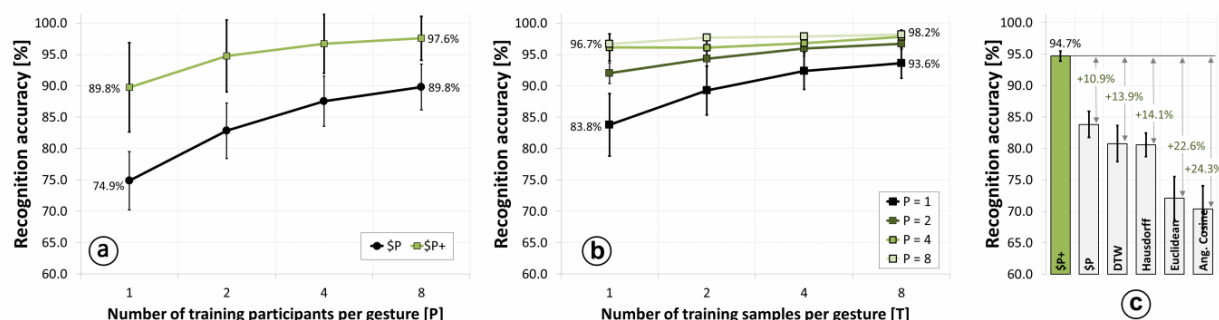


Figura 25. Rata de recunoaștere (*user-independent*) pentru gesturi executate de persoane cu dizabilități de vedere: (a) comparație directă dintre \$P+\$ și \$P\$; (b) efectul numărului de participanți \$P\$ și a numărului de exemple de antrenare \$T\$ asupra ratei de recunoaștere a algoritmului \$P+\$; (c) creșterea în acuratețe adusă de \$P+\$ comparativ cu alți algoritmi din literatură.

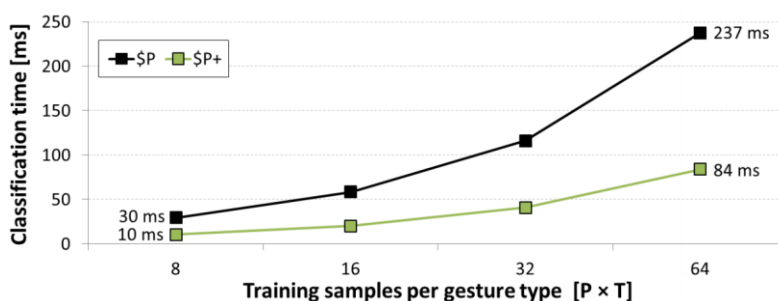


Figura 26. Timpul de clasificare \$P+\$ versus \$P\$ în funcție de dimensiunea setului de antrenare.

Aceste rezultate au fost publicate în cadrul conferinței CHI 2017, **conferință cu rang ARC A*** aflată pe primul loc în topul primelor 20 de publicații din domeniul Human-Computer Interaction⁹, publicații ordonate descrescător după indicele h_5 .

Radu-Daniel Vatavu. (2017). Improving Gesture Recognition Accuracy on Touch Screens for Users with Low Vision. In *Proceedings of CHI '17, the 35th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (Denver, Colorado, USA, May 2017). New York: ACM Press, 4667-4679.
<http://dx.doi.org/10.1145/3025453.3025941>
Conferință ARC A*

3. TEHNICI DE INTERACȚIUNE GESTUALĂ PENTRU SITUAȚII DEFICITARE VIZUAL

3.1. Tehnici de selecție pe dispozitive smart

Rezultatele experimentale privind analiza performanței participanților cu dizabilități de vedere cu gesturi de atingere *touch* au indicat erori mai mari pentru selecția țintelor decât în cazul participanților fără dizabilități. Recomandarea imediată care rezultă pentru proiectarea interfețelor bazate pe gesturi *touch* pentru persoanele cu dizabilități de vedere este de a mări suprafața activă a acestor ținte. Din păcate însă, implementarea unei astfel de soluții conduce la diminuarea numărului de ținte (e.g., butoane) care pot fi afișate simultan pe suprafața limitată a ecranelor dispozitivelor mobile, în special pentru cele mai mici (de exemplu, dispozitive cum ar fi Samsung Galaxy Gear S au ecrane foarte mici, cu diagonala de doar 50.9 mm). În consecință, am optat pentru diverse abordări privind tehnici de interacțiune gestuală pentru astfel de situații deficitare vizual, concretizate în următoarele contribuții:

