

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului

INTERFEȚE GESTUALE PENTRU CONTEXTE INTERACTIVE DEFICITARE VIZUAL

în perioada ianuarie – decembrie 2016

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
Obiective științifice și activități aferente etapei II, anul 2016	3
1. ÎNȚELEGEREA ȘI EVALUAREA TIPARELOR GESTUALE PENTRU SITUAȚII DEFICITARE VIZUAL: SETURI DE DATE, SOFTWARE ȘI METODOLOGIE	4
1.1. Implementare de aplicații software pentru achiziția gesturilor de tip <i>touch</i> și <i>free-hand</i> în contexte experimentale.....	4
1.2. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale	6
1.3. Design și validare de noi metodologii pentru analiza performanței gestuale în situații deficitare vizual	10
1.3.1 Analiza interacțiunii tactile: Mărimi de performanță <i>touch</i>	10
1.3.2 Metodologie pentru analiza consensului privind execuția gestuală	11
1.3.3 Analiza gesturilor <i>free-hand</i> : Mărimi de performanță gestuală	12
1.4. Rezultate experimentale.....	13
1.4.1 Performanța <i>touch</i> a persoanelor cu și fără dizabilități de vedere	13
1.4.2 Analiza execuției traiectoriilor gestuale ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere	17
1.4.3 Analiza consensului gesturilor <i>touch</i> pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere	18
1.4.4 Analiza gesturilor <i>free-hand</i> pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere.....	20
2. DEZVOLTARE DE ALGORITMI EFICIENȚI PENTRU RECUNOAȘTEREA GESTURILOR ÎN SITUAȚII DE DIZABILITATE VIZUALĂ.....	21
2.1. Recunoașterea gesturilor <i>touch</i> și <i>free-hand</i>	21
3. Publicații realizate în cadrul etapei.....	24
Referințe	25



Introducere în tematica proiectului

Prin acest proiect dorim să facem interfețele gestuale ale dispozitivelor mobile *smart* mai accesibile persoanelor cu dizabilități de vedere, precum și persoanelor cu vedere normală care se regăsesc ocazional în situații de dizabilitate vizuală, *i.e.*, situații în care nu pot privi direct ecranul dispozitivului *smart*, însă interacțiunea cu acesta este necesară. Scopul general al proiectului este de a înțelege efectele dizabilității vizuale asupra performanței interacțiunii gestuale cu dispozitive mobile *smart* și, prin urmare, de a dezvolta și evalua noi algoritmi de recunoaștere a gesturilor și noi tehnici de interacțiune pentru a ajuta utilizatorii să-și depășească dizabilitatea vizuală, de natură fiziologică sau situațională.

Prezentul proiect își fixează următoarele obiective generale care reflectă multiplele fațete ale investigației noastre științifice, și anume *înțelegerea, designul 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 natura 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 de interacțiune gestuală pentru asistarea utilizatorilor în timpul interacțiunii cu dispozitive mobile *smart* în condiții de dizabilitate vizuală.

Obiective științifice și activități aferente etapei II, anul 2016

Pentru anul 2016, planul de realizare a proiectului prevede următoarele obiective și activități aferente:

- (1) **Obiectiv 2.1.** Înțelegerea și evaluarea tiparelor gestuale pentru situații deficitare vizual: seturi de date, software și metodologie
 - Activitate 2.1.1. Implementare software pentru achiziție gesturi *touch* și *free-hand* în contexte experimentale
 - Activitate 2.1.2. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale de la utilizatori cu dizabilitate vizuală
 - Activitate 2.1.3. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale de la utilizatori cu vedere normală în situații de dizabilitate vizuală
 - Activitate 2.1.4. Adnotarea și analiza datelor gestuale achiziționate
 - Activitate 2.1.5. Design și validare de noi metodologii și software pentru analiza performanței gestuale în situații deficitare vizual
- (2) **Obiectiv 2.2.** Dezvoltarea de algoritmi eficienți pentru recunoaștere gestuală în situații deficitare vizual
 - Activitate 2.2.1. Recunoașterea gesturilor *touch* în situații deficitare vizual
 - Activitate 2.2.2. Recunoașterea gesturilor *free-hand* în situații deficitare vizual

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

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

În vederea analizei și înțelegerii diferențelor de execuție dintre gesturile de tip *touch* și *free-hand* 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 (dispozitive mobile *smart*) precum și a datelor aferente gesturilor *free-hand*, după cum urmează:

1. **TapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturile *touch* executate de utilizatori ca urmare a acțiunilor de atingere a unor ținte afișate pe ecranul dispozitivului *smart*. Designul experimental implementat de aplicație constă în controlul următorilor factori: (a) numărul de sarcini de efectuat, (b) dimensiunea țăintelor (e.g., valorile implicite sunt 3mm, 6.5mm, 10mm, 13.5mm și 17mm), respectiv (c) locația țăintelor pe ecran (valorile implicite sunt reprezentate de *centru*, cele patru *colțuri* și cele patru *margini*); vezi Figurile 1a, 1b și 1c. Datele colectate în fișiere XML constau în coordonatele X,Y ale atingerilor, presiunea și dimensiunea ariei de atingere, timpul de atingere, timpul total de efectuare a sarcinii, etc.
2. **MovingTapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturile *touch* executate de utilizatori 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 țăintelor de atins, (c) direcția de deplasare a țăintelor (e.g., stânga-dreapta, respectiv sus-jos), (d) viteza de deplasare a țăintelor (cu valori implicite 1, 3, respectiv 5 pixeli/secundă); vezi Figurile 1d și 1e. Datele sunt colectate în fișiere XML într-un format asemănător aplicației anterioare.
3. **DensityTapExperiment** este o aplicație Android care colectează gesturile *touch* executate de utilizatori pentru atingerea unor ținte afișate într-un context dens, cu multe alte ținte învecinate cu rol de distractor. Designul experimental implementat de aplicație constă în următorii factori: (a) numărul de sarcini de efectuat, (b) dimensiunea țăintelor, respectiv (c) distanța dintre ținte (cu valori implicite 1, 2, 4 și 8 mm); vezi Figura 1f. 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; vezi Figura 2a. Datele reprezentate de coordonatele atingerilor, presiunea și coordonatele de timp sunt colectate în fișiere XML.
5. **FreeHandGestureExperiment** este o aplicație Windows care achiziționează mișcarea mâinii utilizatorului în aer (*free-hand*) cu ajutorul senzorului Leap Motion¹. Designul experimental implementat de aplicație constă în (a) numărul de sarcini și (b) tipul gestului; Figura 2b. Datele gestuale reprezentate de secvențe ale posturilor mâinii în mișcare sunt colectate în fișiere XML.

¹ <https://www.leapmotion.com/>



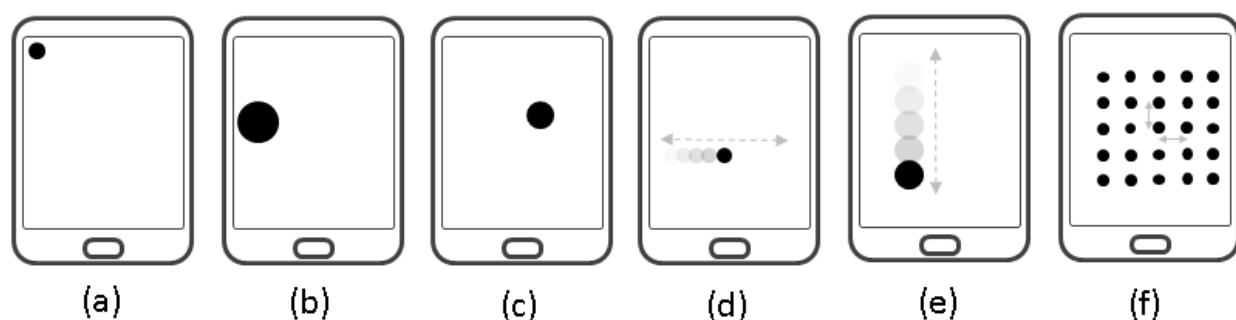


Figura 1. Diverse condiții experimentale implementate pentru achiziția gesturilor *touch* pe dispozitive mobile *smart*: (a) ținte *touch* statice în colțuri, (b) lângă margini, (c) în zona centrală a ecranului, (d) ținte dinamice aflate în mișcare pe orizontală și (e) verticală, (f) ținte dense cu distractori.

