

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului

MOTORSKILL: INTERACȚIUNI EFICIENTE CU ECRANE TACTILE ÎN CONDIȚII DE DIZABILITATE MOTORIE

în perioada ianuarie – decembrie 2018 (etapa nr. 2)¹

Cod proiect	PN-III-P2-2.1-PED-2016-0688
Nr. contract	209PED/2017
Acronim	MotorSkill
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/MotorSkill/

¹Conform cerințelor și recomandărilor UEFISCDI, acest raport poate avea maxim 20 de pagini.

Cuprins

1. REZUMATUL ETAPEI	3
Obiectivele proiectului.....	3
Membrii echipei de cercetare.....	3
Obiectivele și activitățile etapei.....	3
Rezultate așteptate pentru etapa nr. 2, perioada ianuarie – decembrie 2018, conform planului de realizare	4
2. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ CU PUNEREA ÎN EVIDENȚĂ A REZULTATELOR ETAPEI, A GRADULUI DE REALIZARE A OBIECTIVELOR ȘI A MODULUI DE DISEMINARE A REZULTATELOR	5
2.1 Set de date experimentale.....	5
2.2 Algoritm de recunoaștere a gesturilor de atingere	10
2.3 Tehnici de asistare a interacțiunii gestuale cu ajutorul privirii, comenzilor verbale și/sau electroencefalogrammei (EEG)	11
2.4 Integrare TRL-4 sub forma de tehnologie validată în laborator	13
2.5 Lucrări științifice realizate în cadrul etapei.....	15
3. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI	17
REFERINȚE	18



1. REZUMATUL ETAPEI

Obiectivele proiectului

Acest proiect își fixează următoarele obiective practice privind *proiectarea, implementarea și integrarea TRL-4* a unei noi tehnologii de asistare a persoanelor cu dizabilități motorii în vederea operării eficiente a dispozitivelor cu ecrane tactile dotate astăzi cu interfețe preponderent bazate pe gesturi:

- O1. Înțelegerea modului în care utilizatorii cu dizabilități motorii realizează gesturi (en.: *stroke-gestures*) pe dispozitive cu ecrane tactile, precum și înțelegerea legăturii dintre modul de realizare a gesturilor și coordonarea privirii, pronunția comenzilor verbale, respectiv caracteristicile electroencefalogramei (EEG) din timpul execuției gesturilor.
- O2. Dezvoltarea de algoritmi eficienți pentru recunoașterea gesturilor efectuate pe dispozitive cu ecrane tactile de către utilizatori cu dizabilități motorii, proiectarea și dezvoltarea de tehnici asistive prin folosirea informațiilor obținute din urmărirea privirii, recunoașterea comenzilor verbale și analiza electroencefalogramei.
- O3. Integrare software TRL-4 și validarea în laborator a tehnologiei dezvoltate.

Proiectul pornește de la nivelul tehnologic TRL-2 (*i.e.*, un nou concept de aplicație a fost formulat privind posibilitatea îmbunătățirii interacțiunii prin gesturi cu dispozitive cu ecrane tactile pentru persoanele cu dizabilități motorii) și își propune atingerea nivelului tehnologic TRL-4, *i.e.*, dezvoltarea de componente individuale, integrarea acestora și validarea sistemului integrat în condiții de laborator.

Membrii echipei de cercetare

Echipa proiectului este alcătuită din 7 membri:

1. Radu-Daniel Vatavu (prof. univ. dr. ing., conducător de doctorat), Director de proiect
2. Ștefan-Gheorghe Pentiuc (prof. univ. dr. ing., conducător de doctorat)
3. Ovidiu-Andrei Schipor (conf. univ. dr. ing.)
4. Maria-Doina Schipor (conf. univ. dr., psiholog, membru al Colegiului Psihologilor din România)
5. Ovidiu-Ionuț Gherman (asistent univ. dr. ing.)
6. Ovidiu-Ciprian Ungurean (dr. ing.)
7. Bogdan-Florin Gheran (drd. ing.)

Obiectivele și activitățile etapei

Activitățile de cercetare-dezvoltare ale proiectului (de tip A3, Dezvoltare experimentală) desfășurate în perioada ianuarie – decembrie 2018 fac parte din cadrul Etapei nr. 2 având drept obiectiv “*Dezvoltarea de tehnici de interacțiune prin gesturi de atingere asistate de urmărirea privirii, recunoașterea comenzilor verbale și analiza electroencefalogramei (EEG) pentru persoanele cu dizabilități motorii și integrare TRL4*” (vezi figura 1 pentru diagrama desfășurării activităților):

- Act. 2.1. Algoritm eficient de recunoaștere a gesturilor pentru ecrane tactile
- Act. 2.2. Tehnică de asistare a interacțiunii gestuale cu ecrane tactile prin urmărirea privirii
- Act. 2.3. Tehnică de asistare a interacțiunii gestuale cu ecrane tactile prin recunoașterea comenzilor verbale

- Act. 2.4. Tehnică de asistare a interacțiunii gestuale cu ecrane tactile prin analiza electroencefalogrammei (EEG)
- Act. 2.5. Evaluare utilizator a tehnicilor de asistare a interacțiunii gestuale cu ecrane tactile
- Act. 2.6. Integrare TRL-4 a tehnicilor de asistare a interacțiunii gestuale cu ecrane tactile
- Act. 2.7. Evaluare tehnică și validare tehnologie TRL-4 în laborator

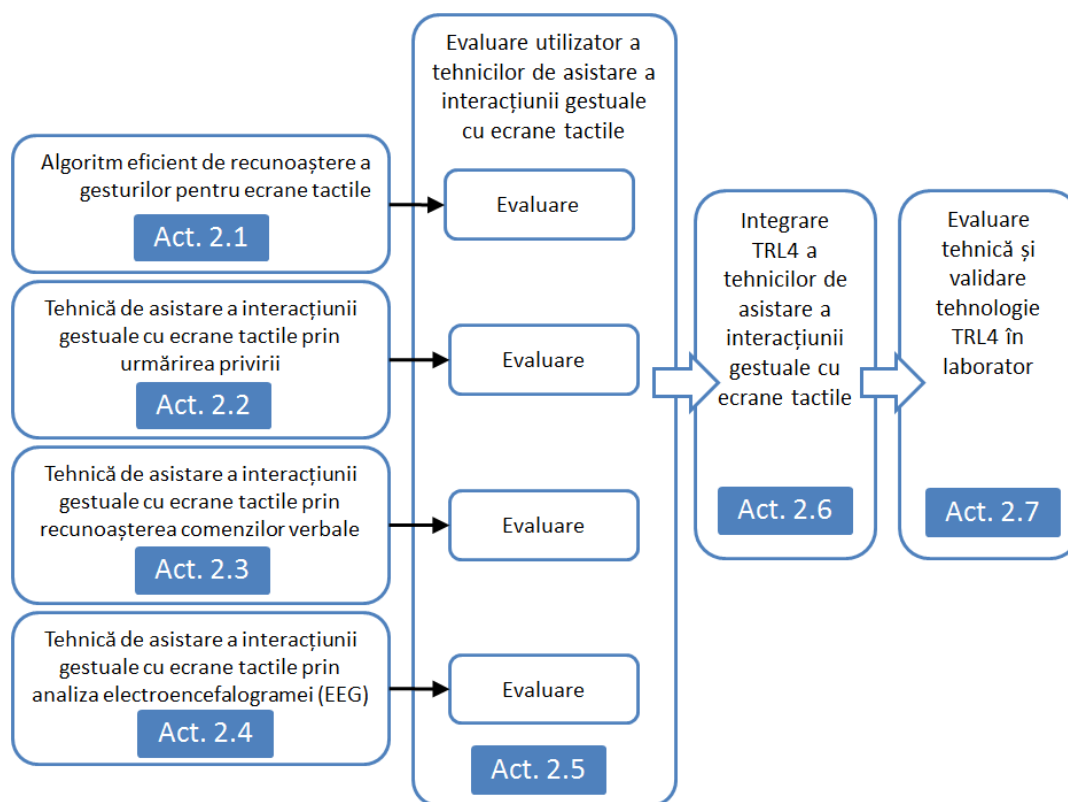


Figura 1. Diagrama organizării, desfășurării și interdependențelor dintre activitățile planificate și realizate în cadrul etapei nr. 2 (anul 2018) de implementare a proiectului de cercetare-dezvoltare.

Rezultate așteptate pentru etapa nr. 2, perioada ianuarie – decembrie 2018, conform planului de realizare

- Raport de cercetare
- Set de date experimentale
- Algoritm de recunoaștere a gesturilor de atingere
- Tehnici de asistare a interacțiunii gestuale cu ajutorul privirii, comenzilor verbale și/sau electroencefalogrammei (EEG)
- Integrare TRL-4 sub forma de tehnologie validată în laborator
- Lucrări științifice

2. DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ CU PUNEREA ÎN EVIDENȚĂ A REZULTATELOR ETAPEI, A GRADULUI DE REALIZARE A OBIECTIVELOR ȘI A MODULUI DE DISEMINARE A REZULTATELOR

Activitățile etapei au fost centrate pe obținerea și validarea rezultatelor așteptate, conform planului de realizare a proiectului. În acest sens, au fost colectate două seturi de date (față de unul preconizat, dintre care setul de gesturi efectuate pe dispozitive mobile reprezintă **cel mai mare set de gesturi public din literatura domeniului pentru utilizatori cu dizabilități motorii constând în 9,681 înregistrări**); a fost proiectat, implementat și validat un algoritm de recunoaștere a gesturilor extrem de eficient ca acuratețe și timp de execuție (*i.e.*, algoritmul ȘQ, premiat cu **Honorable Mention Award** în cadrul conferinței ACM MobileHCI '18, rang B, conform ARC CORE 2018); au fost dezvoltate și evaluate tehnici de interacțiune folosind comenzi verbale, urmărirea privirii și asistarea interacțiunii folosind informații din analiza EEG, componente ce au fost integrate într-un sistem de nivel TRL-4; iar rezultatele științifice au fost diseminate în cadrul etapei într-un număr de **10 lucrări (dintre care, 2 în cadrul unei conferințe A*, o lucrare în cadrul unei conferințe A și 5 lucrări în conferințe de rang B, conform ARC CORE 2018)**. În continuare, acest raport prezintă descrierea științifică a etapei în funcție de fiecare rezultat așteptat.