- (1) Introducerea unui nou concept de țintă *touch* cu răspuns specific și configurabil pentru atingeri multiple (*multi-touch*), reprezentate de unul, două, sau trei degete care ating ținta simultan (pe sau în vecinătatea țintei respective). În funcție de numărul de degete detectate de suprafața tactilă, acțiunea lansată poate fi diferită de la caz la caz. Am denumit tehnicile asociate acestor ținte 1-2-Tap, respectiv 1-2-3-Tap, pentru a face distincția față de operația de atingere obișnuită Tap; vezi Figura 27a,b,c. Totuși, pentru ca 1-2-Tap și, mai ales, 1-2-3-Tap să poată funcționa pentru ecrane și ținte (butoane) mici, coordonatele tuturor degetelor sunt folosite pentru a calcula centrul de greutate al acestora, folosit pentru testarea condiției de atingere a țintei. Astfel, suprafața activă a unei ținte pe un ecran tactil este mărită în două moduri: *fizic*, ca urmare a observațiilor experimentale ce recomandă ținte de dimensiuni mai mari pentru situații deficitare vizual, dar și *virtual*, datorită faptului ca selecția poate fi realizată corect chiar dacă degetele sunt poziționate în jurul suprafeței fizice a țintei respective. De asemenea, funcționalitatea unei ținte (buton) este augmentată cu până la 3 acțiuni distincte, reducând astfel necesarul de butoane ce trebuie afișate simultan pe ecranele cu dimensiuni reduse.

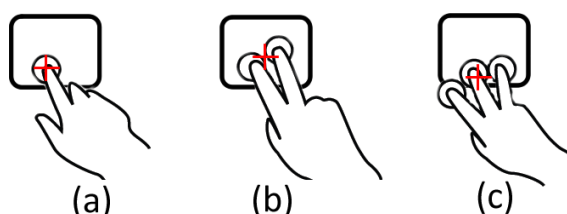


Figura 27. Butoanele 1-2-Tap (b) și 1-2-3-Tap (c) augmentează interacțiunea *touch* simplă (a) prin lansarea de acțiuni diferite în funcție de numărul de degete care ating ecranul simultan pe sau în vecinătatea țintei. *Notă:* centrul de greutate al tuturor degetelor, care activează de fapt ținta *touch*, este figurat distinct printr-un simbol de culoare roșie; selecția țintei este realizată corect chiar și în situația în care degetele nu ating direct ținta respectivă.¹⁰

¹⁰Sursa imaginilor folosite pentru reprezentarea mâinii utilizatorului în vederea realizării ilustrațiilor 1-2-Tap și 1-2-3-Tap au fost oferite de <http://gestureworks.com> sub licența Creative Commons Attribution Sharealike.



(2) Observațiile experimentale realizate în cadrul acestui proiect au reliefat multe diferențe de performanță *touch* dintre persoanele cu și fără dizabilități de vedere. Prin urmare, pentru a adresa proiectarea de tehnici de interacțiune gestuală pentru situații deficitare vizual cu aplicabilitate mult mai largă, am formulat un set de recomandări de proiectare pentru interfețele bazate pe gesturi de atingere *touch* pentru persoanele cu dizabilități de vedere:

- (a) Proiectarea de ținte *touch* de dimensiune cel puțin 10 mm pentru ținte statice și între 10 și 17 mm (și chiar mai mari) pentru țintele dinamice sau animate. Această recomandare este o consecință directă a rezultatelor experimentale care au arătat o rată de succes în atingerea țintelor de 97% pentru dimensiuni de cel puțin 10 mm. În funcție de viteza de animație a țintelor dinamice, dimensiunea acestor ținte trebuie proiectată corespunzător, datorită dificultății crescute de a le selecta precis; de exemplu, țintele de 10 mm aflate în mișcare la o viteză de 42.4mm/s au avut o rată de succes de doar 43%.
- (b) Folosirea animațiilor țintelor aflate la periferia câmpului vizual sau lângă marginile ecranului dispozitivului mobil pentru îmbunătățirea timpului de localizare a acestora. De asemenea, este recomandată favorizarea plasării țintelor către centrul ecranului, unde sunt atinse cu o precizie mai ridicată de către persoanele cu dizabilități de vedere comparativ cu țintele plasate în colțuri sau la marginile ecranului.
- (c) Acceptarea ca fiind corectă a atingerilor aflate în afara, dar totuși în vecinătatea unei ținte, într-o abordare flexibilă privind limitele exterioare din jurul țintelor în care o atingere le poate activa. O astfel de recomandare se încadrează în contextul mai larg al înțelegerii utilizatorului și adaptarea la nevoile și particularitățile acestuia. De exemplu, rezultatele experimentale au arătat un efect statistic semnificativ al variabilei *participant* asupra ratei de succes, erorii de atingere, timpului de atingere și presiunii aplicate pe suprafața ecranului tactil ($p < .001$). Aceste rezultate sugerează nevoia de flexibilitate în interfețele *touch* destinate persoanelor cu dizabilități de vedere, în direcția design-ului bazat pe abilități (Wobbrock *et al.*, 2011; Gajos *et al.*, 2007).
- (d) Folosirea de feedback corespunzător pentru semnalarea atingerii corecte sau eronate (în continuare, prezentăm un exemplu de feedback audio, respectiv vibrotactil pentru tastaturile care implementează butoanele 1-2-Tap și 1-2-3-Tap).
- (e) Folosirea contextului în care este produsă o atingere pe ecranul tactil. Contextul este reprezentat de totalitatea informațiilor legate de dispozitiv, aplicație și atingerea propriu-zisă care pot ajuta la estimarea țintei ce s-a dorit a fi atinse, chiar în condiția unei atingeri eronate, în afara razei de acțiune a țintei respective.
- (f) Folosirea locațiilor țintelor pe ecran și a animațiilor pentru asistarea percepției vizuale. Rezultatele experimentale au arătat faptul că participanții cu dizabilități de vedere au realizat selecții mai precise pentru ținte în contexte dense decât pentru ținte izolate (erori de 3.84 mm versus 6.3 mm, de exemplu). Aceste rezultate pot fi explicate prin combinarea caracteristicilor similare ale obiectelor la nivelul pre-atențional (Pylyshyn, 2001), creierul având iluzia percepției unui singur obiect, în acest caz, mai mare.



- (g) Furnizarea de soluții alternative pentru atingerea unei ținte, de exemplu, folosirea de traiectorii gestuale sub forma de scurtături pentru execuția anumitor funcții.

Aceste rezultate privind implicațiile de proiectare, împreună cu o analiză a aspectelor neurobiologice și neurocognitive aferente, au fost publicate parțial în următoarele două lucrări, aflate în prezent în proces de indexare ISI, conform <http://www.ehbconference.ro>:

Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2017). Neurobiological and Neurocognitive Models of Vision for Touch Input on Mobile Devices. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. (Sinaia, Romania, June 2017). IEEE Press, 353-356.

<https://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995434>

Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2017). Coping Strategies of People with Low Vision for Touch Input: A Lead-in Study. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. (Sinaia, Romania, June 2017). IEEE Press, 357-360.

