

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

privind implementarea proiectului

WEARSKILL: INTERACȚIUNI FLUIDE CU DISPOZITIVE WEARABLE SMART PENTRU ABILITĂȚI MOTORII SPECIFICE

în perioada 2020 –2022

Competiția	Proiect Experimental Demonstrativ - PED 2019
Nr. contract	276PED/2020
Cod proiect	PN-III-P2-2.1-PED-2019-0352
Domeniul de cercetare	Tehnologia informației și a comunicațiilor, spațiu și securitate
Titlul proiectului	WearSkill: Interacțiuni fluide cu dispozitive wearable smart pentru abilități motorii specifice
Acronim	WearSkill
Data începere	10.08.2020
Data finalizare	09.08.2022
Durata (luni)	24
Buget total	600.000 lei
Sursa 1 Bugetul de stat	600.000 lei
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare)	-
Pagina web	http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/WearSkill
Instituția coordonatoare	Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava
Director de proiect	Prof. univ. dr. ing. Radu-Daniel Vatavu
Partener 1 proiect	-
Partener n proiect	-

1. PREZENTAREA GENERALĂ A REALIZĂRII OBIECTIVELOR PROIECTULUI

Obiectivele proiectului

Acest proiect își propune dezvoltarea de noi tehnologii interactive pentru a crește accesibilitatea dispozitivelor wearable de tipul ochelarilor, ceasurilor și inelelor smart pentru utilizatorii cu dizabilități motorii prin folosirea de comenzi bazate pe gesturi (e.g., gesturi de tip atingere, touch și multitouch, gesturi ale mâinii și mișcări ale capului) și comenzi vocale într-o paradigmă de proiectare, implementare și evaluare centrată pe specificul abilităților motorii ale utilizatorilor acestor dispozitive. Rezultatul principal urmărit în cadrul proiectului este reprezentat de un model experimental de nivel de maturitate tehnologică TRL-4. Alte rezultate estimate includ: set de date experimentale constând în comenzi gestuale efectuate folosind ochelari, ceasuri și inele smart; analiza comenzilor gestuale și vocale realizate de utilizatori cu diverse dizabilități motorii cu dispozitive wearable; algoritm de recunoaștere a gesturilor executate folosind dispozitive de tip ceas, ochelari și inel smart; rezultate experimentale; publicații științifice. În acest scop, proiectul își fixează următoarele obiective concrete:

01. Înțelegerea modului în care persoanele cu dizabilități motorii folosesc dispozitive wearable de tipul ochelarilor, ceasurilor și inelelor smart.
02. Proiectarea și implementarea de tehnici de interacțiune TRL-3 pentru ochelari, ceasuri și inele.
03. Integrarea și validarea tehnicilor de interacțiune într-un model experimental de nivel TRL-4.

Membrii echipei de cercetare

Echipa proiectului de cercetare-dezvoltare este alcătuită din cinci membri:

1. Radu-Daniel Vatavu (prof. univ. dr. ing., Conducător de doctorat în domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației), Director de proiect
2. Ovidiu-Andrei Schipor (conf. univ. dr. ing., cercetător în Calculatoare)
3. Ovidiu-Ciprian Ungurean (dr. ing., cercetător în Calculatoare)
4. Alexandru-Ionuț Șiean (drd. ing., domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației)
5. Laura-Bianca Bilius (drd., domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației)