2.1 Set de date experimentale

Un prim rezultat al etapei este reprezentat de constituirea unor seturi de date experimentale privind modul în care utilizatorii cu dizabilități motorii realizează gesturi pe ecrane tactile, împreună cu date privind pronunția comenzilor verbale, urmărirea privirii și activitatea electroencefalografică (EEG) din timpul execuției gesturilor. Datele au fost structurate în această etapă în două seturi, astfel:

- Un set de date alcătuit din **9,681 gesturi efectuate pe ecrane tactile de către 70 de participanți**, dintre care 35 participanți cu diverse tipuri de dizabilități motorii (tabelul 1 prezintă o descriere demografică a participanților cu dizabilități motorii iar figura 4 ilustrează o cuantificare a nivelului abilităților motorii ale acestora, conform unor teste standard). **Acest set reprezintă cel mai mare set de gesturi public din literatură pentru utilizatori cu dizabilități motorii.** Figura 2 exemplifică fotografiile relevante capturate în timpul achiziționării acestui set de date.
- Un set de date alcătuit din **3,600 înregistrări audio, EEG și date privind urmărirea privirii în timpul realizării de gesturi**, colectat de la 25 de participanți, dintre care 9 cu dizabilități motorii (o parte dintre participanții din primul experiment/set). **Acest set reprezintă singurul set de date public din literatură privind corelarea gesturi-voce-privire-EEG pentru dizabilități motorii.** Figura 3 exemplifică fotografiile relevante capturate în timpul achiziționării acestui set de date.

Achiziția datelor experimentale a fost realizată cu **respectarea procedurii Universității Ștefan cel Mare din Suceava privind etica în cercetarea științifică** (procedura USV-PO-04), respectiv cu **obținerea acordului Comisiei de Etică al universității privind derularea de experimente și studii care implică subiecți umani (nr. 16854/26.10.2017)**. Aplicația software folosită pentru achiziția datelor este disponibilă în regim open-source pe pagina proiectului de cercetare și a făcut subiectul unei publicații științifice (Gherman *et al.*, 2018 în cadrul conferinței DAS 2018, lucrare indexată IEEEExplore).



Figura 2. Participanți (N=35) cu dizabilități motorii executând gesturi pe dispozitive cu ecrane tactile; vezi tabelul 1 pentru date demografice și figura 4 pentru o cuantificare a abilităților motorii ale participanților folosind teste standard.



Figura 3. Participanți (N=9) cu dizabilități motorii executând gesturi pe ecrane tactile simultan cu pronunția comenzilor verbale, achiziția datelor EEG și a datelor privind urmărirea privirii.

Participant	Condition	Since	Finger used to enter stroke-gestures	Completion
P ₁ (37 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6) [†]	2003	Little finger (knuckle)	100%
P ₂ (37 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	2002	Thumb; other fingers fixed to the physical edges of the device	100%
P ₃ (53 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C7)	1997	Middle finger (knuckle)	97.9%
P ₄ (40 yrs., male)	Cerebral Palsy	1996	Index finger (fingertip) of a rigid hand moved from the shoulder	99.3%
P ₅ (34 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2000	Little finger (knuckle); no wrist control, wears a hand strap	100%
P ₆ (28 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	2017	Index finger (fingertip); wears a hand strap	97.9%
P ₇ (44 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	1994	Thumb; other fingers held fixed to the edges of the device	99.3%
P ₈ (34 yrs., male)	Cerebral Palsy	1983	Index finger (fingertip)	21.5%
P ₉ (34 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	2015	Little finger (knuckle); wrist gets tired very quickly	99.3%
P ₁₀ (14 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2017	Little finger (knuckle); no patience to use touch after the injury	100%
P ₁₁ (54 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2017	Little finger (knuckle)	64.6%
P ₁₂ (48 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2017	Index finger (fingertip)	91.0%
P ₁₃ (37 yrs., female)	Meningitis	1980	Index finger (fingertip)	99.3%
P ₁₄ (45 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	2013	Thumb	100%
P ₁₅ (14 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2016	Middle finger (fingertip)	100%
P ₁₆ (14 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2016	Little finger (knuckle)	100%
P ₁₇ (42 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C4-C5)	1996	Index finger (fingertip)	93.8%
P ₁₈ (15 yrs., female)	Spinal Cord Injury (C6)	2015	Index finger (fingertip)	100%
P ₁₉ (28 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C7)	2006	Index finger (fingertip)	100%
P ₂₀ (28 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2017	Uses a pen attached to the palm with a hand strip	28.5%
P ₂₁ (26 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C7)	2018	Index finger (fingertip)	100%
P ₂₂ (29 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	2016	Little finger (knuckle)	100%
P ₂₃ (42 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	1995	Thumb	100%
P ₂₄ (43 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6)	2003	Middle finger (fingertip)	100%
P ₂₅ (23 yrs., male)	Phocomelia	1995	Middle finger (fingertip)	100%
P ₂₆ (22 yrs., female)	Spastic Tetraparesis, Cerebral Palsy	1996	Index finger (fingertip)	88.9%
P ₂₇ (21 yrs., male)	Spastic Tetraparesis	1997	Index finger (fingertip)	93.8%
P ₂₈ (32 yrs., male)	Spastic Tetraparesis	1986	Index finger (fingertip)	88.2%
P ₂₉ (42 yrs., male)	SCI (A-type complete Tetraplegia)	2006	Thumb	100%
P ₃₀ (30 yrs., male)	Spinal muscular atrophy (Kugelberg Welander type III)	1990	Index finger (fingertip)	100%
P ₃₁ (31 yrs., male)	SCI (A-type complete Tetraplegia)	2010	Thumb	100%
P ₃₂ (22 yrs., female)	Muscular Dystrophy (Limb-girdle)	2004	Index finger (fingertip)	87.5%
P ₃₃ (34 yrs., male)	Muscular Dystrophy (Duchenne)	1996	n/a (video recording lost)	100%
P ₃₄ (67 yrs., male)	Parkinson's disease	2014	Index finger (fingertip)	87.5%
P ₃₅ (23 yrs., male)	Spastic Tetraparesis	1995	Index finger (fingertip)	99.3%

[†] The code following in the parentheses denotes the affected vertebra(e), e.g., "(C6)" refers to traumatic injury at the 6th cervical vertebra.

Tabelul 1. Caracteristicile demografice ale participanților cu dizabilități motorii alături de gradul de finalizare a experimentului.

Pentru caracterizarea abilităților motorii ale participanților, au fost folosite teste standard, aplicate și interpretate de către **Dr. Maria Schipor, psiholog, membru al Colegiului Psihologilor din România:**

- ARAT (Action Research Arm Test), un instrument ce evaluează capacitatea unei persoane de a manipula obiecte de diverse dimensiuni și greutate (Yozbatiran *et al.*, 2008; Platz *et al.*, 2005).
- ABILHAND, măsoară abilitatea manuală percepută de persoana evaluată, indiferent de membrul utilizat și incluzând orice strategie de compensare (Vandervelde, 2010; Wang *et al.*, 2011).
- WHODAS 2.0, dezvoltat de Organizația Mondială a Sănătății (WHODAS, 2017) pentru evaluarea dizabilității și afectării funcționale în șase domenii (ICF, 2001): cogniție, mobilitate, autoîngrijire, interacțiunea cu alte persoane, activități cotidiene și participarea în societate.
- Autoeficiența utilizării dispozitivelor cu ecrane tactile, chestionar adaptat după “Autoeficiența în utilizarea computerului” (Knezeck și Christensen, 1997) cu 8 itemi de tip Likert.
- Scala rezilienței CD-RISC (Connor și Davidson, 2003), un instrument alcătuit din 25 de itemi pentru autoevaluarea nivelului resimțit al rezilienței. (Reziliența vizează totalitatea capacităților ce permit unei persoane să facă față adversității iar modelul teoretic utilizat în conceptualizarea rezilienței este homeostazia, potrivit căruia persoana umană tinde să dezvolte în permanență un echilibru biopsihospiritual, conform Richardson *et al.*, 1990).

Figura 4 ilustrează rezultatele evaluării motricității pentru cele două grupuri experimentale.