<http://dx.doi.org/10.1109/EHB.2017.7995435>

3.2. Tehnici de introducere a simbolurilor pe dispozitive smart

Pentru introducerea de simboluri pe dispozitivele smart, au fost întreprinse două abordări:

- (1) Introducerea de text pe dispozitive cu ecran tactil folosind un nou model de tastatură soft (1-2-Text sau 1-2-3-Text) care implementează butoanele 1-2-Tap, respectiv 1-2-3-Tap cu asocieri multiple între numărul de degete care ating simultan ecranul și caracterul rezultat, folosind drept structură de aranjare a tastelor cea corespunzătoare modelului T9¹¹. De exemplu, o atingere cu două degete a butonului "DEF" al modelului T9 va avea drept rezultat afișarea literei "E". La apăsarea unui buton, tastatura furnizează feedback vibrotactil (e.g., trei vibrații pentru trei degete care ating simultan ecranul), respectiv auditiv (caracterul este prezentat audio). Evaluările realizate au arătat că tastatura soft 1-2-3-Text oferă o performanță Keystrokes per Character (KSPC, vezi MacKenzie, 2002) în valoare de 1.76, cu 31% mai bună decât varianta standard T9 (KSPC=2.32). Modelele de tastaturi 1-2-Text și 1-2-3-Text au fost implementate în JavaScript pentru a fi accesibile de pe orice platformă cu un browser instalat.
- (2) Introducerea de simboluri numerice (cifrele 0..9) reprezintă un scenariu care apare frecvent în practică pentru introducerea codurilor, a datelor bancare, a numerelor de telefon, sau pentru autentificare și, din păcate, se dovedește a fi o încercare pentru persoanele cu dizabilități de vedere (Azenkot *et al.*, 2012; Azenkot *et al.*, 2013). Soluția propusă în cadrul acestui proiect folosește gesturi *free-hand* achiziționate folosind senzorul Leap Motion și recunoscute cu ajutorul algoritmului SP *free-hand*. Pentru asocierea dintre gesturi și cifre, am preferat gesturile executate cu o singură mână din motive legate de ergonomie și simplitatea execuției și, astfel,

¹¹ [https://en.wikipedia.org/wiki/T9_\(predictive_text\)](https://en.wikipedia.org/wiki/T9_(predictive_text))



am adoptat posturile folosite în cultura chineză¹², pentru care am achiziționat exemple de gesturi de la 11 participanți. Realizarea unui gest în zona activă de detecție a senzorului Leap Motion are drept efect introducerea cifrei corespunzătoare.

3.3. Feedback vibrotactil pentru interacțiunea în situații deficitare vizual

Pe lângă formele de feedback auditiv și vibrotactil implementate pentru tastaturile soft 1-2-Text și 1-2-3-Text, a fost explorat și un nou concept privind furnizarea de informații pe cale vibrotactilă *în timpul manipulării conținutului digital* prezent pe un dispozitiv mobil *smart* prin intermediul gesturilor și posturilor mâinii. În această direcție, am plecat de la ipoteza conform căreia o lipsă a percepției vizuale a conținutului digital are efecte directe asupra modului de manevrare a acestuia și, prin urmare, un feedback corespunzător trebuie furnizat utilizatorului la nivelul degetelor și mâinii care operează conținutul respectiv. Figura 28 ilustrează un astfel de scenariu de utilizare: un obiect digital (de exemplu, o imagine) este selectat și apoi preluat de pe un dispozitiv *smart* cu ecran tactil (a) iar, în momentul ridicării mâinii în aer (b), acesta vibrează cu o frecvență și amplitudine care relevă tipul său (e.g., un obiect de tip imagine). În continuare, obiectul digital este manevrat în lumea fizică în afara dispozitivului, putând fi trecut dintr-o mână în alta (c) sau atașat obiectelor fizice (d), până în momentul când revine pe dispozitivul *smart* printr-un nou gest de atingere, reluându-și forma de manifestare vizuală (e). Am denumit noul concept *digital vibrans*, în analogie cu particule din fizica teoretică care își manifestă prezența prin vibrații. Astfel de rezultate permit continuarea proiectului în noi direcții interesante pentru interacțiunea prin gesturi cu conținut digital *fără feedback vizual* în afara dispozitivelor mobile.