Realizarea obiectivelor proiectului

Implementarea proiectului a plecat de la un concept formulat la nivelul TRL-2 cu scopul de a obține un model experimental, reprezentat de aplicația software WearSkill, care a fost evaluat în condiții de laborator pentru validarea atingerii nivelului de maturitate tehnologică TRL-4. Aplicația WearSkill implementează recunoașterea de comenzi gestuale și vocale personalizate pentru utilizatori cu dizabilități motorii și dispozitive wearable de tip ceas, ochelari și inel smart, fiind disponibilă în format open-source pe pagina web a proiectului sub o licență New BSD. [Secțiunea 2](#) a acestui raport prezintă detalii privind atingerea acestui rezultat iar [Secțiunea 3](#) descrie procesul de evaluare pentru confirmarea nivelului tehnologic TRL-4. Rezultatele proiectului au fost diseminate într-un număr de **12 publicații științifice**, dintre care 2 articole în reviste cu **IF (5-YEAR)>4**, 6 articole publicate la conferințe de prestigiu **A*, A, B**, iar alte **3 articole au primit premii** (detalii în [Secțiunea 4](#)). De asemenea, aplicația WearSkill, rezultatul final de nivel TRL-4 al acestui proiect, a primit două distincții, **Accessibility Challenge Judges Award**, respectiv **Accessibility Challenge Delegates Award**, în cadrul conferinței ACM W4A 2022.



2. GRADUL DE ATINGERE A REZULTATELOR ESTIMATE (PREZENTAREA PRODUSULUI/TEHNOLOGIEI SAU A SERVICIULUI REZULTAT)

Proiectul a plecat de la un concept formulat la nivel TRL-2 cu scopul de a obține validarea în condiții de laborator TRL-4, conform definițiilor EU¹ adoptate pentru programul PNIII P2.² Pentru atingerea acestui deziderat, am adoptat o abordare de implementare în trei etape, prezentate în continuare.

Confirmarea nivelului TRL-2 și consolidarea conceptului

Pentru confirmarea și consolidarea conceptului de nivel TRL-2, *i.e.*, interacțiuni eficiente cu dispozitive wearable pentru utilizatori cu diverse abilități motorii, am realizat un prim studiu de tip Systematic Literature Review – SLR (Siddaway *et al.*, 2019). În urma studiului, realizat cu un număr de 57 articole, am identificat o cunoaștere științifică limitată privind interacțiuni accesibile persoanelor cu dizabilități motorii (*e.g.*, doar 4 lucrări au examinat interacțiuni cu ceasuri smart, 5 lucrări ochelari și o lucrare inele), un interes disproporționat pentru gesturi ale mâinii față de alte modalități de intrare disponibile pe dispozitivele wearable (figura 1), precum și un număr scăzut de participanți implicați în studiile privind accesibilitatea interacțiunilor cu dispozitive wearable (Mdn=6, M=8.2); detalii în (Șiean și Vatavu, 2021). Pentru a structura aceste rezultate dispersate în literatura științifică, am alcătuit un set de 92 de interacțiuni folosind gesturi ale degetelor, mâinilor, capului, umerilor, picioarelor și mișcări ale capului pentru ceasuri, brățări, ochelari și alte dispozitive wearable (figura 2). Aceste rezultate au fost publicate în cadrul **ASSETS 2021 (the ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility)**, cea mai importantă manifestare științifică din domeniul accesibilității tehnologiei de rang A (ARC CORE).