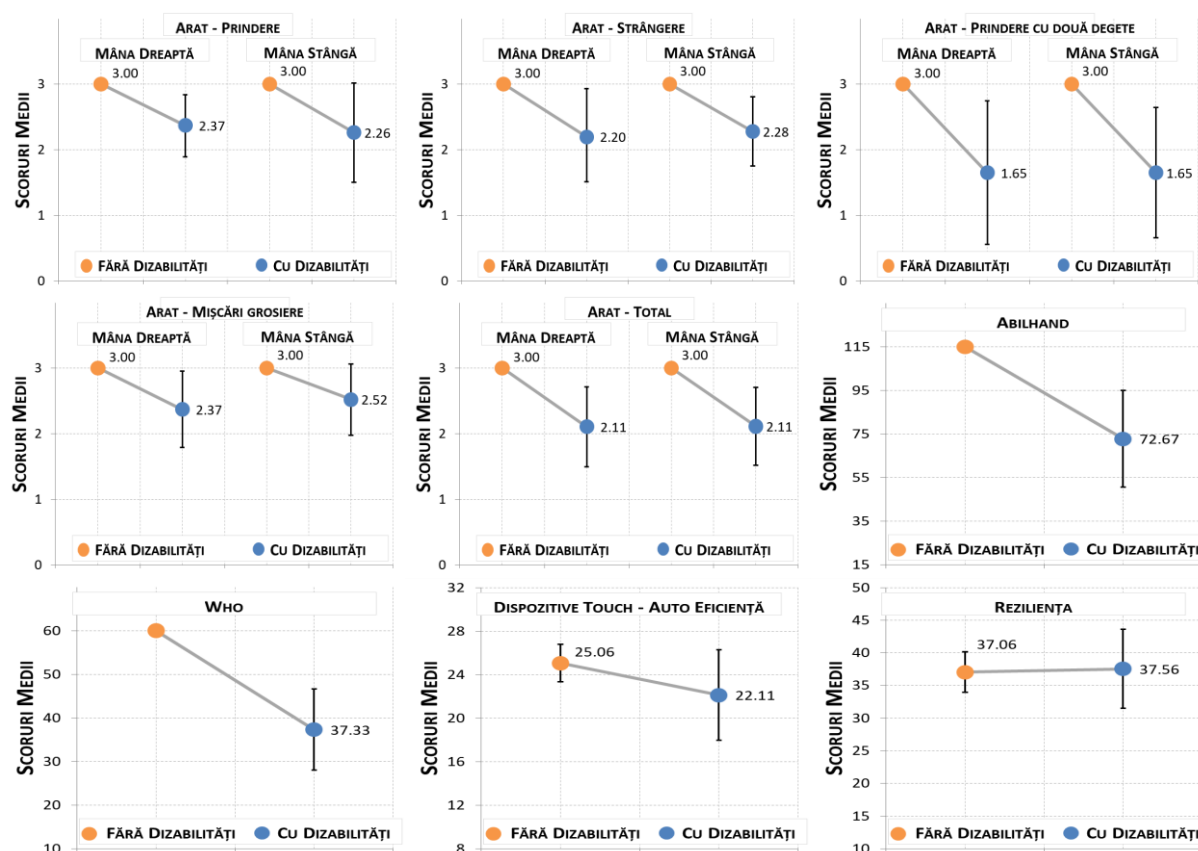


Figura 4. Rezultatele testelor privind abilitățile motorii pentru participanții cu și fără dizabilități.

Gesturile achiziționate de la participanții cu și fără dizabilități motorii sunt ilustrate în Figura 5. Tabelul 2 prezintă rezultate statistice comparative privind performanța execuției gesturilor realizate de către participanții din cele două grupuri experimentale, din perspectiva următoarelor mărimi:

- Mărimi de performanță a execuției pentru gesturi direcționale de tip *swipe*.
- Mărimi de performanță geometrică a execuției gesturilor simbolice, conform recomandărilor din literatura domeniului (Vatavu *et al.*, 2013, 2014).
- Mărimi de performanță temporală a execuției gesturilor, conform (Vatavu *et al.*, 2013).
- Mărimi de performanță a articulației gesturilor și mărimi de caracterizare a consecvenței gesturilor, conform (Vatavu *et al.*, 2013; Anthony *et al.*, 2013) și (Vatavu și Wobbrock, 2015).

Diferențele de performanță au fost caracterizate statistic folosind testul *t*, respectiv versiunea robustă a testului *t* a lui Yuen, conform implementării în limbajul R de către Rand Wilcox²; vezi tabelul 2.



Figura 5. Gesturile executate de către participanții cu dizabilități motorii (imaginea de sus), respectiv de participanții fără dizabilități (imaginea de jos). În total, un număr de 9,681 de gesturi sunt afișate suprapus în această figură.

Measure	Type	Unit	Mean		20%-trimmed Mean		Test [‡]	p-value	Effect [§]
			with MI [†]	no MI	with MI	no MI			
❶ Directional swipes: Geometrical and kinematic measures of performance									
1 Path length	absolute	cm	5.3	5.4	5.2	5.3	$T_{y(35,984)} = 0.340$	$p = .736$	$\zeta = .062$
2 Production time	absolute	s	0.9	0.4	0.6	0.4	$T_{y(26,314)} = 2.892$	$p = .008$	$\zeta = .68$
3 Line steadiness	absolute	.	1.21	1.09	1.07	1.01	$T_{y(20,015)} = 3.203$	$p = .004$	$\zeta = .789$
❷ Symbolic gestures: Geometrical measures of performance									
4 Path length	absolute	cm	16.5	17.1	14.6	16.3	$t_{(68)} = 0.624$	$p = .534$	$r = .075$
5 Length Error, within	relative	cm	2.5	1.8	1.8	1.6	$T_{y(31,562)} = 1.923$	$p = .063$	$\zeta = .363$
6 Length error, between	relative	cm	5.6	3.3	3.6	2.5	$T_{y(22,668)} = 3.063$	$p = .006$	$\zeta = .556$
7 Size	absolute	cm ²	23.3	24.5	18.7	21.5	$T_{y(31,345)} = 0.596$	$p = .596$	$\zeta = .097$
8 Size error, within	relative	cm ²	6.1	4.6	4.3	3.8	$T_{y(27,866)} = 1.925$	$p = .064$	$\zeta = .449$
9 Size error, between	relative	cm ²	13.6	8.8	12.8	7.3	$T_{y(25,213)} = 3.370$	$p = .002$	$\zeta = .580$
10 Total turning angle	absolute	rad	75.6	30.9	60.7	29.8	$T_{y(25,260)} = 4.115$	$p < .001$	$\zeta = .863$
11 Bending error, within	relative	rad	0.5	0.3	0.4	0.3	$t_{(37,831)} = 5.253$	$p < .001$	$r = .649$
12 Bending error, between	relative	rad	0.65	0.44	0.63	0.44	$T_{y(23,563)} = 6.568$	$p < .001$	$\zeta = .921$
❸ Symbolic gestures: Kinematic measures of performance									
13 Production time	absolute	s	3.4	1.7	2.7	1.7	$T_{y(29,902)} = 4.352$	$p < .001$	$\zeta = .779$
14 Time error, within	relative	s	1.0	0.4	0.5	0.3	$T_{y(28,095)} = 3.849$	$p < .001$	$\zeta = .721$
15 Time error, between	relative	s	2.3	0.7	1.8	0.7	$T_{y(31,467)} = 13.020$	$p < .001$	$\zeta = .926$
❹ Symbolic gestures: Articulation preference measures									
16 Number of strokes	absolute	.	2.0	1.7	1.8	1.6	$T_{y(34,545)} = 2.777$	$p = .008$	$\zeta = .523$
17 Stroke error, within	relative	.	0.4	0.1	0.3	0.1	$T_{y(26,573)} = 4.700$	$p < .001$	$\zeta = .757$
18 Stroke error, between	relative	.	0.5	0.2	0.3	0.2	$T_{y(31,737)} = 2.135$	$p = .041$	$\zeta = .421$
❺ Symbolic gestures: Articulation consistency									
19 Consistency, within	relative	.	.630	.834	.674	.837	$T_{y(23,478)} = 3.446$	$p = .002$	$\zeta = .792$
20 Consistency, between	relative	.	.233	.468	.225	.458	$t_{(22)} = 3.034$	$p = .006$	$r = .543$

[†]MI abbreviates "Motor Impairments"; [§]Statistically significant differences ($p < .05$) and large and medium effect sizes ($\zeta > .35$ or $r > .50$) are highlighted.

Tabelul 2. Mărimi de performanță și teste statistice pentru gesturile executate de către participanții cu și fără dizabilități motorii. Notă: rândurile evidențiate indică diferențe semnificative ($p < .05$), respectiv efecte statistice medii/mari.

² <https://dornsife.usc.edu/labs/rwilcox/software/>

Tot în cadrul acestei activități, am realizat explorarea de gesturi interactive pentru dispozitive smart ce pot fi purtate, cum ar fi inelele, datorită interesului recent în comunitatea științifică și posibilității acestora de a funcționa complementar cu dispozitive cu ecran tactil. În acest sens, am colectat un număr de 672 de preferințe privind comenzi gestuale de la N=24 participanți conform metodologiei (Vatavu și Wobbrock, 2015), rezultând astfel primul set de date din literatura domeniului. Rezultatele au făcut subiectul unor publicații științifice (Gheran *et al.*, 2018a, 2018b în cadrul ACM DIS '18, conferință de rang B, conform ARC CORE 2018, respectiv RoCHI '18, unde am evidențiat oportunitățile pentru utilizatorii cu dizabilități motorii privind combinarea interacțiunii tactile cu gesturi achiziționate cu alte dispozitive).

Secvențe video reprezentative pentru seturile de date achiziționate în cadrul acestei etape pot fi vizualizate în două montaje video disponibile pe pagina web a proiectului; vezi și figura 6.