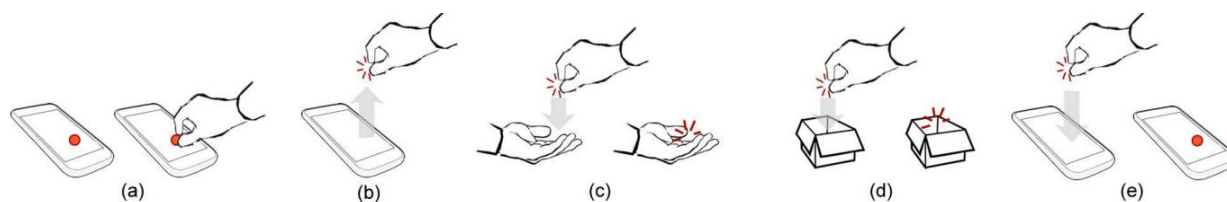


Figura 28. Un obiect digital este selectat (a) și ridicat în aer deasupra dispozitivului mobil (b), moment în care începe să își manifeste prezența prin vibrații controlate de un dispozitiv miniatural purtat pe degetul utilizatorului. Obiectul poate fi transferat în diverse locații fizice (c,d) și înapoi pe dispozitivul *smart* unde își va relua forma vizuală (e).

Aceste rezultate au fost publicate în cadrul conferinței ACM MobileHCI 2016, cu o rată de acceptare a lucrărilor de 23.9%:

Radu-Daniel Vatavu, Annette Mossel, and Christian Schöner. 2016. Digital vibrans: understanding users' perceptions of interacting with invisible, zero-weight matter. In *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 217-226.
<http://dx.doi.org/10.1145/2935334.2935364>

4. REZULTATE

Rezultatele obținute au fost diseminate în cadrul a 14 publicații științifice în reviste și conferințe relevante pentru încadrarea proiectului în domeniul interacțiunii om-calculator, dintre care două articole în reviste cu **factor de impact** de **1.118**, respectiv **3.250**, patru articole în cadrul conferinței **ACM CHI**, conferință cu rang **ARC A*** aflată pe primul loc în topul primelor 20 de publicații din domeniul **Human-Computer Interaction**¹³, precum și obținerea unui premiu **Best Paper Award (CHI 2016)**. O serie de lucrări au fost realizate în cadrul unor colaborări efectuate cu cercetători aparținând unor instituții de prestigiu din străinătate. Lista completă a lucrărilor științifice este prezentată în continuare:

1. Radu-Daniel Vatavu, Bogdan-Florin Gheran, Maria-Doina Schipor. (2018). The Impact of Low Vision on Touch Gesture Articulation on Mobile Devices. *IEEE Pervasive Computing*
IF: 3.250 | 5-Year IF: 3.640 (JCR 2016)
Lucrare acceptată, aflată în publicare
2. Radu-Daniel Vatavu. (2017). Visual Impairments and Mobile Touchscreen Interaction: State-of-the-Art, Causes of Visual Impairment, and Design Guidelines. *International Journal of Human-Computer Interaction* 33 (6). Taylor & Francis, 486-509
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10447318.2017.1279827>
IF: 1.118 | 5-Year IF: 1.396 (JCR 2016)
3. Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2017). Neurobiological and Neurocognitive Models of Vision for Touch Input on Mobile Devices. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. (Sinaia, Romania, June 2017). IEEE Press, 353-356
DOI: <https://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995434>
Lucrare aflată în proces de indexare ISI, conform <http://www.ehbconference.ro/>
4. Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2017). Coping Strategies of People with Low Vision for Touch Input: A Lead-in Study. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. (Sinaia, Romania, June 2017). IEEE Press, 357-360
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/EHB.2017.7995435>
Lucrare aflată în proces de indexare ISI, conform <http://www.ehbconference.ro/>
5. Luis A. Leiva, Daniel Martín-Albo, Radu-Daniel Vatavu. (2017). Synthesizing Stroke Gestures Across User Populations: A Case for Users with Visual Impairments. In *Proceedings of CHI '17, the 35th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (Denver, Colorado, USA, May 2017). New York: ACM Press, 4182-4193
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3025453.3025906>
ACCEPTANCE RATE: 25% (600/2400)
Conferință ARC CORE A*
6. Radu-Daniel Vatavu. (2017). Improving Gesture Recognition Accuracy on Touch Screens for Users with Low Vision. In *Proceedings of CHI '17, the 35th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (Denver, Colorado, USA, May 2017). New York: ACM Press, 4667-4679