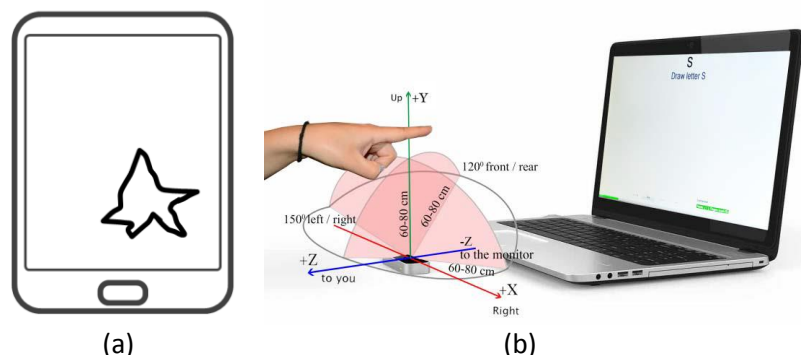


Figura 2. Achiziția traiectoriilor gesturilor *touch* pe dispozitive mobile *smart* (a) și achiziția gesturilor *free-hand* cu ajutorul senzorului Leap Motion (b).

Aplicațiile dezvoltate în această fază 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, designul și specificațiile de implementare ale acestor aplicații au constituit subiectul a două lucrări științifice publicate în cadrul conferințelor DAS'16 (lucrare indexată ISI Thompson Web of Knowledge) și ICVL '16 (în curs de indexare):

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. DOI: <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

1.2. Derularea de experimente pentru achiziția de date gestuale

Aplicațiile software dezvoltate în cadrul acestei etape 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 *smart*. 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 *smart*. 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 care a avut drept scop înțelegerea modului în care utilizatorii execută traiectorii gestuale pe suprafețe sensibile la atingere. În cadrul experimentului a fost controlat tipul gesturilor *touch* (vezi Figura 3) 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 care au examinat tipuri de gesturi similare. De asemenea, aceste gesturi au fost alese și pentru nivelurile lor diferite de complexitate geometrică, între 2 și 12, complexitate care a fost evaluată folosind definiția (Isokoski, 2001), dar și pentru gradul lor diferit de dificultate, de la 1 la 12, estimat folosind regulile din (Vatavu *et al.*, 2011; p. 101).
5. **FreeHand-GA (Free-Hand Gesture Acquisition)** este un experiment care a avut drept scop înțelegerea modului în care utilizatorii execută gesturi cu mâna liberă (*en.*: *free-hand*). În cadrul acestui experiment a fost controlat tipul gesturilor *free-hand* (vezi Figura 4) și numărul de repetiții. Criterii similare ca și în cazul experimentului Touch-GA au fost adoptate și în acest caz la momentul alegerii gesturilor.

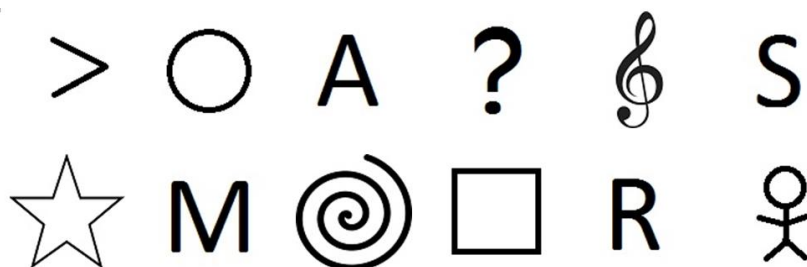


Figura 3. Tipurile de gesturi folosite în cadrul experimentului Touch-GA pentru dispozitive mobile *smart* cu suprafețe sensibile la atingere.



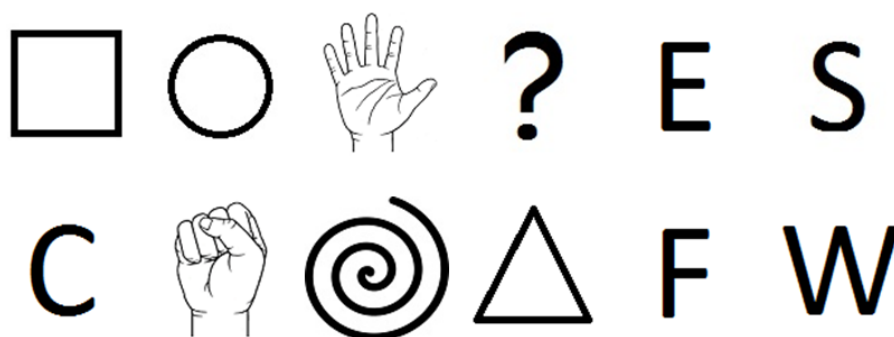


Figura 4. Tipurile de gesturi folosite în cadrul experimentului FreeHand-GA.

Datele 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; vezi Tabelul 1 pentru detalii demografice legate de participanții cu dizabilități de vedere din aceste experimente, precum și Figura 5 pentru câteva imagini surprinse în timpul experimentelor. De asemenea, experimentele Static-TA și Touch-GA au fost derulate suplimentar pentru 10 participanți fără probleme de vedere plasați însă în două situații diferite de dizabilitate vizuală: (a) lumină ambientală puternică pe ecranul dispozitivului *smart* (*sunlight-glare*) și (b) folosirea dispozitivului în timpul mersului (*walking*); vezi Figura 6. Pentru experimentul FreeHand-GA, au fost colectate gesturi de la 30 de participanți, dintre care 20 de participanți fără probleme de vedere și 10 participanți cu dizabilități de vedere.

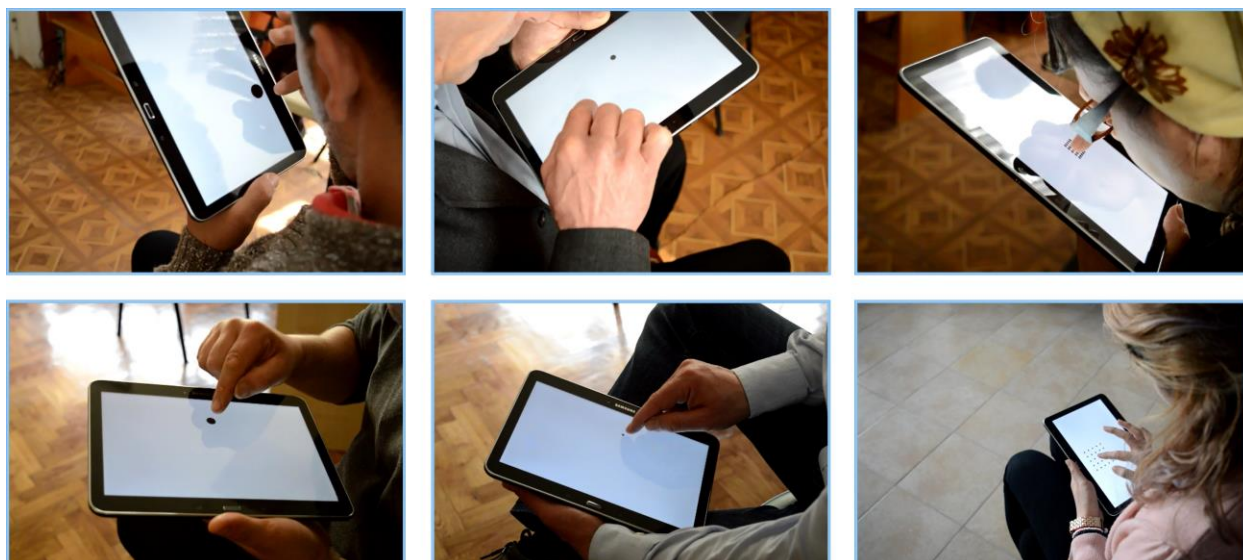


Figura 5. Imagini surprinse în timpul achiziției datelor gestuale de la participanți cu și fără dizabilități de vedere, executând diverse sarcini în cadrul experimentelor Static-TA, Moving-TA și Dense-TA.

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 1. 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.