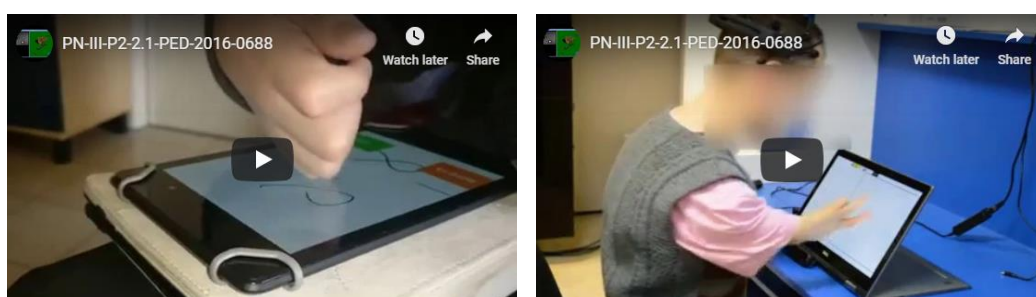


Figura 6. Secvențe video reprezentative pentru achiziționarea datelor experimentale (filmele pot fi vizualizate la efectuarea unui click pe fiecare dintre imaginile de mai sus). *Stânga:* gesturi realizate pe dispozitive mobile cu ecran tactil. *Dreapta:* achiziționarea simultană de gesturi, comenzi vocale, date privire și EEG.

Rezultatele analizei comparative (tabelul 2) au evidențiat dificultăți în realizarea gesturilor de către persoanele cu dizabilități motorii, vizibile mai ales în ce privește timpul de execuție (e.g., 3.4s vs. 1.7s în medie pentru execuția gesturilor simbolice; vezi tabelul 2, rândul 13). Drept urmare, am dezvoltat în cadrul acestei etape o nouă metodă, bazată pe teoria cinematică a mișcării umane (en.: *Kinematic Theory of Rapid Human Movements*) introdusă de (Plamondon, 1995), care permite estimarea timpului de execuție a gesturilor pe ecrane tactile. Rezultatele, realizate în colaborare cu Prof. Plamondon (École Polytechnique de Montréal, Canada, indice $h=44^3$) și Dr. Leiva (Valencia, Spania), au fost diseminate în cadrul a patru lucrări științifice la manifestări de prestigiu (i.e., Leiva *et al.* 2018a și Ungurean *et al.*, 2018a în cadrul **ACM CHI '18, conferință de rang A***, conform ARC CORE 2018, respectiv Leiva *et al.*, 2018b și Ungurean *et al.*, 2018b în cadrul **ACM MobileHCI '18, conferință de rang B**, conform ARC CORE 2018). Tabelul 3 ilustrează rezultatele metodei împreună cu teste de semnificație statistică.

Predictor	Without motor impairments (N=10 participants)					With motor impairments (N=10 participants)				
	Ground truth (s)	Predicted (s)	Absolute error (s)	Relative error	t-test	Ground truth (s)	Predicted (s)	Absolute error (s)	Relative error	t-test
Mean	1.80 [†]	1.90	0.20	11.7%	$t_{(4)}=-3.96$, $p=.017$, $r=1.00$	3.98 [†]	3.83	0.15	3.7%	$t_{(4)}=1.49$, $p=.212$, $r=1.00$
Median	1.80 [†]	1.77	0.07	4.1%	$t_{(4)}=0.39$, $p=.717$, $r=.70$	3.98 [†]	2.20	1.78	44.8%	$t_{(4)}=8.37$, $p=.001$, $r=0.90$
20%-trimmed mean	1.80 [†]	1.83	0.13	7.6%	$t_{(4)}=-1.18$, $p=.302$, $r=1.00$	3.98 [†]	2.68	1.30	32.5%	$t_{(4)}=8.20$, $p=.001$, $r=1.00$
20%-Winsorized mean	1.80 [†]	1.86	0.16	9.4%	$t_{(4)}=-1.63$, $p=.179$, $r=1.00$	3.98 [†]	3.55	0.43	10.7%	$t_{(4)}=3.70$, $p=.021$, $r=1.00$

Tabelul 3. Predicția performanței (timpul de execuție) pentru gesturi efectuate de persoane cu și fără dizabilități motorii.

³ <https://scholar.google.com/citations?user=486uCVgAAAAJ&hl=en>

2.2 Algoritm de recunoaștere a gesturilor de atingere

Un al doilea rezultat important al etapei este reprezentat de **proiectarea, implementarea și validarea unui algoritm performant de recunoaștere a gesturilor efectuate pe dispozitive cu ecran tactil**. În acest sens, am folosit drept punct de start nucleul algoritmului \$P\$ de tip NN – Nearest Neighbor (Vatavu *et al.*, 2012), datorită flexibilității acestuia de a recunoaște corect gesturi indiferent de modul de execuție. Din păcate, \$P\$ are o complexitate temporală $\Theta(n^{2.5} \cdot T)$, unde n este numărul de puncte din fiecare gest iar T cardinalitatea mulțimii de antrenare; vezi (Vatavu *et al.*, 2012). Din acest motiv, \$P\$ nu este practic pentru dispozitive mobile de tipul telefoanelor smart, întrucât poate ajunge la un timp de clasificare de până la 5s pentru procesoare de tip Cortex-A53, respectiv 11s pentru Cortex-A5; vezi figura 7 pentru măsurători realizate în cadrul acestei activități (4 CPU × 16 scenarii de antrenare). Pentru a obține un algoritm eficient, am introdus \$Q\$, un succesor al \$P\$, cu două îmbunătățiri algoritmice majore: abandonarea calculelor redundante, respectiv folosirea unei logici bazate pe limite inferioare (en.: *lower bounds*) pentru minimizarea apelurilor distanței \$P\$ de complexitate $\Theta(n^{2.5})$. Algoritmul \$Q\$ are aceeași rată ridicată de recunoaștere a gesturilor (figura 8), dar **folosește doar 3% din calculele necesare algoritmului \$P\$**. Acest rezultat remarcabil a fost publicat în cadrul conferinței **ACM MobileHCI '18 (rang B, conform ARC CORE 2018)**, fiind distins cu **Honorable Mention Award**. Figura 9 prezintă secvențe de pseudocod în timp ce pseudocodul complet al algoritmului \$Q\$ se află pe pagina web a proiectului.

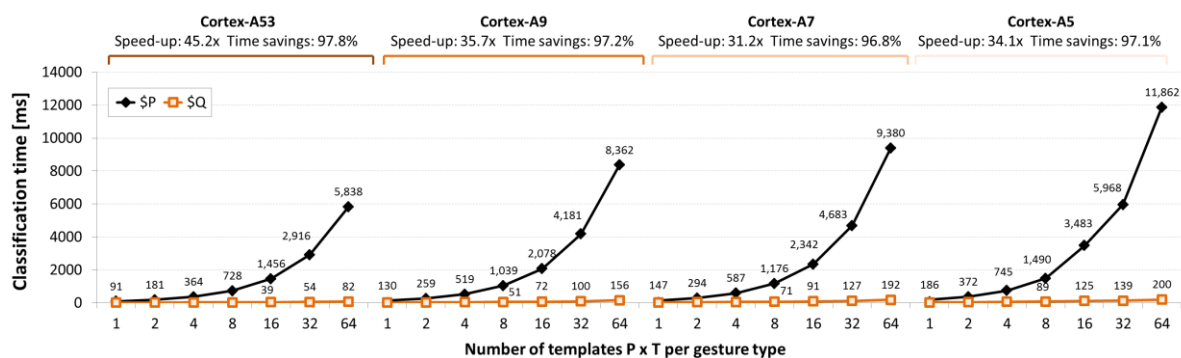


Figura 7. Timpul de execuție al algoritmului de recunoaștere a gesturilor \$Q\$, evaluat pe diverse tipuri de arhitecturi CPU folosite în dispozitivele mobile actuale, este de până la 45 de ori mai mic decât în cazul algoritmului \$P\$ (-97% reducere timp calcul).

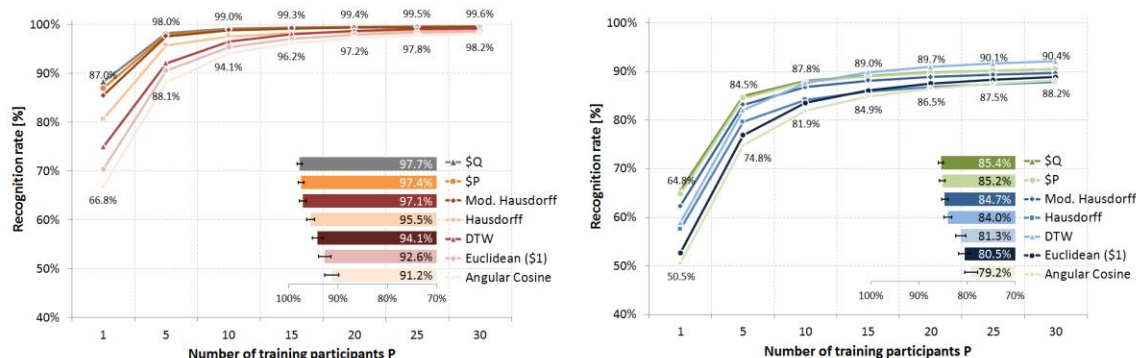


Figura 8. Rata de recunoaștere a algoritmului \$Q\$ (calculată independent de utilizator) se apropie de 100% pentru participanții fără dizabilități (stânga), respectiv 90% pentru participanții cu dizabilități motorii (dreapta). *Notă: pentru perspectivă, figura prezintă performanțele algoritmului NN cu alte distanțe folosite frecvent în literatură, i.e., Hausdorff, Euclidiană, DTW, etc.*