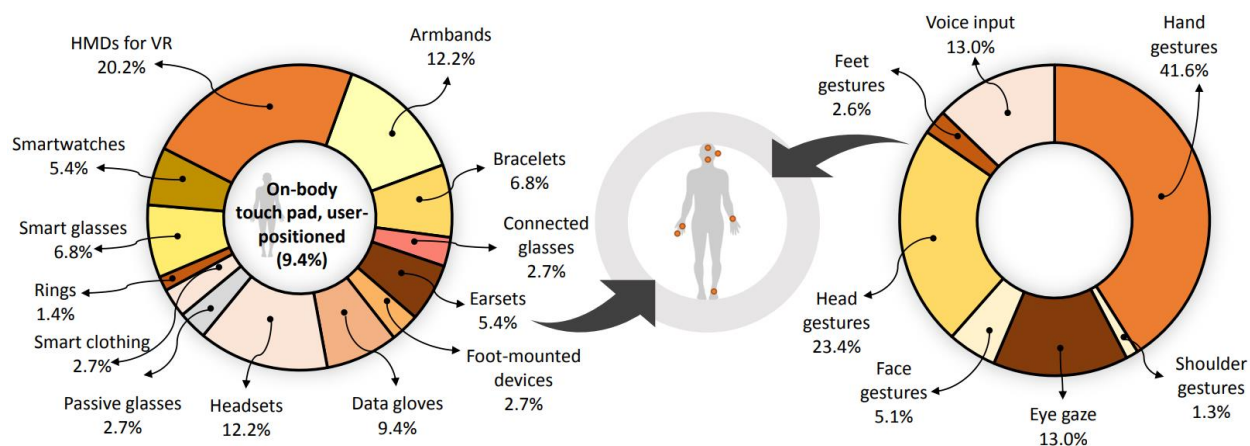


Figura 1. Categorii de dispozitive și modalități de intrare identificate în (Șiean și Vatavu, 2021), primul studiu de tip SLR care a adresat dispozitive wearable pentru utilizatori cu dizabilități motorii.

Tot la acest nivel, am colectat date în cadrul unui studiu de solicitare a preferințelor utilizatorilor pentru informația afișată pe dispozitive de tip ochelari smart, în care am implicat N=251 participanți (vârsta medie M=31.1, SD=12.4 ani, 30% femei). Am analizat preferințele participanților folosind modelul

¹ https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

² https://uefiscdi.gov.ro/resource-868770-definitii_trl.pdf

Bradley-Terry și dimensiunile unui spațiu de proiectare introdus în acest scop (Vatavu și Vanderdonckt, 2020), concluzionând asupra zonelor preferate de afișare a informației (figura 3). Rezultatele au fost publicate la conferința MUM 2020 (the ACM Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia), rang B.