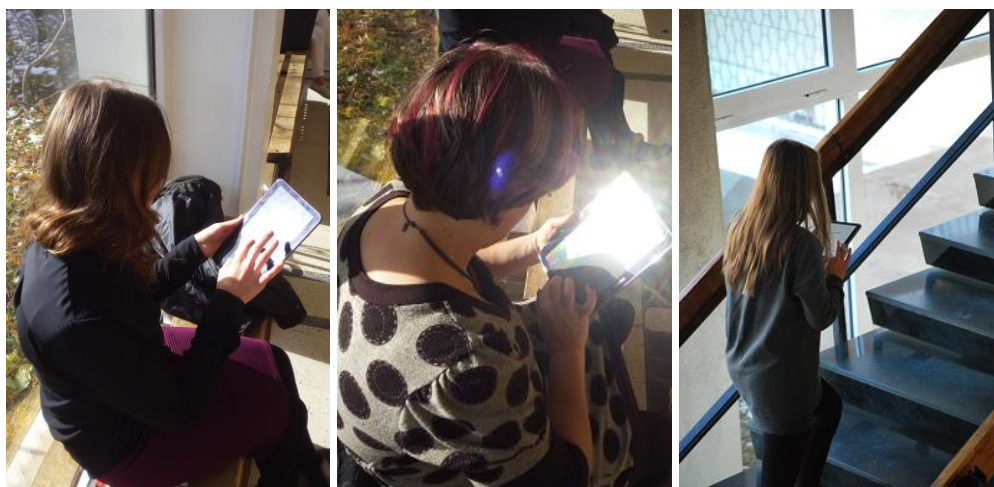


Figura 6. Imagini surprinse în timpul achiziției datelor gestuale pe dispozitive *smart* de la persoane cu vedere normală aflate în situații de dizabilitate vizuală: condiții de iluminare puternică, respectiv folosirea dispozitivului în timpul deplasării când atenția vizuală este adresată prioritar mersului.

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 gesturi și în condițiile de control de la punctele 1 și 4.

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). Aceste date vor fi făcute publice în regim *open-source* pentru comunitatea științifică odată cu apariția primelor publicații din cadrul acestui proiect care le tratează direct (acum, aflate în redactare).

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

Metodologia nou realizată în această etapă constă în: (a) mărimi de performanță *touch* pe ecrane sensibile la atingere, (b) metodologie pentru analiza consensului privind execuția gestuală între grupuri de participanți (cu și fără dizabilități de vedere) și (c) mărimi de performanță a gesturilor *free-hand*.

1.3.1 Analiza interacțiunii tactile: Mărimi de performanță *touch*

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. Valoarea raportată este una normalizată în intervalul [0..1] aproximată de către sistemul Android în funcție de aria suprafeței atinse.
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 pentru prima oară. Timpul de atingere este raportat în milisecunde.
5. **Timpul de căutare vizuală (VISUAL-SEARCH-TIME)** reprezintă diferența de timp, în milisecunde, dintre momentul în care degetul utilizatorului atinge pentru prima dată suprafața tactilă (*i.e.*, acțiunea de atingere a țintei începe) și momentul din trecut în care ținta a fost afișată pe ecran.
6. **Cantitatea de mișcare a dispozitivului (DEVICE-ADJUSTMENT-PRETOUCH)** reprezintă mișcarea totală, raportată de către accelerometrul înglobat în dispozitivul *smart*, realizată de utilizator înaintea atingerii ecranului. Cantitatea de mișcare este raportată în unități de accelerație, *i.e.*, m/sec^2 .

Și alte mărimi au fost proiectate și explorate în timpul analizei datelor gestuale efectuate în cadrul acestei etape, însă cele șase de mai sus au dovedit cea mai bună capacitate de a reflecta diferențele de performanță *touch* dintre utilizatorii cu și fără dizabilități de vedere (rezultatele experimentale sunt prezentate în secțiunea următoare a acestui raport).

Pentru analiza gesturilor de mișcare executate pe suprafețe tactile, ne-am bazat pe 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” (*en.*: *gesture task axis*). Eroarea formei este exprimată în milimetri.
2. **Variabilitatea formei (SHAPE-VARIABILITY)** reprezintă deviația standard dintre forma geometrică a gestului examinat și modelul gestual, exprimată în milimetri.
3. **Eroarea de lungime (LENGTH-ERROR)** măsoara tendința utilizatorului de a “alungi” forma unui gest față de modelul gestual, calculată ca diferența în modul a lungimilor celor două gesturi. Eroarea de lungime este exprimată în milimetri.
4. **Eroarea de mărime (SIZE-ERROR)** măsoara 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)** măsoara tendința utilizatorului de a “îndoi” forma geometrică a unui gest față de modelul gestual, calculată ca diferența absolută a unghiurilor tangențiale la curbele celor două gesturi; exprimată 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.

1.3.2 Metodologie pentru analiza consensului privind execuția gestuală

În vederea înțelegerii amănunțite a diferențelor de execuție gestuală existente între persoanele cu și fără dizabilități de vedere, am propus o extindere a unei metodologii științifice populare în literatura domeniului, și anume cea privind analiza datelor experimentale rezultate din studii participative (Wobbrock *et al.*, 2005; Wobbrock *et al.*, 2009). Extinderea metodologică a vizat analiza consensului privind execuția gestuală pentru *grupuri diferite* de utilizatori (*en.*: *between-subjects studies*) și a constatat în următoarele; vezi (Vatavu și Wobrock, 2016):

1. Propunerea unor **noi mărimi numerice** pentru aprecierea ratei de consens în execuția gesturilor realizate de utilizatori aparținând unor grupuri distincte. Astfel, rata de consens pentru un grup G_i de participanți pentru un gest referent r este calculată conform:

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

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) (p. 3393) pentru mai multe detalii în lucrarea publicată cu aceste rezultate. De asemenea, a fost introdusă ca mărime nouă rata de consens pentru un număr de k grupuri distincte de utilizatori (*en.*: *between-groups coagreement rate*):

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

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 a fost derivat în analogie cu principiile adoptate de către Fisher în calcularea exactă a pragului de semnificație folosit astăzi pentru analiza datelor de frecvență (Fisher, 1954), dar nepotrivit pentru analiza datelor de consens. Noul test statistic constă în calculul probabilității

condiționale de a observa o configurație particulară a consensului pentru cele k grupuri distincte de utilizatori supuse evaluării (Vatavu și Wobbrock, 2016) (p. 3395):

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

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 .

3. Implementarea noilor mărimi și teste statistice sub forma unei **aplicații software** (AGATe 2.0 – Agreement Analysis Toolkit 2.0), care a fost făcută disponibilă comunității științifice în regim *open-source*. Aplicația calculează și raportează valorile mărimilor numerice de consens, precum și rezultatele testelor de semnificație statistică pentru grupuri distincte de participanți. Aplicația a fost dezvoltată în limbajul C#, platforma .NET 4.5, pentru sistemul de operare Windows.

Aceste rezultate privind noua metodologie de analiză a consensului dintre grupuri distincte de participanți au fost publicate în cadrul conferinței CHI 2016, **conferință cu rang ARC A* și aflată pe primul loc în topul primelor 20 de publicații din domeniul Human-Computer Interaction²**, publicații ordonate descrescător după indicele h_5 . Rata de acceptare a lucrărilor a fost de 23% (565 lucrări acceptate din 2435 trimise). Lucrarea a fost indexată ISI Thompson Web of Knowledge.

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>
ISI WOS:000380532903037

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

Un gest *free-hand* este definit ca o mulțime de posturi ale mâinii, $\{(P_i, t_i) \mid i = 1..n\}$, iar fiecare postură $P_i = \{p_{i,j} \mid j = 1..m\}$ este reprezentată printr-un număr fix de puncte 3-D raportate la momentul t_i de către un senzor de achiziție a mișcării, cum ar fi senzorul Leap Motion. Pornind de la această definiție, pentru caracterizarea unui gest *free-hand* au fost propuse și evaluate următoarele mărimi pentru datele gestuale colectate anterior:

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 metri.
2. **Lungimea gestului, incluzând mișcarea tuturor degetelor (FINGERS-PATH-LENGTH)** reprezintă suma totală a distanțelor Euclidiene dintre toate coordonatele degetelor posturilor succesive ale mâinii care alcătuiesc gestul, evaluată în unități fizice, *e.g.*, milimetri sau metri.

² Top publications - Human Computer Interaction
https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&vq=eng_humancomputerinteraction



3. **Volumul mâinii (HAND-VOLUME)** reprezintă media volumelor cuboidelor care circumscriu toate degetele fiecărei mâini; mărime exprimată în mm^3 .
4. **Orientarea mâinii (HAND-ORIENTATION)** reprezintă magnitudinea variației orientării adoptate de către mâna utilizatorului în timpul execuției gestului, exprimată în radiani.
5. **Timpul total de execuție a gestului (ARTICULATION-TIME)**, evaluat în milisecunde.
6. **Viteza de execuție (ARTICULATION-SPEED)**, definită ca raportul dintre PATH-LENGTH și ARTICULATION-TIME; exprimată în mm/ms sau m/s .
7. **Viteza de execuție, incluzând mișcarea tuturor degetelor (FINGERS-ARTICULATION-SPEED)**, definită ca raportul dintre FINGERS-PATH-LENGTH și ARTICULATION-TIME; exprimată în mm/ms sau m/s .