\$Q-RECOGNIZER (POINTS points, TEMPLATES templates) 1: $n \leftarrow 32, m \leftarrow 64$ // defaults for cloud size (n) and size of the look-up table (m) 2: NORMALIZE (points, n, m) // templates have already been normalized 3: $score \leftarrow \infty$ 4: for each template in templates do 5: $d \leftarrow \text{CLOUD-MATCH}(\text{points}, \text{template}, n, \text{score})$ 6: if $d < score$ then 7: $score \leftarrow d$ 8: $result \leftarrow \text{template}$ 9: return (result, score) // the closest template from the set and the smallest score	CLOUD-MATCH (POINTS points, POINTS template, int n, int min) 1: $step \leftarrow \lfloor n^{0.5} \rfloor$ 2: // compute lower bounds for both matching directions between points and template 3: $LB_1 \leftarrow \text{COMPUTE-LOWER-BOUND}(\text{points}, \text{template}, step, \text{template.LUT})$ 4: $LB_2 \leftarrow \text{COMPUTE-LOWER-BOUND}(\text{template}, \text{points}, step, \text{points.LUT})$ 5: for $i \leftarrow 0$ to $n - 1$ step $step$ do 6: if $LB_{1[i/step]} < min$ then 7: $min \leftarrow \text{MIN}(min, \text{CLOUD-DISTANCE}(\text{points}, \text{template}, n, i, min))$ 8: if $LB_{2[i/step]} < min$ then 9: $min \leftarrow \text{MIN}(min, \text{CLOUD-DISTANCE}(\text{template}, \text{points}, n, i, min))$ 10: return min
CLOUD-DISTANCE (POINTS points, POINTS template, int n, int start, float minSoFar) 1: $unmatched \leftarrow \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ // indices of unmatched points from template 2: $i \leftarrow start$ // start the matching from this index in the points cloud 3: $weight \leftarrow n$ // weights decrease from n to 1 4: $sum \leftarrow 0$ // computes the cloud distance between points and template 5: do 6: $min \leftarrow \infty$ 7: for each j in $unmatched$ do 8: $d \leftarrow \text{SQE-EUCLIDEAN-DISTANCE}(\text{points}_{[j]}, \text{template}_{[j]})$ 9: if $d < min$ then 10: $min \leftarrow d$ 11: $index \leftarrow j$ 12: REMOVE (unmatched, index) // implementable in $O(1)$ 13: $sum \leftarrow sum + weight \cdot min$ 14: if $sum \geq minSoFar$ then 15: $return$ sum // early abandoning of computations 16: $weight \leftarrow weight - 1$ // weights decrease from n to 1 17: $i \leftarrow (i + 1) \text{ MOD } n$ // advance to the next point in points 18: until $i == start$ 19: return sum	COMPUTE-LOWER-BOUND (POINTS points, POINTS template, int step, int[,] LUT) 1: $LB \leftarrow \text{new float}[n/step + 1]$ // multiple lower bounds, one for each starting point 2: $SAT \leftarrow \text{new float}[n]$ // summed area table for fast computations (see text) 3: // first, compute the lower bound for starting point index 0 4: $LB_{[0]} \leftarrow 0$ 5: for $i \leftarrow 0$ to $n - 1$ do 6: $index \leftarrow \text{LUT}[\text{points}_{[i]}.x, \text{points}_{[i]}.y]$ 7: $d \leftarrow \text{SQE-EUCLIDEAN-DISTANCE}(\text{points}_{[i]}, \text{template}_{[index]})$ 8: $SAT_{[i]} \leftarrow (i == 0) ? d : SAT_{[i-1]} + d$ 9: $LB_{[0]} \leftarrow LB_{[0]} + (n - i) \cdot d$ 10: // compute the lower bound for the other starting points (see formula in the text) 11: for $i \leftarrow step$ to $n - 1$ step $step$ do 12: $LB_{[i/step]} \leftarrow LB_{[0]} + i \cdot SAT_{[n-1]} - n \cdot SAT_{[i-1]}$ 13: return LB

Figura 9. Nucleul algoritmului \$Q de recunoaștere a gesturilor. Notă: pseudocodul complet se află pe pagina web a proiectului.

2.3 Tehnici de asistare a interacțiunii gestuale cu ajutorul privirii, comenzilor verbale și/sau electroencefalogramei (EEG)

În vederea asistării interacțiunii prin gesturi folosind alte modalități, am proiectat și implementat în această etapă tehnici de interacțiune folosind comenzi vocale, comenzi introduse doar prin mișcarea ochilor, respectiv folosirea datelor EEG pentru asistarea interacțiunii, în conformitate cu activitățile planului de realizare. Următoarele componente software au fost implementate și evaluate (nivel TRL-3):

1. Proiectarea și implementarea unei componente de recunoaștere a comenzilor verbale.

Această componentă utilizează Google Cloud Speech-to-Text⁴ pentru transformarea în text a fluxului audio conținând comanda pronunțată de utilizator. Pentru implementare, am recurs la varianta API asincronă a procesului de recunoaștere pentru a nu condiționa utilizatorul la segmentarea prin acțiuni externe (e.g., mouse, tastatură, etc.) a momentelor de început și de sfârșit pentru comenzile pronunțate. Datele audio sunt transmise către Google Cloud pe măsură achiziționării, în flux direct, fără a mai fi salvate în fișiere temporare. Pentru fiecare rezultat recunoscut primit de la serviciul Google Cloud, am calculat gradul de similaritate Levenshtein față de comenzi verbale dintr-un fișier de configurare. În cazul în care magnitudinea similarității depășește un anumit prag de încredere, acțiunea asociată comenzii respective va fi executată, e.g., deschide un document pentru navigare. Comenzile considerate pentru această tehnică, de tip Acțiune (Verb) - Obiect (Complement), sunt prezentate în tabelul 4.

Navighează document	Repetă comandă	Verifică sănătate	Deplasează sus
Confirmă preferință	Finalizează plată	Configurează sistem	Mută jos

⁴ <https://cloud.google.com/speech-to-text/>

Deschide meniu	Calculează rezultat	Derulează conținut	Mergi dreapta
Închide aplicație	Grupează obiecte	Anulează acțiune	Sari stânga

Tabelul 4. Comenzi verbale implementate în cadrul componentei software de recunoaștere vocală.

- Proiectarea și implementarea unei componente software de recunoaștere a comenzilor realizate cu ochii.** Această componentă urmărește detecția fixărilor realizate cu ochii în locații de pe marginea ecranului. Am ales aceste locații în mod special pentru a nu suprapune funcționarea acestei componente cu implementările standard ale interacțiunii folosind privirea, care sunt centrate strict pe suprafața activă a ecranului. Secvențele de fixări la locații predefinite pe marginea ecranului (e.g., secvența 1-3-5; vezi figura 10) au fost parametrizate în funcție de numărul de locații, respectiv de poziționarea acestora. Pentru implementare am ales 20 de comenzi de lungime $k = 2$ (i.e., două puncte ce trebuie fixate, în ordine, pe marginea ecranului), respectiv de lungime $k = 3$; vezi figura 11.

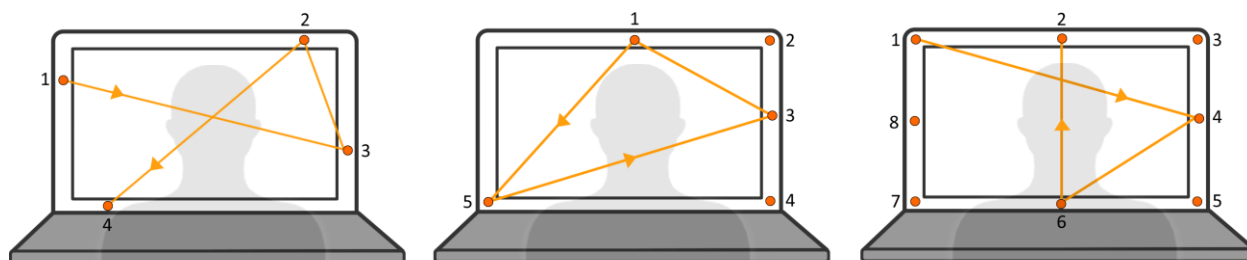


Figura 10. Exemple de secvențe de fixări ale ochilor pe marginea ecranului care, realizate în ordine, execută diverse comenzi.

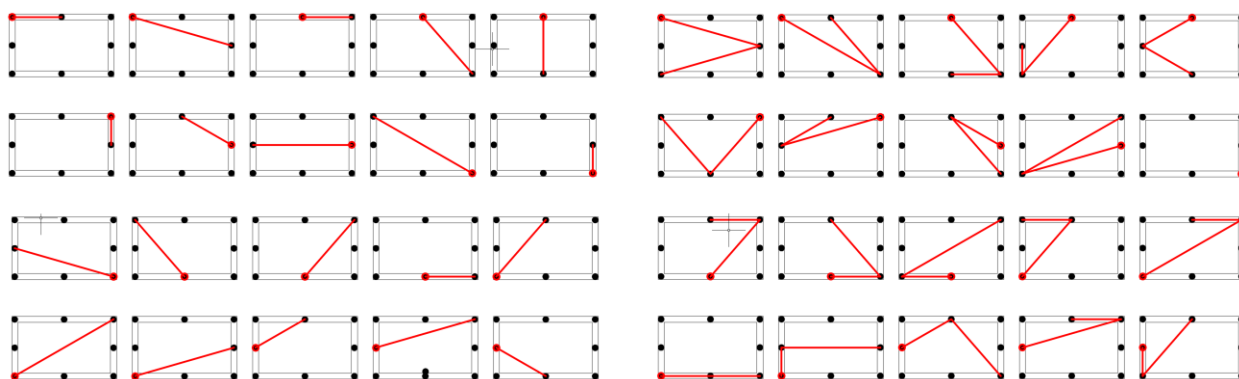


Figura 11. Comenzi executate cu ochii, de lungime 2 și 3, prin fixarea pe anumite locații predefinite pe marginea ecranului.