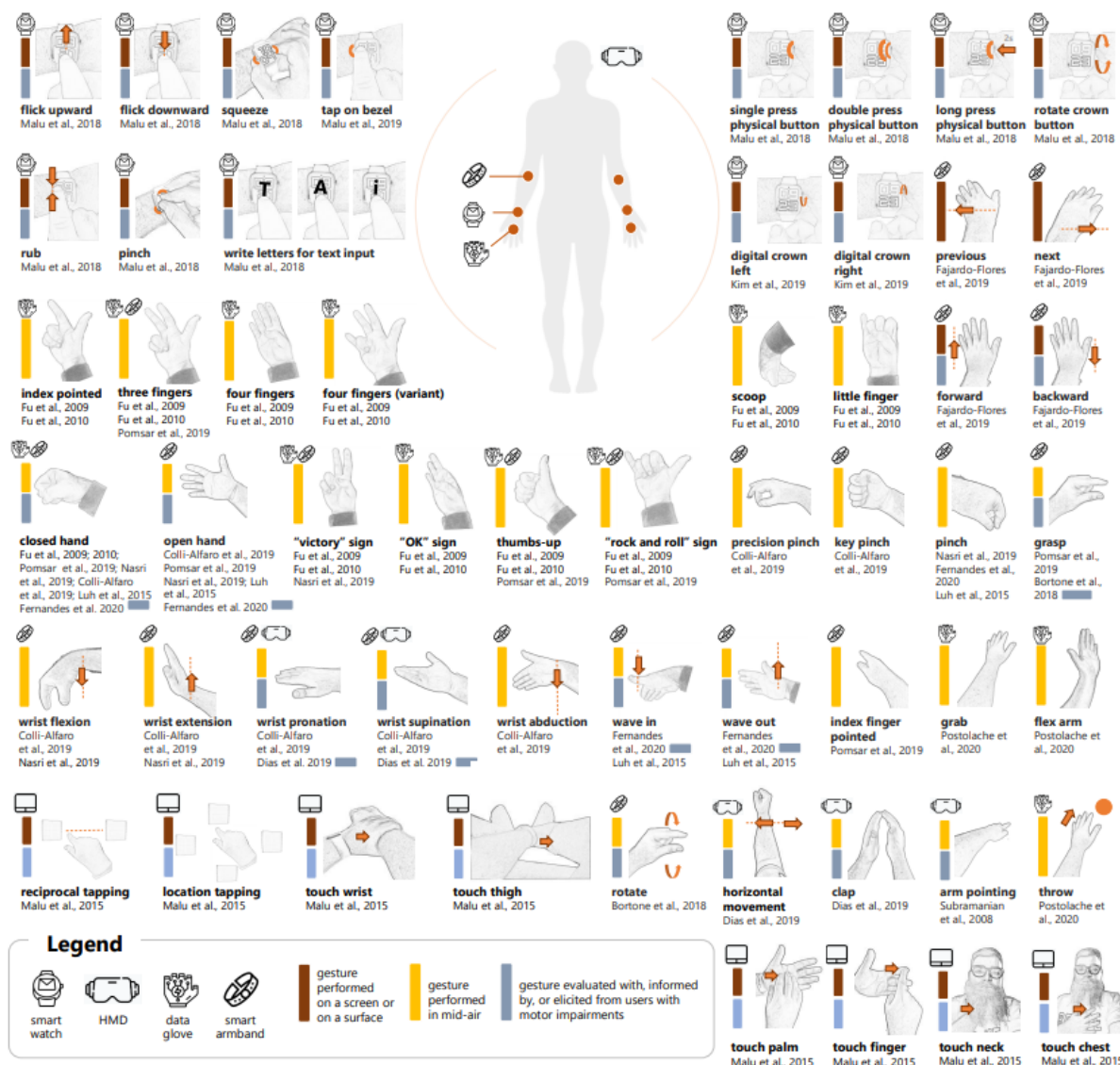


Figura 2. O parte a setului de 92 interacțiuni posibile cu dispozitive wearable pentru utilizatori cu dizabilități motorii. Setul complet este disponibil în lucrarea (Șiean și Vatavu, 2021).

De asemenea, motivați de lipsa informațiilor științifice privind interacțiuni cu inele smart pentru utilizatori cu dizabilități motorii, am realizat un al doilea studiu de tip SLR. În urma analizei a unui număr de 84 de articole adresând inele smart și utilizatori fără dizabilități (Vatavu și Bilius, 2021), am realizat o bază de date cu 579 de înregistrări (date numerice ale gesturilor realizate cu un inel cu accelerometru integrat și asocieri între gesturi și funcții ale aplicațiilor interactive), precum și o librărie video YouTube. Aceste resurse au fost integrate în aplicația web GestuRING (figura 4). Pe lângă aceste rezultate practice,

studiul ne-a permis consolidarea conceptului TRL-2 prin introducerea de terminologie nouă, și anume diferențierea dintre dispozitive de tip *ring*, *ring-like* și *ring-ready* în funcție de forma, tipul interacțiunilor permise, respectiv posibilitatea reutilizării inelelor în alte contexte și pentru alte scopuri interactive; detalii în lucrarea (Vatavu și Bilius, 2021). Rezultatele au fost publicate în cadrul conferinței **UIST 2021 (the ACM Symposium on User Interface Software and Technology)** de rang **A* (ARC CORE)**.