1.4. Rezultate experimentale

1.4.1 Performanța touch a persoanelor cu și fără dizabilități de vedere

Performanța *touch* a persoanelor cu dizabilități de vedere a fost comparată cu cea a persoanelor fără dizabilități din perspectiva mărimilor propuse anterior și evaluată pentru datele colectate în condițiile experimentale create de aplicațiile TapExperiment, MovingTapExperiment și DensityTapExperiment. Pentru a nu aglomera raportarea, discutăm în această secțiune pe scurt rezultate obținute doar pentru câteva dintre aceste mărimi (o lucrare științifică se află în redactare în acest moment, cuprinzând o analiză amănunțită a tuturor mărimilor de performanță):

1. **Participanții cu dizabilități de vedere au înregistrat o precizie mai slabă de atingere a țintelor 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 experimentul 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.) pentru fiecare din cele trei experimente distincte de interacțiune *touch*; Figurile 7, 8, 9. Drept urmare, anumite ținte și locații de afișare a țăintelor, respectiv anumite viteze de deplasare a țintelor dinamice nu sunt recomandabile pentru interfețele *touch* destinate persoanelor cu dizabilități de vedere.

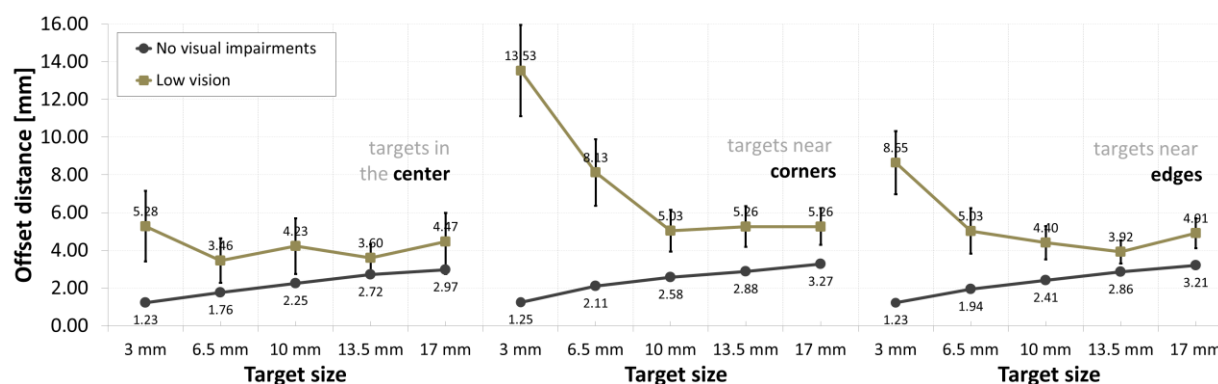


Figura 7. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

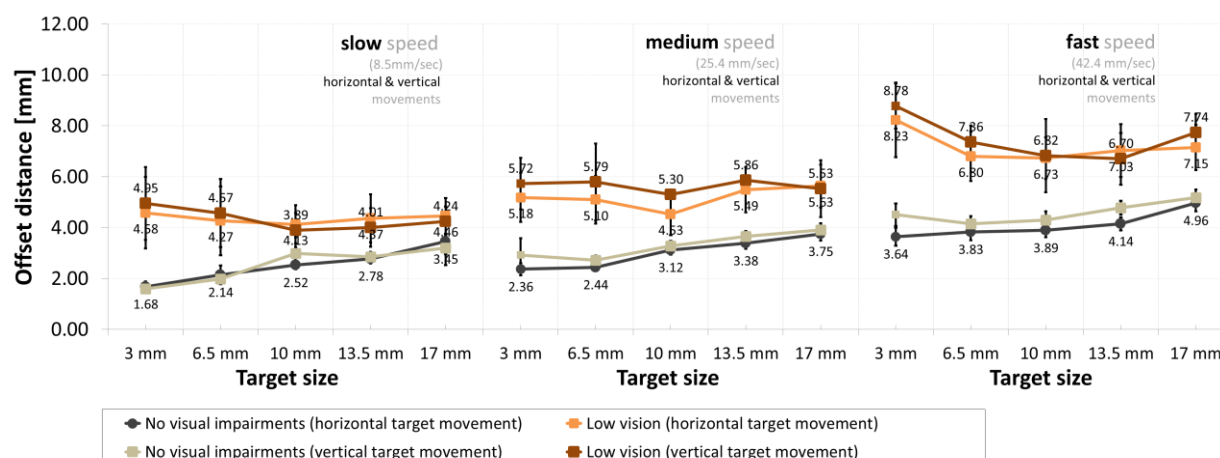


Figura 8. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza pe ecranul tactil (experimentul Moving-TA).

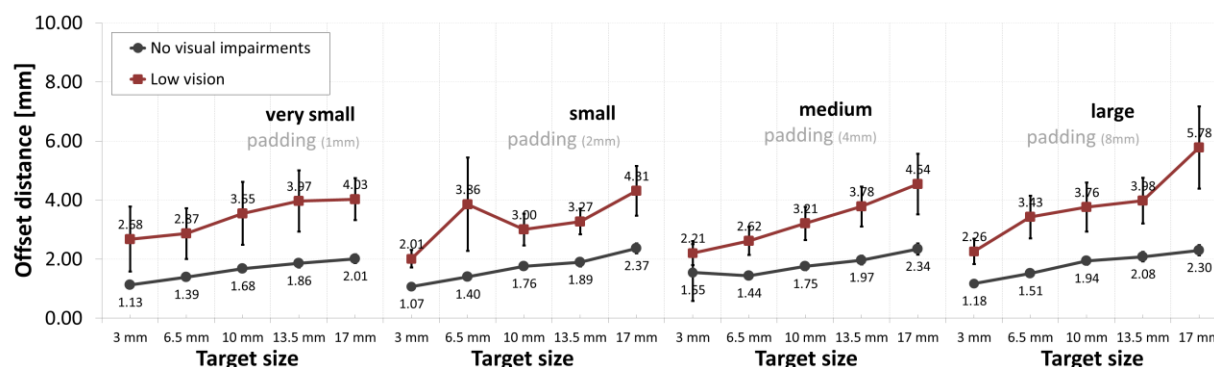


Figura 9. Distanța medie față de țintă, în milimetri, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de alte ținte (experimentul Dense-TA).

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 experimentul Moving-TA și 175.1 ms versus 79.3 ms pentru experimentul Dense-TA), observație valabilă pentru fiecare condiție a factorilor controlați (dimensiunea țintei, locația țintei, viteza de deplasare, distanța dintre ținte) pentru fiecare din cele trei experimente *touch*; vezi Figurile 10-12. Aceste rezultate scot în evidență o nevoie specifică persoanelor cu dizabilități de vedere de a confirma suplimentar atingerea țintei.
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 distincte de interacțiune *touch*; vezi Figurile 13-15. Aceste rezultate scot în evidență un potențial aspect al nesiguranței asociată succesului atingerii precise a țintelor localizate doar vizual și informează nevoia dezvoltării de tehnici de feedback adresate simțului tactil (planificate în etapa 3, 2017).