¹³ Top publications - Human Computer Interaction

https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&vq=eng_humancomputerinteraction



DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3025453.3025941>

ACCEPTANCE RATE: 25% (600/2400)

Conferință ARC CORE A*

7. Yosra Rekik, Radu-Daniel Vatavu, Laurent Grisoni. (2017). Spontaneous Gesture Production Patterns on Multi-touch Interactive Surfaces. In C. Anslow et al. (Eds.) *Collaboration Meets Interactive Spaces*. Springer International Publishing Switzerland, 33-46

DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45853-3_3

8. Bogdan-Florin Gheran. (2016). Design and Engineering of Software Applications for Touch Input Collection on Mobile Devices. In *Proceedings of the 11th International Conference on Virtual Learning* (Craiova, Romania, October 2016). 323-328

9. Radu-Daniel Vatavu, Annette Mossel, Christian Schönauer. (2016). Digital Vibrons: Understanding Users' Perceptions of Interacting with Invisible, Zero-Weight Matter. In *Proceedings of MobileHCI '16, the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*. (Florence, Italy, September 2016). New York: ACM Press, 217-226.

ACCEPTANCE RATE: 23.9% (57/238)

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2935334.2935364>

10. Radu-Daniel Vatavu, Jacob O. Wobbrock. 2016. Between-Subjects Elicitation Studies: Formalization and Tool Support. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 3390-3402.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858228>

ISI WOS:000380532903037

ACCEPTANCE RATE: 23.9% (57/238)

Conferință ARC CORE A*

11. Martez E. Mott, Radu-Daniel Vatavu, Shaun K. Kane, Jacob O. Wobbrock. (2016). Smart Touch: Improving Touch Accuracy for People with Motor Impairments with Template Matching. In *Proceedings of CHI '16, the 34th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. (San Jose, California, USA, May 2016). New York: ACM Press, 1934-1946.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858390>

ISI WOS:000380532903037

ACCEPTANCE RATE: 23.9% (57/238),

Conferință ARC CORE A*, BEST PAPER AWARD

12. Radu-Daniel Vatavu. (2016). Tools for Designing for Home Entertainment: Gesture Interfaces, Augmented Reality, and Smart Spaces. In *Proc. of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '16)*. ACM, New York, NY, USA, 1003-1006.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2851581.2856676>

13. Bogdan-Florin Gheran, Gabriel Cramariuc, Ionela Rusu, Elena-Gina Craciun. (2016). Tools for Collecting Users' Touch and Free-Hand Gestures on Mobile Devices in Experimental Settings. In *Proceedings of the 13th Int. Conference on Development and Application Systems* (May 2016). IEEE Press, 248-253.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DAAS.2016.7492581>

ISI WOS:00038322220004

14. Dorin-Mircea Popovici, Radu-Daniel Vatavu, and Mihai Polceanu. 2015. GRASphere: a prototype to augment indirect touch with grasping gestures. In *Proceedings of the 14th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '15)*. ACM, New York, NY, USA, 350-354.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2836041.2841206>

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele obținute în perioada octombrie 2015 – septembrie 2017 descrise în prezentul raport științific, deplasările efectuate, colaborările întreprinse și diseminarea realizată, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse în această perioadă, considerăm obiectivele proiectului pentru perioada octombrie 2015 – septembrie 2017 îndeplinite în procent de 100%.