- Proiectarea și implementarea unei componente de asistare a interacțiunii prin determinarea stării cognitive și emoționale a utilizatorului ca urmare a procesării datelor EEG.** Pentru această componentă am folosit SDK-ul dispozitivului Emotiv Epoc+⁵ care permite detecția și raportarea, în flux continuu, a unor aspecte cognitiv-emoționale reprezentative pentru utilizatorul care poartă casca neuronală. Măsurătorile considerate au vizat excitația instantanee (en.: *Short Term Excitement*) – o evaluare numerică a stării de interes pentru activitatea

⁵ <https://www.emotiv.com/developer/>



desfășurată; excitația pe termen lung (en.: *Long Term Excitement*) – măsurătoarea similară pentru intervale de ordinul minutelor; gradul de implicare (en.: *Boredom / Engagement*) – o evaluare numerică a angajării cognitive în sarcina curentă; gradul de meditație (en.: *Meditation*), reprezentând o caracterizare numerică a stării cognitive de calm, detectată prin prezența undelor theta; respectiv frustrarea (en.: *Frustration*) – o cuantificare a nivelului de frustrare resimțit de către utilizator ca o consecință a sarcinii realizate. Folosind aceste măsurători, am implementat o componentă de asistare a utilizatorului în realizarea execuției gesturilor prin furnizarea unui feedback personalizat, dirijat de o logică probabilistică, constând în mesaje din 4 categorii (C₁-C₄): C₁ - încurajarea activității (e.g., “*Ritmul de lucru este bun!*” sau “*Interacționezi bine cu aplicația!*”), C₂ - ghidare la nivel general (e.g., “*Știi ca sistemul se adaptează pe măsură ce îl folosești?*” sau “*Știi ca poți alterna modalitățile?*”), C₃ - ghidare privind modalitățile de intrare mai puțin folosite (e.g., “*Te-ar putea ajuta și modalitatea...*”), respectiv C₄ - ghidare privind modalitățile folosite frecvent (e.g., “*Execuți bine comenzi cu modalitatea...*”). Fiecare categorie de mesaje are asociată un nivel de probabilitate de activare, actualizat permanent în timpul utilizării aplicației în funcție de istoricul comenzilor executate și de starea cognitivă și emoțională a utilizatorului. De exemplu, un nivel ridicat de frustrare va crește în progresie geometrică (e.g., $p(t) = p(t-1) \cdot \rho$) probabilitatea de afișare a mesajelor din categoria de încurajare (C₁), respectiv a celor privind modalități alternative de a executa o comandă (C₃).

2.4 Integrare TRL-4 sub forma de tehnologie validată în laborator

Componentele software implementate și evaluate individual au fost integrate în aplicația software VErGE (Voice, Eye gaze, Gesture & EEG) într-o implementare .NET/WPF folosind:

- Laptop/tabletă (de tip 2-în-1) Dell Inspiron 5578 cu ecran multi-touch (10 puncte de atingere detectate simultan) de dimensiune 15.6 inch, rezoluție 1920×1080 pixeli și 141 ppi. Ecranul laptop-ului permite achiziția de gesturi de atingere, dar aplicația VErGE oferă utilizatorilor și o modalitate alternativă pentru introducerea de comenzi gestuale, și anume realizarea acestora pe un telefon smart conectat la aplicație printr-o conexiune wireless.
- Telefon smart pentru achiziția gesturilor de atingere care rulează o implementare a algoritmului de recunoaștere ȘQ în JavaScript/HTML5. Am optat pentru această modalitate alternativă de introducere a gesturilor întrucât, în timpul experimentelor de achiziție a datelor, am observat diverse dificultăți ale participanților cu dizabilități motorii în atingerea ecranului laptop-ului, în timp ce telefonul smart, de dimensiuni și greutate mult mai reduse, poate fi manevrat mai ușor privind apucarea, poziționarea, fixarea într-o poziție stabilă, atingerea ecranului, inclusiv folosind două mâini. Astfel, aplicația VErGE implementează principiul proiectării centrate pe abilitățile fiecărui utilizator, conform (Wobbrock *et al.*, 2018).
- Eye tracker MyGaze Developer Edition cu o frecvență a cadrelor de 30Hz, acuratețe în estimarea poziției privirii (en.: *gaze position accuracy*) de 0.5°, respectiv rezoluție spațială (RMS) 0.1°.
- Microfon încorporat laptop Dell și componenta software aferentă pentru recunoașterea comenzilor vocale folosind Google Cloud Speech-to-Text și distanța Levenshtein.

- Cască neuronală Emotiv EPOC+ cu 14 canale EEG (AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4), rezoluție de 14 biți pentru fiecare canal, frecvență a cadrelor de 128 pe secundă, lățime de bandă 0.2-43Hz, comunicație wireless, SDK Emotiv.

Figura 12 ilustrează schema bloc a aplicației software integrate VErGE cu individualizarea dispozitivelor, componentelor și tehnologiilor folosite. Un fișier de configurare specifică parametrii aplicației, lista comenzilor rapide ce pot fi executate, funcționarea regulilor de asistare cognitiv-emoțională, etc.

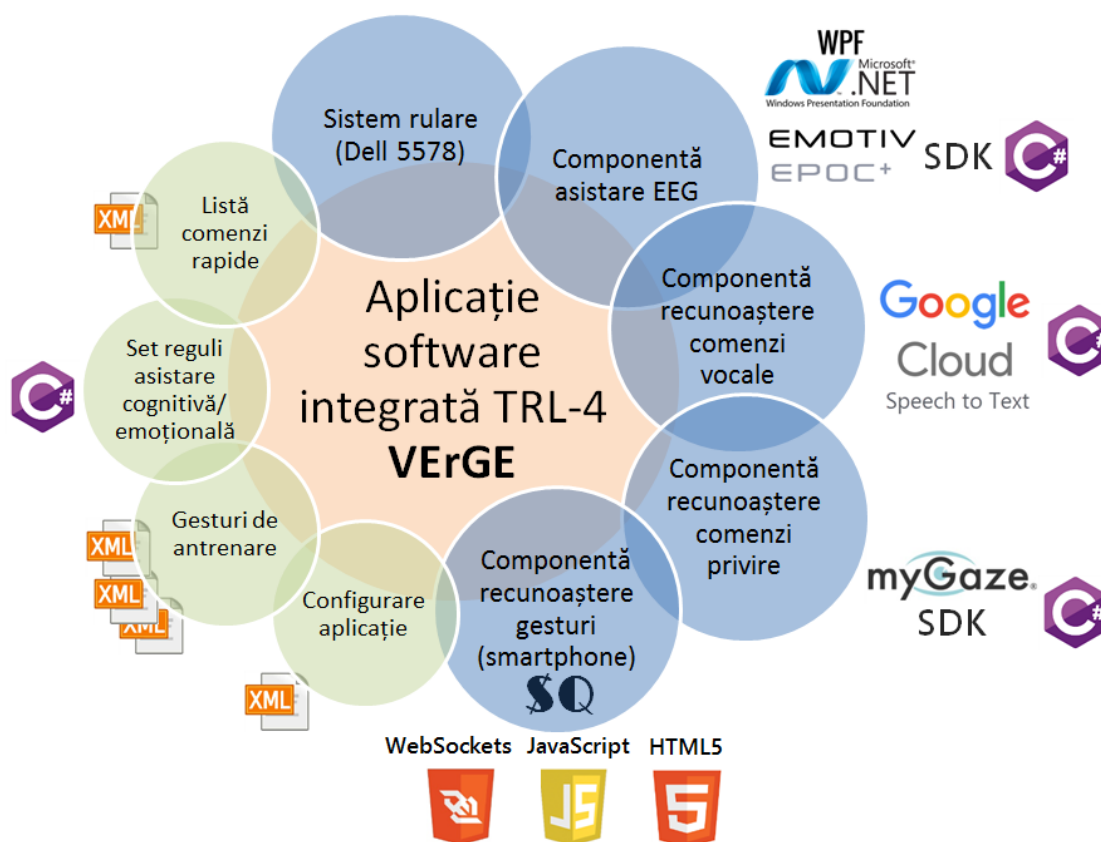


Figura 12. Schema bloc a aplicației software VErGE (Voice, Eye gaze, Gesture & EEG) integrată la nivel TRL-4 ilustrând componentele individuale și tehnologiile aferente folosite pentru implementare.