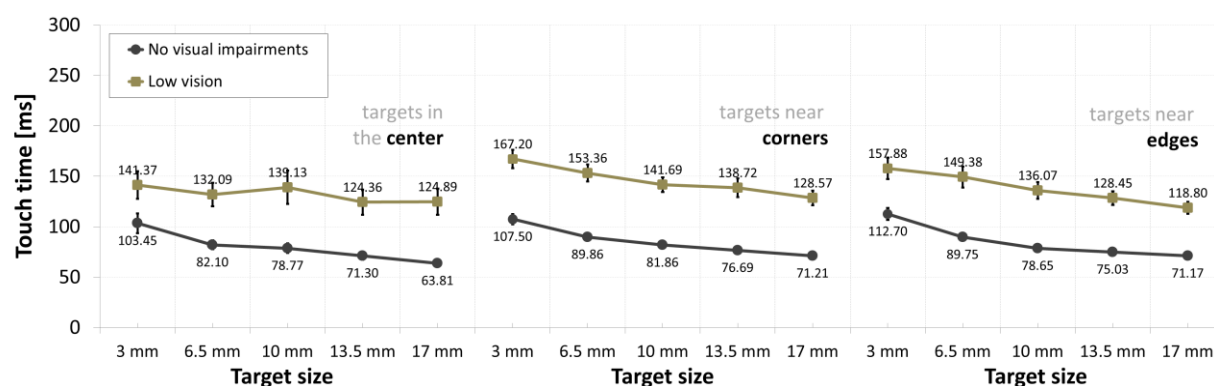


Figura 10. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

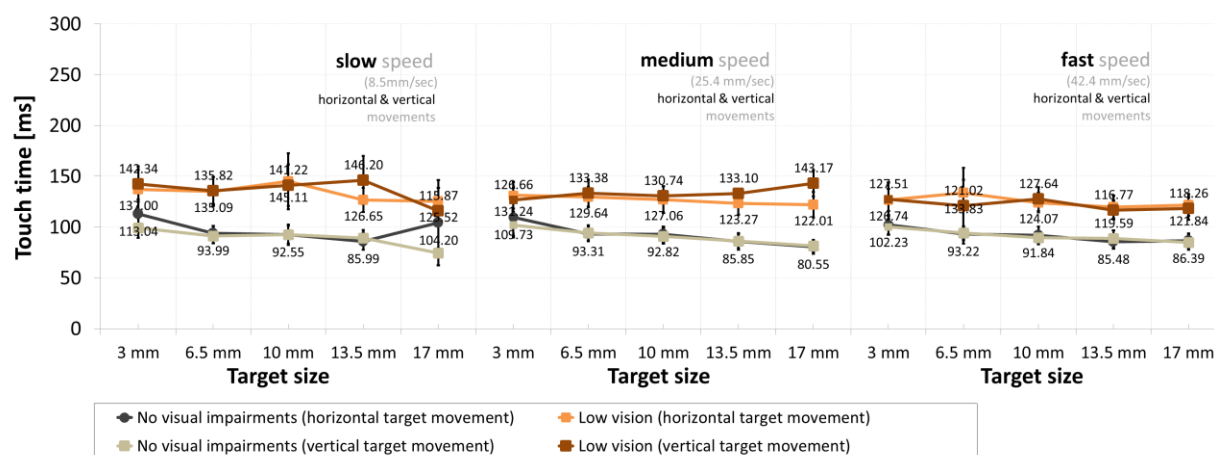


Figura 11. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza pe ecranul tactil (experientul Moving-TA).

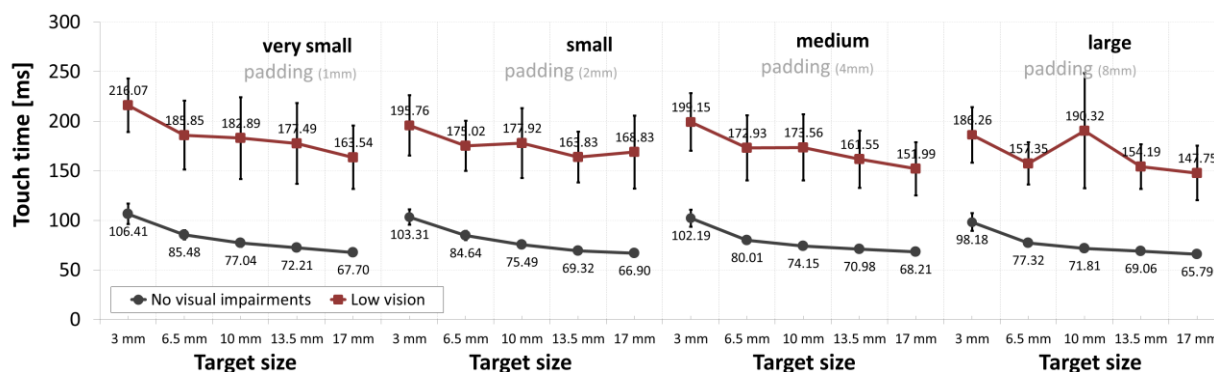


Figura 12. Timpul mediu de atingere, în milisecunde, pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de alte ținte (experimentul Dense-TA).

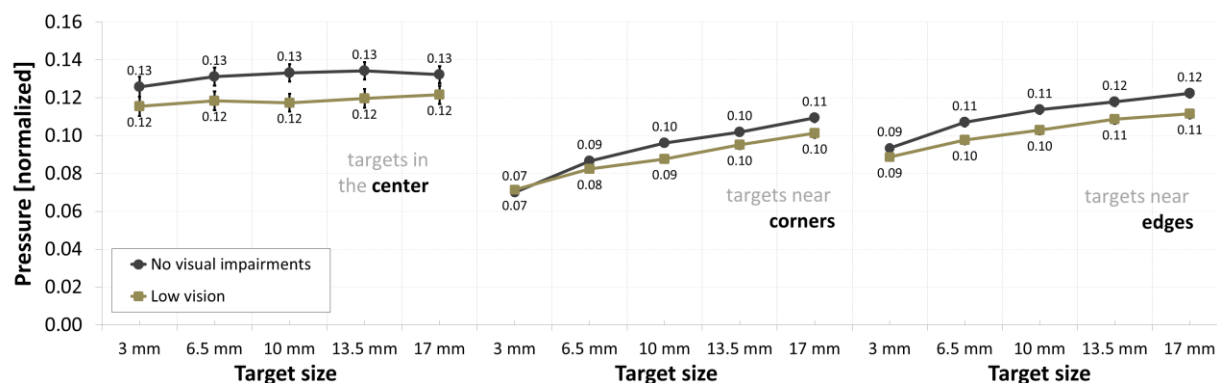


Figura 13. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și localizarea acesteia pe ecranul tactil (experimentul Static-TA).

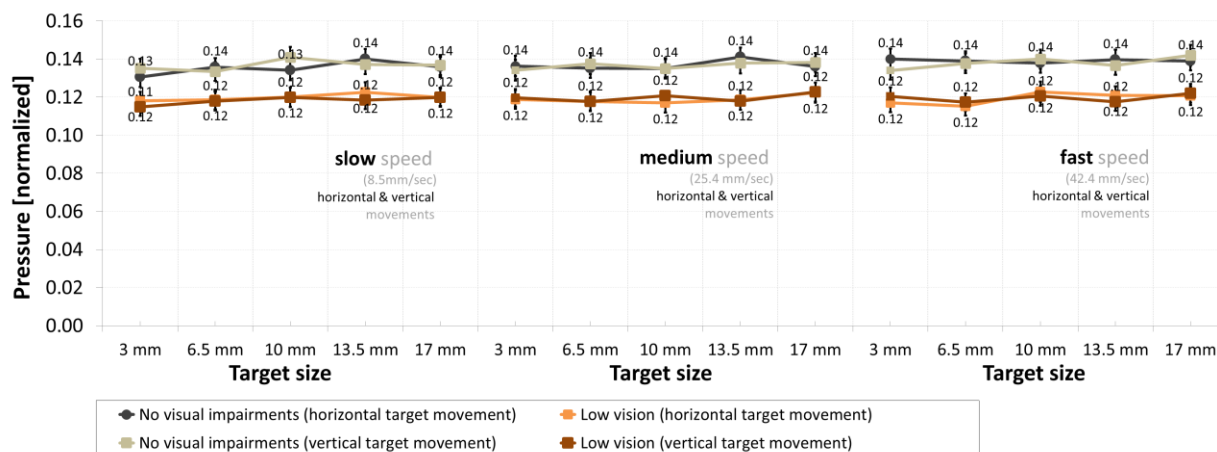


Figura 14. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei, direcția de deplasare și viteza țintei pe ecranul tactil (experimentul Moving-TA).

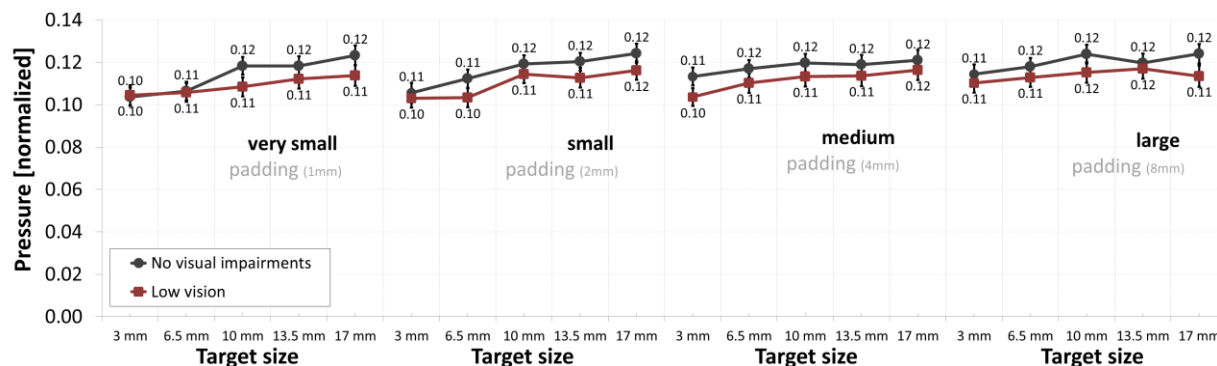


Figura 15. Presiunea medie de atingere pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere în funcție de dimensiunea țintei și distanța față de alte ținte (experimentul Dense-TA).