Referințe

- (Anderson *et al.*, 2015) Anderson, F., Grossman, T., Wigdor, D., Fitzmaurice, G. 2015. Supporting Subtlety with Deceptive Devices and Illusory Interactions. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 1489-1498. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2702123.2702336>
- (Anthony *et al.*, 2013) Lisa Anthony, Radu-Daniel Vatavu, and Jacob O. Wobbrock. 2013. Understanding the consistency of users' pen and finger stroke gesture articulation. In *Proceedings of Graphics Interface 2013 (GI '13)*. Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, Canada, 87-94. DOI: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2532129.2532145>
- (Anthony și Wobbrock, 2010) Lisa Anthony and Jacob O. Wobbrock. 2010. A Lightweight Multistroke Recognizer for User Interface Prototypes. In *Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)*. Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, Canada, 245–252. DOI: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1839214.1839258>
- (Azenkot *et al.*, 2012) Azenkot, S., Rector, K., Ladner, R., Wobbrock, J.O. 2012. PassChords: secure multi-touch authentication for blind people. In *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (ASSETS '12)*. ACM, New York, NY, USA, 159-166. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2384916.2384945>
- (Azenkot *et al.*, 2013) Shiri Azenkot, Cynthia L. Bennett, and Richard E. Ladner. 2013. DigiTaps: eyes-free number entry on touchscreens with minimal audio feedback. In *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '13)*. ACM, New York, NY, USA, 85-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2501988.2502056>
- (Boring *et al.*, 2012) Sebastian Boring, David Ledo, Xiang 'Anthony' Chen, Nicolai Marquardt, Anthony Tang, and Saul Greenberg. 2012. The fat thumb: using the thumb's contact size for single-handed mobile interaction. In *Proceedings of the 14th*



- international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services (MobileHCI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 39-48. DOI: <https://doi.org/10.1145/2371574.2371582>
- (Elton și Nicolle, 2010) Elton, E.M. and Nicolle, C.A. 2010. The importance of context in inclusive design. *Contemporary Ergonomics*, Taylor & Francis, *Proceedings of the Ergonomics Society Contemporary Ergonomics*, 1-16
- (Gajos et al., 2007) Krzysztof Z. Gajos, Jacob O. Wobbrock, and Daniel S. Weld. 2007. Automatically generating user interfaces adapted to users' motor and vision capabilities. In *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '07)*. ACM, New York, NY, USA, 231-240. DOI: <https://doi.org/10.1145/1294211.1294253>
- (ICD, 2016) International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10)-WHO Version for 2016. <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en#/H54.1>
- (Isokoski, 2001) Poika Isokoski. 2001. Model for Unistroke Writing Time. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*. ACM, New York, NY, USA, 357-364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/365024.365299>
- (Kara și Stahovich, 2004) Levent Burak Kara, Thomas F. Stahovich. 2004. Hierarchical parsing and recognition of hand-sketched diagrams. In *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '04)*. ACM, New York, NY, USA, 13-22. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1029632.1029636>
- (Koike et al., 2013) Koike, H., Matoba, Y., Takahashi, Y. 2013. AquaTop display: interactive water surface for viewing and manipulating information in a bathroom. In *Proceedings of the 2013 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces (ITS '13)*. ACM, New York, NY, USA, 155-164. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2512349.2512815>
- (Li, 2010) Yang Li. 2010. Protractor: a fast and accurate gesture recognizer. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 2169-2172. DOI: <https://doi.org/10.1145/1753326.1753654>
- (Li et al., 2010) Li, F.C.Y, Dearman, D., Truong, K.N. 2010. Leveraging proprioception to make mobile phones more accessible to users with visual impairments. In *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (ASSETS '10)*. ACM, New York, NY, USA, 187-194. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1878803.1878837>
- (MacKenzie, 2002) MacKenzie, I. S. 2002. KSPC (keystrokes per character) as a characteristic of text entry techniques. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices (LNCS 2411)*, pp. 195-210. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag
- (Mott et al., 2016) Martez E. Mott, Radu-Daniel Vatavu, Shaun K. Kane, and Jacob O. Wobbrock. 2016. Smart Touch: Improving Touch Accuracy for People with Motor Impairments with Template Matching. In *Proceedings of the 2016 CHI*

- Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 1934-1946. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858390>
- (Nicolle și Elton, 2015) Nicolle, C., Elton, E. Understanding everyday activities in context. <http://designingwithpeople.rca.ac.uk/understanding-everyday-activities-in-context>
- (Pier și Goldberg, 2005) Pier, M.D. Goldberg, I.R. 2005. Using water as interface media in VR applications. In *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction (CLIHIC '05)*. ACM, New York, NY, USA, 162-169. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1111360.1111377>
- (Pylyshyn, 2001) Pylyshyn, Z. W., 2001. Visual indexes, preconceptual objects, and situated vision. *Cognition* 80 (1), 127–158
- (Rico și Brewster, 2009) Rico, J., Brewster, S. 2009. Gestures all around us: user differences in social acceptability perceptions of gesture based interfaces. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '09)*. ACM, New York, NY, USA, , Article 64 , 2 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1613858.1613936>
- (Rico și Brewster, 2010) Rico, J., Brewster, S. 2010. Usable gestures for mobile interfaces: evaluating social acceptability. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 887-896. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1753326.1753458>
- (Vatavu et al., 2011) Radu-Daniel Vatavu, Daniel Vogel, Géry Casiez, and Laurent Grisoni. 2011. Estimating the Perceived Difficulty of Pen Gestures. In *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 International Conference on Human-computer Interaction, Volume Part II (INTERACT'11)*. Springer, Berlin, Heidelberg, 89–106. DOI: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2042118.2042130>
- (Vatavu et al., 2012) Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, and Jacob O. Wobbrock. 2012. Gestures as point clouds: a \$P recognizer for user interface prototypes. In *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction (ICMI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 273-280. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2388676.2388732>
- (Vatavu et al., 2013) Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, and Jacob O. Wobbrock. 2013. Relative accuracy measures for stroke gestures. In *Proceedings of the 15th ACM on International conference on multimodal interaction (ICMI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 279-286. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2522848.2522875>
- (Vatavu and Wobrock, 2016) Radu-Daniel Vatavu and Jacob O. Wobbrock. 2016. Between-Subjects Elicitation Studies: Formalization and Tool Support. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 3390-3402. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2858036.2858228>
- (Vogel și Balakrishnan, 2010) Vogel, D., Balakrishnan, R. 2010. Occlusion-aware interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 263-272. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1753326.1753365>
- (Vogel și Baudisch, 2007) Daniel Vogel and Patrick Baudisch. 2007. Shift: a technique for operating pen-based interfaces using touch. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on*



- Human Factors in Computing Systems (CHI '07)*. ACM, New York, NY, USA, 657-666. DOI: <https://doi.org/10.1145/1240624.1240727>
- (Vogel și Casiez, 2012) Vogel, D., Casiez, G. 2012. Hand occlusion on a multi-touch tabletop. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 2307-2316. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2207676.2208390>
- (Wiese et al., 2013) Wiese, J., Saponas, T.S., Bernheim Brush, A.J. 2013. Phoneprioception: enabling mobile phones to infer where they are kept. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 2157-2166. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2481296>
- (Wobbrock et al., 2005) Jacob O. Wobbrock, Htet Htet Aung, Brandon Rothrock, and Brad A. Myers. 2005. Maximizing the guessability of symbolic input. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '05)*. ACM, New York, NY, USA, 1869-1872. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1056808.1057043>
- (Wobbrock et al., 2007) Jacob O. Wobbrock, Andrew D. Wilson, and Yang Li. 2007. Gestures Without Libraries, Toolkits or Training: A \$1 Recognizer for User Interface Prototypes. In *Proceedings of the 20th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '07)*. ACM, New York, NY, USA, 159–168. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1294211.1294238>
- (Wobbrock et al., 2009) Wobbrock, J.O., Morris, M.R., Wilson, A.D. 2009. User-defined gestures for surface computing. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09)*. ACM, New York, NY, USA, 1083-1092. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1518701.1518866>
- (Wobbrock et al., 2011) Jacob O. Wobbrock, Shaun K. Kane, Krzysztof Z. Gajos, Susumu Harada, and Jon Froehlich. 2011. Ability-Based Design: Concept, Principles and Examples. *ACM Trans. Access. Comput.* 3, 3, Article 9 (April 2011), 27 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1952383.1952384>