În vederea validării tehnice și utilizator a aplicației integrate VErGE, pe lângă testele de funcționare corectă (*i.e.*, faptul că aplicația integrează corect funcționalitatea fiecărei componente individuale), am realizat o serie de teste de performanță tehnică, respectiv un nou studiu utilizator cu participanți cu dizabilități motorii pentru a înțelege experiența acestora în folosirea sistemului integrat. Pentru evaluarea performanțelor tehnice, am măsurat timpul procesor (TotalCPUTime și UserCPUTime) și cantitatea de memorie folosită de către aplicație (PrivateMemorySize64), indicatori reprezentativi ai performanței tehnice pentru sistemul de operare Windows, conform ProcMon⁶. Rezultatele au indicat o utilizare medie TotalCPUTime de 13.0% (SD=5.7%), UserCPUTime 9.7% (SD=4.5%), un număr mediu de

⁶ <https://docs.microsoft.com/en-us/sysinternals/downloads/procmon>

41.3 (SD=10.9) fire de execuție, respectiv o cantitate de memorie de 65.6 MB (SD=6.3 MB), reprezentând valori medii pentru 24 de rulări în diverse configurații privind modalitățile/dispozitivele de intrare activate: gesturi, voce, urmărirea privirii, respectiv EEG. Pentru studiul utilizator au participat N=5 persoane⁷ cu dizabilități motorii (tetrapareză spastică (3 participanți), distrofie musculară Limb Girdle, respectiv phocomelia) cărora li s-a prezentat aplicația și comenzile disponibile și li s-a cerut executarea repetată a unor comenzi, generate aleator, cu fiecare modalitate de intrare (respectiv pentru fiecare modalitate permisă de abilitățile fiecărui participant). La sfârșitul studiului, experiența utilizator a fost colectată folosind testul standardizat System Usability Scale - SUS (Brooke, 1996; 2013), respectiv prin colectarea de feedback nestructurat (dialog liber cu participanții). Rezultatele au arătat un **scor mediu SUS=85, care se încadrează în intervalul “excellent” (80-90) privind utilizabilitatea percepută**, conform (Bangor *et al.*, 2009), **precum și în categoria “high acceptability range”**, conform (Bangor *et al.*, 2008). Acest rezultat confirmă, din perspectiva utilizatorilor potențiali, eficiența diverselor modalități de execuție a comenzilor rapide implementate și integrate în aplicația VErGE. Secvențe video reprezentative pentru evaluarea aplicației integrate pot fi vizualizate într-un montaj video disponibil pe pagina web a proiectului, secțiunea Media.

Codul sursă al aplicației VErGE este disponibil în regim open-source pe pagina web a proiectului.

2.5 Lucrări științifice realizate în cadrul etapei

Rezultatele științifice obținute în cadrul acestei etape au fost diseminate în conferințe foarte selective (dintre care trei conferințe cu ratele de acceptare de 22.0%, 23.1%, respectiv 25.7%) relevante pentru tematica proiectului din domeniul interacțiunii om-calculator (HCI). Două articole au fost publicate în cadrul conferinței **ACM CHI 2018 (rang A*, conform ARC CORE 2018, aflată pe primul loc în clasamentul publicațiilor din domeniul Human-Computer Interaction ordonate după indicele h_s , clasament cuprinzând atât reviste cât și conferințe⁸)** iar 5 articole au fost publicate în cadrul ACM MobileHCI 2018 și ACM DIS 2018 (conferințe de rang B, conform ultimului clasament ARC CORE 2018), dintre care un articol a primit distincția **Honorable Mention Award**. Lista articolelor publicate în cadrul etapei:

1. Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, Jacob O. Wobbrock. (2018). \$Q: A Super-Quick, Articulation-Invariant Stroke-Gesture Recognizer for Low-Resource Devices. In *Proceedings of MobileHCI '18, the 20th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (Barcelona, Spain, September 2018). ACM, New York, NY, USA, Article No. 23 (12 pages)
DOI: <https://doi.org/10.1145/3229434.3229465>
Rata de acceptare: 23.1% (50/216) | ARC B (CORE 2018) | HONORABLE MENTION AWARD
2. Luis A. Leiva, Daniel Martin-Albo, Radu-Daniel Vatavu. (2018). GATO: Predicting Human Performance with Multistroke and Multitouch Gesture Input. In *Proceedings of MobileHCI '18, the 20th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*

⁷ <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>

⁸ https://scholar.google.es/citations?view_op=top_venues&hl=en&vq=eng_humancomputerinteraction

(Barcelona, Spain, September 2018). ACM, New York, NY, USA, Article No. 32 (11 pages) DOI:

<https://doi.org/10.1145/3229434.3229478>

Rata de acceptare: 23.1% (50/216) | ARC B (CORE 2018)

3. Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu, Luis A. Leiva, and Daniel Martín-Albo. (2018). Predicting Stroke Gesture Input Performance for Users with Motor Impairments. In *Proceedings of MobileHCI '18 Adjunct, the 20th ACM International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (Barcelona, Spain, September 2018). ACM, New York, NY, USA, 23-30 (8 pages) DOI: <https://doi.org/10.1145/3236112.3236116>
ARC B (CORE 2018)
4. Bogdan-Florin Gheran, Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Toward Smart Rings as Assistive Devices for People with Motor Impairments: A Position Paper. In *Proceedings of RoCHI '18, 15th International Conference on Human-Computer Interaction* (Cluj-Napoca, Romania, September 2018). Matrix Rom, 99-106 (7 pages) DOI: <https://dblp.org/rec/conf/rochi/GheranUV18>
5. Bogdan-Florin Gheran, Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Gestures for Smart Rings: Empirical Results, Insights, and Design Implications. In *Proceedings of DIS '18, the 13th ACM Conference on Designing Interactive Systems* (Hong Kong, China, June 2018). ACM, New York, NY, USA, 623-635 (13 pages) DOI: <https://doi.org/10.1145/3196709.3196741>
Rata de acceptare: 22.0% (107/487) | ARC B (CORE 2018)
6. Bogdan-Florin Gheran, Radu-Daniel Vatavu, Jean Vanderdonckt. (2018). Ring x2: Designing Gestures for Smart Rings using Temporal Calculus. In *Proceedings of the 2018 ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive Systems* (Hong Kong, China, June 2018). ACM, New York, NY, USA, 117-122 (6 pages) DOI: <https://doi.org/10.1145/3197391.3205422>
Rata de acceptare: 46.7% (50/107) | ARC B (CORE 2018)
7. Luis A. Leiva, Daniel Martín-Albo, Réjean Plamondon, Radu-Daniel Vatavu. (2018). KeyTime: Super-Accurate Prediction of Stroke Gesture Production Times. In *Proceedings of CHI '18, the 36th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (Montreal, Canada, April 2018). ACM, New York, NY, USA, paper No. 239 (12 pages) DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3173813>
Rata de acceptare: 25.7% (666/2592) | ARC A* (CORE 2018)
8. Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu, Luis A. Leiva, Réjean Plamondon. (2018). Gesture Input for Users with Motor Impairments on Touchscreens: Empirical Results based on the Kinematic Theory. In *Proceedings of CHI EA '18, the 36th ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Montreal, Canada, April 2018). ACM, New York, NY, USA, paper LBW537 (6 pages) DOI: <https://doi.org/10.1145/3170427.3188619>
Rata de acceptare: 39.8% (255/641) | ARC A* (CORE 2018)
9. Petru-Vasile Cioată, Radu-Daniel Vatavu. 2018. In Tandem: Exploring Interactive Opportunities for Dual Input and Output on Two Smartwatches. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces Companion (IUI '18 Companion)*. ACM, New York, NY, USA, article no. 60, 2 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3180308.3180369>



ARC A (CORE 2018) | ACM SIGCHI STUDENT TRAVEL GRANT

10. Ovidiu-Ionut Gherman, Ovidiu-Andrei Schipor, Bogdan-Florin Gheran. (2018). VErGE: A system for collecting voice, eye gaze, gesture, and EEG data for experimental studies. In *Proceedings of DAS '18, the 14th International Conference on Development and Application Systems* (Suceava, Romania, May 2018). IEEE, 150-155 (6 pages) DOI: <https://doi.org/10.1109/DAAS.2018.8396088>

3. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI

În cadrul etapei 2 de implementare a proiectului de cercetare-dezvoltare, au fost desfășurate următoarele activități specifice de management:

- Îndeplinirea formalităților legale pentru actualizarea contractelor de muncă pentru toți membrii echipei proiectului de cercetare-dezvoltare, conform noilor modificări și prevederi legislative ale Codului Muncii (*i.e.*, actualizarea salariilor brute prin mutarea unei părți a contribuțiilor de la angajator la angajat, Legea 153/2017, etc.) Echipa proiectului constă în 7 membri, dintre care 6 dețin titlul de doctor (doi membri au calitatea de conducător de doctorat), un psiholog membru al Colegiului Psihologilor din România și un doctorand în Calculatoare și Tehnologia Informației.
- Identificarea și folosirea optimă a echipamentelor din infrastructura de cercetare a Laboratorului de Cercetare în Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației (MintViz) din cadrul Universității din Suceava pentru desfășurarea activităților de implementare software, achiziție date și evaluare.
- Îndeplinirea formalităților legale pentru achiziționarea de servicii de audit extern și punerea la dispoziția auditorului a tuturor informațiilor de natură financiară și a rezultatelor proiectului de cercetare-dezvoltare în vederea întocmirii raportului de audit solicitat de autoritatea contractantă.
- Monitorizarea îndeplinirii activităților etapei și a obținerii rezultatelor așteptate pentru proiectul de cercetare-dezvoltare, cu încadrarea în timpul de implementare și bugetul alocat.
- Identificarea de oportunități de a obține noi rezultate științifice remarcabile pe plan internațional privind tehnici de asistare a interacțiunii gestuale pentru utilizatorii cu dizabilități motorii. În acest sens, studiul privind folosirea de gesturi efectuate cu inele smart a permis publicarea, în premieră în literatura științifică, de rezultate privind preferințele utilizatorilor pentru astfel de gesturi (conferința ACM DIS 2018, rang B, conform ARC CORE 2018), respectiv identificarea de oportunități pentru asistarea utilizatorilor cu dizabilități motorii (conferința RoCHI 2018).
- Inițierea de colaborări cu echipe de cercetare externe Universității din Suceava având interese comune în ceea ce privește interacțiunea om-calculator, proiectarea și implementarea interfețelor gestuale și interacțiunea cu dispozitive mobile, astfel: **Prof. Jacob O. Wobbrock** (University of Washington, WA, USA, >11,000 citări, h=56, expert în domeniul interacțiunii om-calculator, recunoașterea și analiza gesturilor și proiectarea de tehnologie asistivă pentru utilizatori cu dizabilități⁹); **Prof. Réjean Plamondon** (École Polytechnique de Montréal, Canada, >12,000 citări, h=44, expert în modelarea mișcării umane și recunoașterea formelor¹⁰); **Prof. Jean Vanderdonckt**