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

Traietoriile gestuale *touch* realizate de participanții cu și fără dizabilități de vedere au fost evaluate comparativ folosind mărimile geometrice, cinematice și de structură descrise anterior. Participanții cu dizabilități de vedere au realizat gesturi mai puțin precise în ce privește eroarea geometrică față de modele de antrenare (8.75 mm versus 7.79 mm în medie), lungimea gesturilor executate în mod repetat (64.20 mm versus 52.25 mm), aria gesturilor (1802 mm² versus 1567 mm²), respectiv unghiul total al traiectoriei (doar în evaluarea dintre participanți, 0.37 versus 0.32 rad); vezi Figura 16. Aceste rezultate informează nevoia de algoritmi de recunoaștere mai toleranți față de variațiile geometrice ale execuțiilor gestuale, cum ar fi cei dezvoltăți în această etapă, descriși în secțiunea următoare.

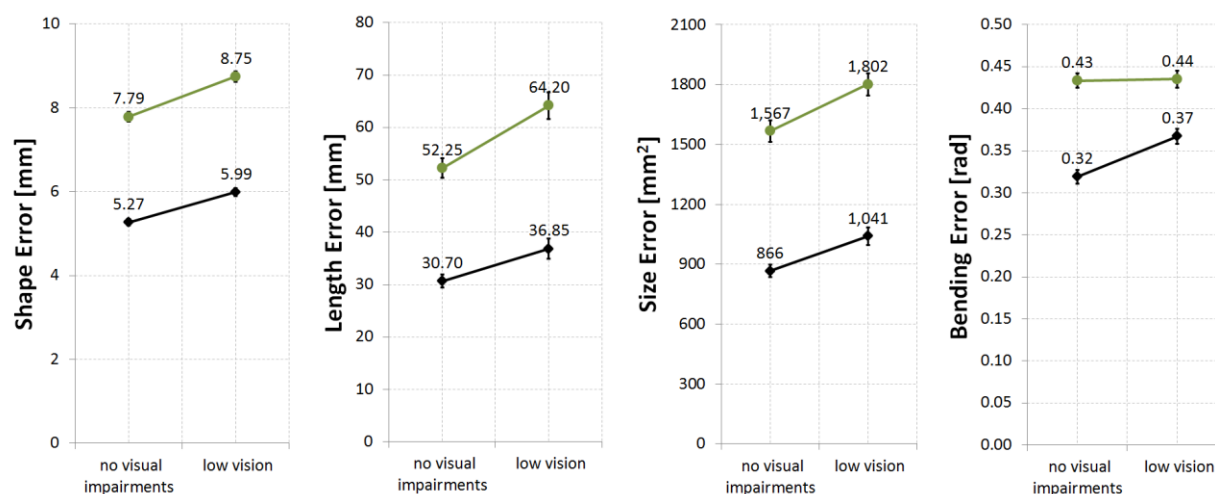


Figura 16. Caracterizarea geometrică a execuțiilor gestuale *touch* ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere pentru gesturile din Figura 3 (experimentul Touch-GA).

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 de execuție (2149ms versus 1243 ms), precum și a vitezei de execuție (variații medii de 152 mm/s versus 122mm/s); vezi Figura 17. Aceste rezultate indică nevoia unor tehnici corespunzătoare de feedback destinate utilizatorilor cu dizabilități de vedere pentru creșterea eficienței acestora în timpul execuției gesturilor *touch* pe dispozitive *smart* (conform planului de realizare, tehnicile de interacțiune sunt planificate pentru etapa a 3-a a proiectului, aferentă anului 2017). 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); vezi Figura 17. Aceste rezultate reconfirmă nevoia de algoritmi robusți de recunoaștere a gesturilor care să fie toleranți la variații legate de numărul de componente (*strokes*) executate de utilizatori pentru un anumit gest, respectiv de ordinea în care aceste componente sunt executate.

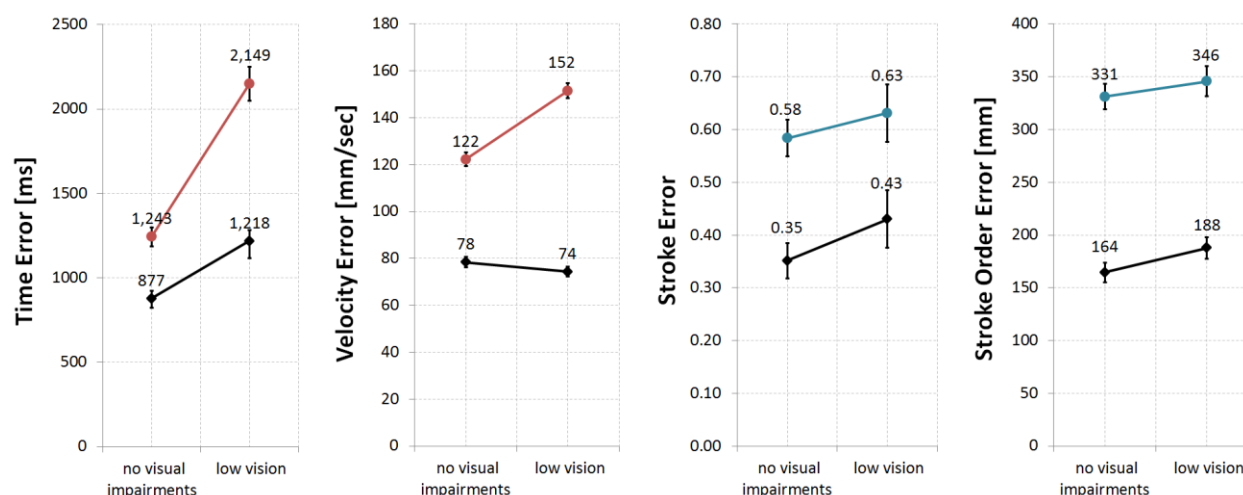


Figura 17. Caracterizarea cinematică și de structură a execuțiilor gestuale *touch* ale persoanelor cu și fără dizabilități de vedere pentru gesturile din Figura 3 (experimentul Touch-GA).

1.4.3 Analiza consensului gesturilor *touch* pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere

Noua metodologie de analiză a consensului publicată în cadrul acestei etape (Vatavu și Wobbrock, 2016) a fost aplicată pentru a examina diferențele de execuție gestuală dintre utilizatorii cu și fără dizabilități de vedere; vezi Figurile 18 și 19. În medie, participanții fără dizabilități de vedere au înregistrat un consens mai ridicat privind execuțiile lor gestuale față de participanții cu dizabilități de vedere, atât în privința valorilor individuale pe fiecare participant ($AR = .808$ versus $AR = .762$), cât și considerând consensul calculat pentru fiecare grup ($AR = .549$ versus $AR = .404$). Pentru exemplificarea variației în realizarea gesturilor, Figura 20 ilustrează toate execuțiile înregistrate pentru gestul *star* de la cei 54 de participanți. Diferite culori arată diferite moduri de a executa părțile componente ale acestui gest.

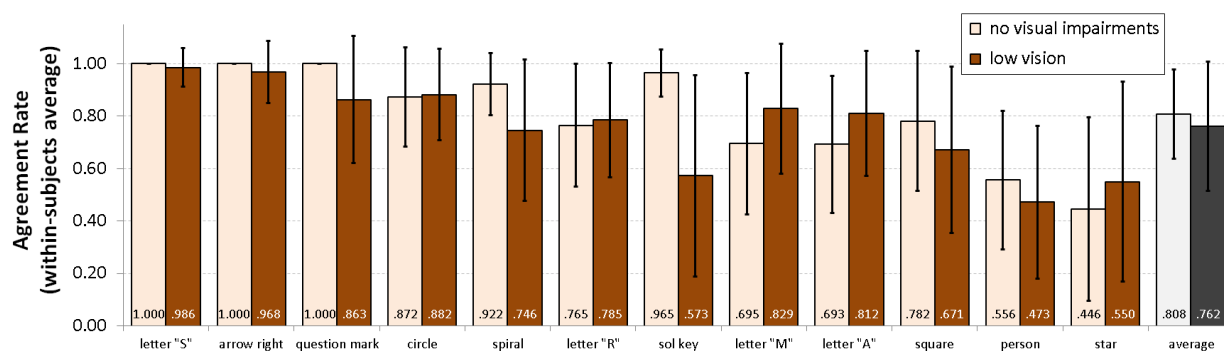


Figura 18. Ratele medii de consens privind execuția gesturilor *touch* (vezi Figura 3) calculate la nivel de participant pentru participanții cu și fără dizabilități de vedere.



Figura 19. Ratele de consens privind execuția gesturilor *touch* (vezi Figura 3) calculate la nivel de grup pentru participanții cu și fără dizabilități de vedere.

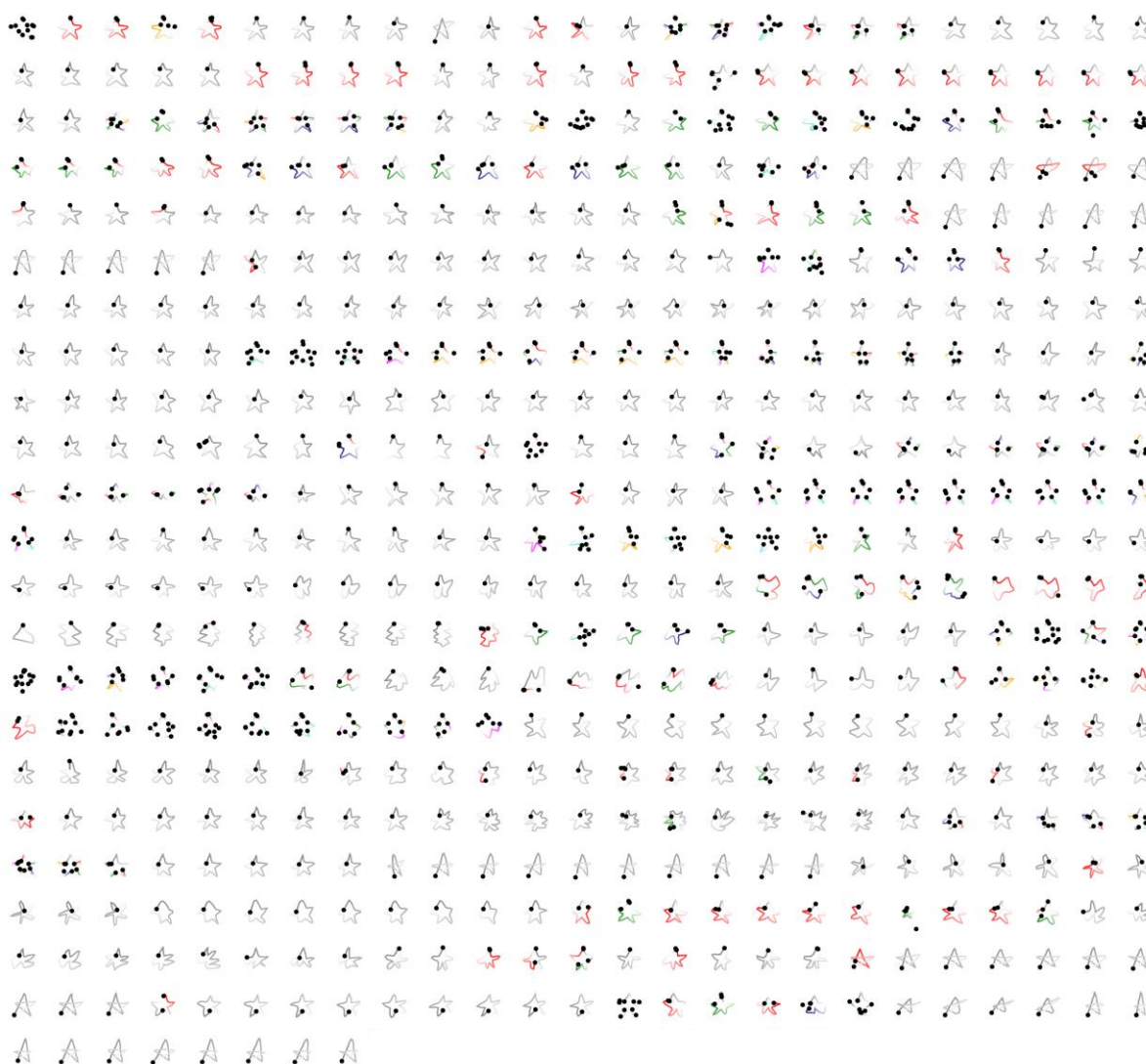


Figura 20. Cele 558 de execuții ale gestului *star* colectate de la participanți fără dizabilități de vedere (partea de sus) și cu dizabilități de vedere (jumătatea de jos a figurii).

1.4.4 Analiza gesturilor *free-hand* pentru persoane cu și fără dizabilități de vedere

Pentru a înțelege diferențele de performanță dintre execuțiile gestuale *free-hand* realizate de către persoanele cu și fără dizabilități de vedere, au fost calculate mărimile definite anterior pentru datele achiziționate de la senzorul Leap Motion în cadrul experimentului FreeHand-GA. În continuare, sunt prezentate rezultatele doar pentru două dintre aceste mărimi, pentru brevitătea raportului, și anume lungimea absolută a gesturilor (mărimă geometrică) și timpul de articulație (mărimă 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 21, dar care au necesitat mai mult timp pentru a fi executate (1897 ms versus 1757 ms), vezi Figura 22.

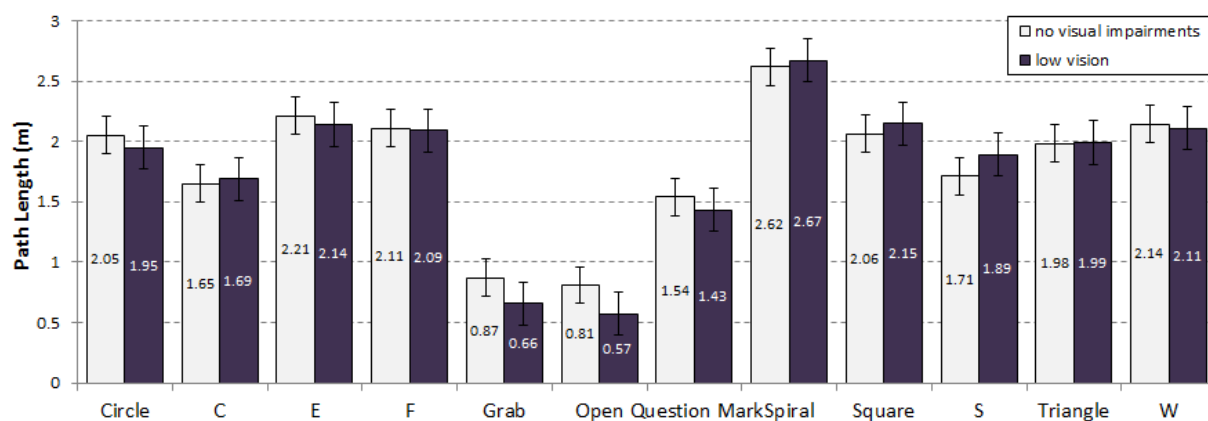


Figura 21. Lungimea gesturilor *free-hand* (specificate în Figura 4) executate de către participanții cu și fără dizabilități de vedere.

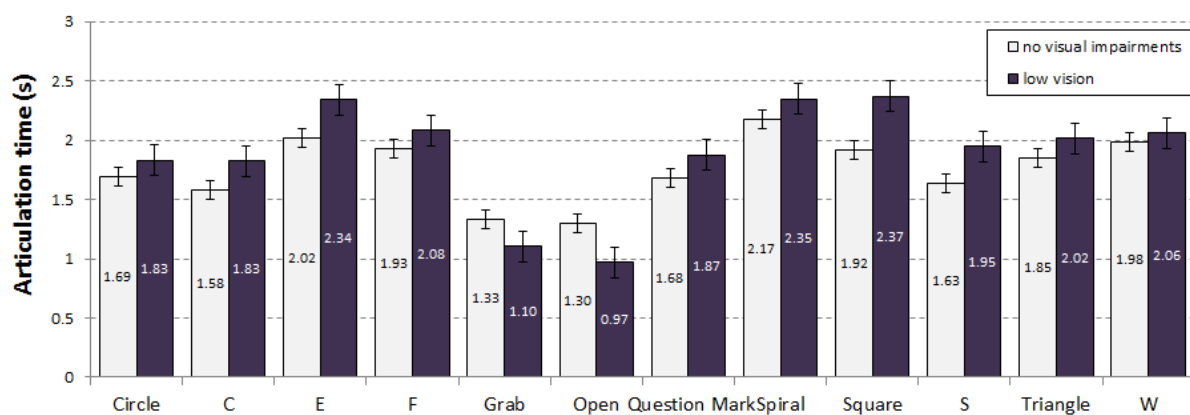


Figura 22. Timpul de articulație al gesturilor *free-hand* (specificate în Figura 4) executate de către participanții cu și fără dizabilități de vedere.