⁹ <https://scholar.google.com/citations?user=TmZ3howAAAAJ&hl=en>

¹⁰ <https://scholar.google.com/citations?user=486uCVgAAAAJ&hl=en>

(Université catholique de Louvain, Belgia, >12,000 citări, h=55, expert în interacțiunea om-calculator și inginerie software¹¹); **Dr. Lisa Anthony** (University of Florida, expert în interfețe gestuale¹²); **Dr. Luis A. Leiva** (Chief Technology Officer la Sciling València, fost Universitat Politècnica de València, Spania, expert în modelarea gesturilor, interacțiunea om-calculator și învățarea automată¹³). Aceste colaborări au permis obținerea de rezultate cheie în domeniul analizei gesturilor efectuate pe ecrane tactile, aplicațiilor pentru utilizatori cu dizabilități motorii, respectiv recunoașterii gesturilor folosind tehnici performante (a se vedea lista publicațiilor realizate în cadrul etapei, cu articole publicate în cadrul conferințelor de rang A*, A și B, conform ultimului clasament ARC CORE 2018).

- Îndeplinirea formalităților legale privind organizarea deplasării personalului proiectului în vizite de lucru cu scopul de a iniția noi colaborări științifice în vederea îndeplinirii obiectivelor proiectului de cercetare-dezvoltare cu impact maxim în comunitatea științifică internațională, precum și îndeplinirea formalităților privind deplasarea personalului în vederea participării la conferințe din domeniul de cercetare al proiectului (interacțiunea om-calculator) și diseminarea eficientă a rezultatelor etapei. De asemenea, organizarea deplasărilor pentru achiziția de date de la persoane cu dizabilități motorii, cu posibilități reduse de deplasare, în orașul Suceava și localități învecinate.
- Împlicarea activă a doctoranzilor și tinerilor cercetători (doctori) alături de cercetători cu experiență din echipa proiectului, respectiv cercetători din instituții prestigioase, asigurând astfel pregătirea științifică continuă prin creșterea experienței, domeniului de cunoaștere, a expertizei tehnice și capacităților de investigație științifică a membrilor laboratorului de cercetare în Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației (MintViz) al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava.
- Actualizarea periodică a site-ului web al proiectului de cercetare-dezvoltare, funcțional și disponibil la adresa: <http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/MotorSkill>

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele tehnice și științifice obținute în perioada ianuarie – decembrie 2018 descrise în prezentul raport de cercetare, colaborările realizate cu instituții prestigioase, lucrările publicate, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse în această etapă, considerăm obiectivele proiectului pentru etapa 2 îndeplinite în procent de 100%.

REFERINȚE

- | | |
|--------------------------------|--|
| (Anthony <i>et al.</i> , 2013) | Anthony, L., Vatavu, R.D., Wobbrock, J.O. (2013). Understanding the consistency of users' pen and finger stroke gesture articulation. In <i>Proceedings of Graphics Interface 2013 (GI '13)</i> . Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, Canada, 87-94. https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2532129.2532145 |
| (Bangor <i>et al.</i> , 2009) | Bangor, A., Kortum, P., Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. <i>Journal of Usability Studies</i> 4, 3, 114–123. https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2835589 |

¹¹ <https://scholar.google.com/citations?user=U-FgGrkAAAAJ&hl=en>
¹² <https://scholar.google.com/citations?user=GUucp2UAAAAJ&hl=en>
¹³ <https://scholar.google.com/citations?user=N0E7MIUAAAAJ&hl=en>



- (Bangor *et al.*, 2008) Bangor, A., Kortum, P. T., Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <http://dx.doi.org/10.1080/10447310802205776>
- (Brooke, 1996) Brooke, J. SUS: A quick and dirty usability scale. In *Usability evaluation in industry*. Taylor & Francis, 1996
- (Brooke, 2013) Brooke, J. 2013. SUS: A retrospective. *J. Usability Studies* 8, 2 (February 2013), 29-40. <http://uxpajournal.org/sus-a-retrospective/>
- (Carroll *et al.*, 2002) Carroll, K., Schlag, C., Kirikci, O., Moore, M. (2002). Communication by neural control. In *Proceedings of CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '02)*. ACM, New York, NY, USA, 590-591. <http://dx.doi.org/10.1145/506443.506498>
- (Connor & Davidson, 2003) Connor, K. M., & Davidson, J. R. (2003). Development of a new resilience scale: The Connor-Davidson resilience scale (CD-RISC). *Depression and Anxiety*, 18(2), 76–82. <https://doi.org/10.1002/da.10113>
- (ICF, 2001) World Health Organization. (2001). The International Classification of Functioning, Disability and Health. <http://www.who.int/classifications/icf/en/>
- (Knezek and Christensen, 1997) Knezek, G., Christensen, R. (1997). Attitudes toward information technology at two parochial schools in north Texas. Technical Report 97.2. [https://cyfar.org/sites/default/files/Attitude%20toward%20computers%20\(grades%204-12\)%20.pdf](https://cyfar.org/sites/default/files/Attitude%20toward%20computers%20(grades%204-12)%20.pdf)
- (Mott *et al.*, 2016) Mott, M. E., Vatavu, R. D., Kane, S. K., & Wobbrock, J. O. (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*. ACM, 1934-1946. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858390>
- (Plamondon, 1995) Plamondon, R. (1995). A kinematic theory of rapid human movements. Part I: Movement Representation and Generation. *Biological Cybernetics* 72(4), 295–307. <https://doi.org/10.1007/BF00202785>
- (Platz *et al.*, 2005) Platz, T., Pinkowski, C., van Wijck, F., Kim, I. H., Di Bella, P., Johnson, G. (2005). Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer Test, Action Research Arm Test and Box and Block Test: a multicentre study. *Clinical Rehabilitation* 19(4), 404-411. <https://doi.org/10.1191/0269215505cr832oa>
- (Richardson *et al.*, 1990) Richardson, G.E., Neiger, B., Jensen, S., Kumpfer, K. (1990). The resiliency model. *Health Education* 21, 33-39. <http://dx.doi.org/10.1080/00970050.1990.10614589>
- (Vandervelde *et al.*, 2010) Vandervelde, L., Van den Bergh, P. Y., Penta, M., Thonnard, J.-L. (2010). Validation of the ABILHAND questionnaire to measure manual ability in children and adults with neuromuscular disorders. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 81(5), 506–512. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2009.177055>
- (Vatavu *et al.*, 2012) Vatavu, R.D., Anthony, L., Wobbrock, J.O. (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. <http://dx.doi.org/10.1145/2388676.2388732>
- (Vatavu *et al.*, 2013) Vatavu, R.D., Anthony, L., Wobbrock, J.O. (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: <https://doi.org/10.1145/2522848.2522875>
- (Vatavu *et al.*, 2014) Vatavu, R.D., Anthony, L., Wobbrock, J.O. (2014). Gesture Heatmaps: Understanding Gesture Performance with Colorful Visualizations. In *Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction (ICMI '14)*. ACM, New York, NY, USA, 172-179. DOI: <https://doi.org/10.1145/2663204.2663256>
- (Vatavu și Wobbrock, 2015) Vatavu, R.D., Wobbrock, J.O. (2015). Formalizing Agreement Analysis for Elicitation Studies: New Measures, Significance Test, and Toolkit. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 1325-1334. DOI: <https://doi.org/10.1145/2702123.2702223>
- (Wang *et al.*, 2011) Wang, T. N., Lin, K. C., Wu, C. Y., Chung, C. Y., Pei, Y. C., & Teng, Y. K. (2011). Validity, responsiveness, and clinically important difference of the ABILHAND questionnaire in patients with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 92(7), 1086-1091. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.01.020>
- (WHODAS, 2017) World Health Organization. (2011). WHO Disability Assessment Schedule 2.0 (WHODAS 2.0). <http://www.who.int/classifications/icf/whodasii/en/>
- (Wobbrock *et al.*, 2018) Wobbrock, J.O., Gajos, K.Z., Kane, S.K., Vanderheiden, G.C. (2018). Ability-based design. *Commun. ACM* 61, 6, 62-71. <https://doi.org/10.1145/3148051>
- (Yozbatiran *et al.*, 2008) Yozbatiran, N., Der-Yeghiaian, L., & Cramer, S. C. (2008). A standardized approach to performing the action research arm test. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 22(1), 78-90. <https://doi.org/10.1177/1545968307305353>

Director proiect,

Radu-Daniel VATAVU