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

2.1. Recunoașterea gesturilor *touch* și *free-hand*

Pentru recunoașterea gesturilor *touch* efectuate pe dispozitive *smart* și a gesturilor *free-hand* au fost propuse trei modificări algoritmului de recunoaștere ȘP (Vatavu *et al.*, 2012) pentru a crește acuratețea acestuia, precum și pentru a extinde aria sa de acoperire către noi tipuri de gesturi (*free-hand*), urmând metodologia și planul de lucru din propunerea de proiect. ȘP este un algoritm flexibil de recunoaștere datorită faptului că poate clasifica corect gesturi indiferent de modul în care acestea sunt executate. În funcționarea sa, algoritmul ȘP aliniaza traiectorii gestuale care au fost în prealabil eșantionate într-un număr egal de puncte folosind o strategie Greedy. Modificările aduse algoritmului ȘP au constat în:

1. **Actualizarea algoritmului ȘP pentru o acuratețe crescută de atingere a țintelor *touch*.** O primă contribuție algoritmică a acestei etape a constat în extinderea algoritmului ȘP pentru gesturi reprezentate prin mai multe puncte de atingere (*i.e.*, mai multe degete care ating suprafața tactilă în același timp), caracterizate nu doar de coordonatele de atingere X,Y, cât mai ales de modul în care s-a realizat atingerea (*i.e.*, „elipsa” de atingere caracteristică fiecărui deget aflat în contact cu suprafața sensibilă la atingere); vezi Figura 23. Intuiția care a informat această modificare 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 *touch*. Varianta actualizată a fost denumită SmartTouch (Mott *et al.*, 2016). Măsura de disimilaritate folosită de către algoritmul ȘP a fost actualizată după cum urmează:

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

unde cele două gesturi, g_1 și g_2 pot avea un număr variabil de puncte n , respectiv m , puncte care sunt aliniate repetat într-un număr total de N pași; δ reprezintă distanța Euclidiană dintre punctele $g_{1(k_1(i))}$ și $g_{2(k_2(i))}$, folosită exclusiv de către varianta originală 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 de atingere; iar w_j ($j=1..4$) reprezintă coeficienți din intervalul $[0..1]$ care controlează importanța fiecărei componente în calculul distanțelor dintre punctele aparținând celor două gesturi.



Figura 23. Prima extensie a algoritmului de clasificare a gesturilor ȘP (Vatavu *et al.*, 2012), denumită *SmartTouch*, extinde funcționarea algoritmului ȘP pentru gesturi reprezentate prin “elipse de atingere” care sunt clasificate folosind o nouă măsură a disimilarității.

Aceste rezultate privind algoritmul *SmartTouch* 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**³, publicații ordonate descrescător după indicele h_5 . Rata de acceptare a lucrărilor a fost de 23% (565 lucrări acceptate dintr-un număr de 2435). Lucrarea a fost indexată ISI Thompson Web of Knowledge.

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

2. **\$P++**: actualizarea algoritmului de clasificare \$P\$ pentru o acuratețe crescută de recunoaștere a traiectoriilor gestuale. O a doua contribuție algoritmică a acestei etape a constatat în extinderea algoritmului \$P\$ pentru alinieri multiple care folosesc informația de vecinătate a fiecărui punct reflectată prin unghiul tangentei la curba gestului în punctul respectiv; vezi Figura 24a. Varianta actualizată a fost denumită \$P++\$ și vizează creșterea acurateții de clasificare a gesturilor *touch*. Măsura de disimilaritate folosită de către algoritmul \$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 (*en.: template*) ia în considerare și vecinii acestora indirect prin intermediul unghiului θ :

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

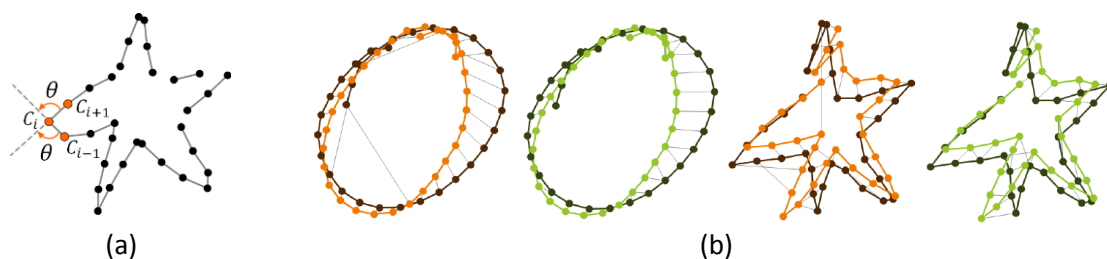


Figura 24. A doua extensie a algoritmului de clasificare a gesturilor \$P\$ (Vatavu *et al.*, 2012), denumită \$P++\$, permite alinieri punct-la-punct multiple (b) și folosește informații legate de conexiunile dintre puncte pentru a crește acuratețea clasificării (a).

Algoritmul \$P++\$ este prezentat în pseudocod în continuare.

³ Top publications - Human Computer Interaction
https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&vq=eng_humancomputerinteraction



\$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:       $matched[index] \leftarrow true$ 
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

```

3. **Extinderea algoritmului \$P pentru clasificarea gesturilor *free-hand*.** A treia contribuție algoritmică a acestei etape 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 ca o secvență 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 măsură de disimilaritate dintre două posturi, astfel:

POSTURE-DISTANCE (POSTURE a , POSTURE b)

```
1:  $distance \leftarrow 0$ 
2: for  $i = 1$  to  $sizeof(a.Points)$  do
3:    $distance \leftarrow distance + POINTS-DISTANCE(a.Points_i, b.Points_i)$ 
4: return  $distance$ 
```

POINT-DISTANCE (POINT a , POINT b)

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

Trebuie notat faptul că evaluarea algoritmilor de clasificare reprezintă o activitate a etapei 3 (planificată pentru anul 2017), dar evaluări preliminare realizate în timpul proiectării diverselor variante algoritmice au evidențiat superioritatea algoritmului \$P++\$ față de \$P\$ pentru clasificarea gesturilor *touch*, respectiv a algoritmului \$P\$ extins pentru gesturi *free-hand* față de alți clasificatori. O evaluare riguroasă a acurateții de clasificare a gesturilor *touch* și *free-hand* este programată pentru etapa 3 a proiectului, anul 2017.

3. Publicații realizate în cadrul etapei

1. Yosra Rekik, Radu-Daniel Vatavu, Laurent Grisoni. (2016). Spontaneous Gesture Production Patterns on Multi-touch Interactive Surfaces. In C. Anslow et al. (Eds.) *Collaboration Meets Interactive Spaces*. Springer International Publishing Switzerland.
<http://www.springer.com/kr/book/9783319458526>
(în apariție, estimată pentru decembrie 2016)
2. 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
3. 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.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2935334.2935364>
4. 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>
ISI WOS:000380532903037
ACCEPTANCE RATE: 23.9% (57/238)



5. 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)
BEST PAPER AWARD 
6. 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>
7. 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

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele obținute descrise în prezentul raport științific pentru anul 2016, deplasările efectuate, colaborările întreprinse și diseminarea realizată, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse în perioada ianuarie – decembrie 2016, considerăm obiectivele proiectului pentru anul 2016 îndeplinite în procent de 100%.

Referințe

- (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>
- (Fisher, 1954) Ronald A. Fisher. 1954. *Statistical Methods for Research Workers*. London: Oliver and Boyd
- (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>
- (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>
- (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>
- (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/10.1145/1294211.129423813>
- (Wobbrock *et al.*, 2009) Jacob O. Wobbrock, Meredith Ringel Morris, and Andrew D. Wilson. 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>