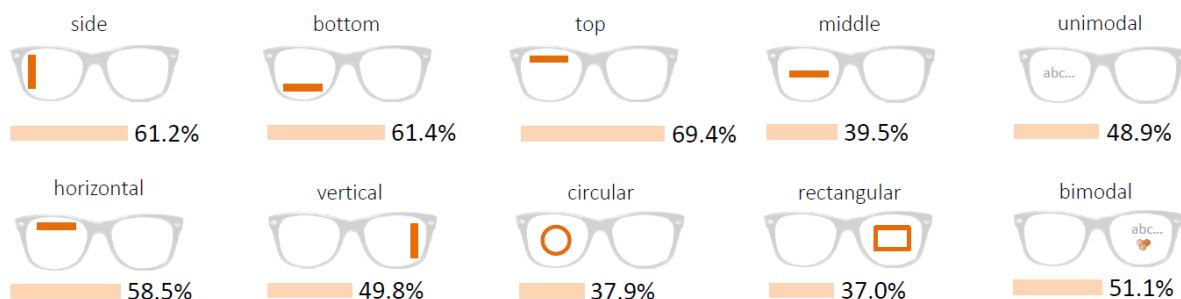


Figura 3. Preferințe privind prezentarea informației pe ochelari smart (Vatavu și Vanderdonckt, 2020).

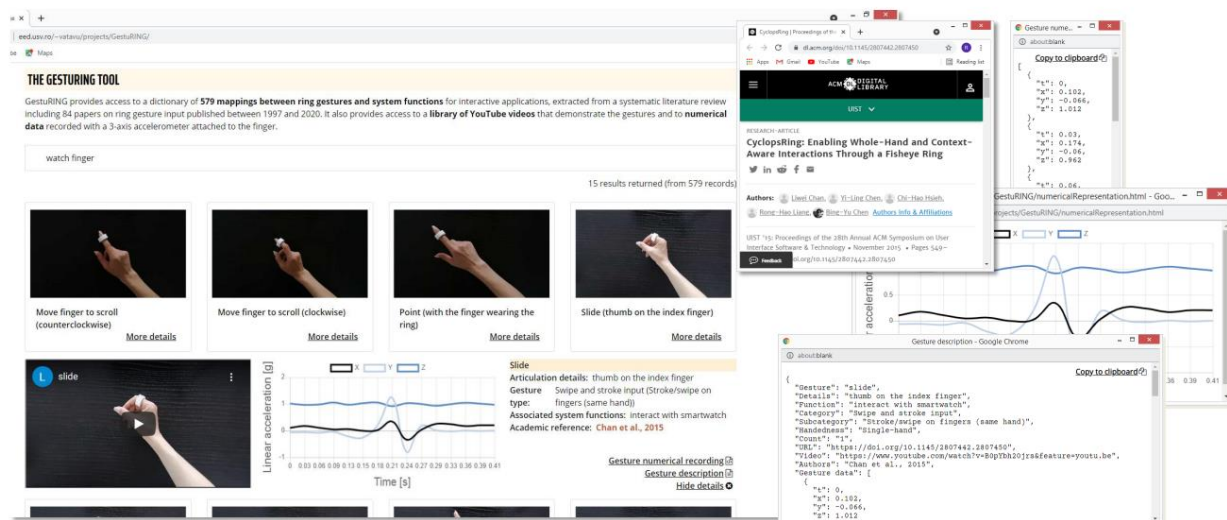


Figura 4. Aplicația GestuRING, [disponibilă online](#), permite accesul la o bază de date cu 579 înregistrări text, video și numerice privind gesturi ce pot fi executate cu inele smart (Vatavu și Bilius, 2021).

Un ultim studiu realizat la acest nivel a vizat solicitarea preferințelor utilizatorilor cu dizabilități motorii pentru o gamă variată de dispozitive wearable, printre care ceasuri, ochelari și inele smart. Un număr de 21 de participanți au răspuns la întrebările unui chestionar în cadrul unui studiu care a implementat interviuri semi-structurate. Tabelul 1 prezintă informații demografice ale participanților la acest studiu, figura 5 un rezumat al preferințelor exprimate de către aceștia, iar figura 6 ilustrează asocieri preferate între dispozitive wearable și diverse tipuri de aplicații interactive. Aceste rezultate (Ungurean și Vatavu, 2022; 2021) au fost publicate în revista **IEEE Pervasive Computing**, **IF (5-YEAR)=4.916**, respectiv în cadrul conferinței ISAmI 2021 (the 12th International Symposium on Ambient Intelligence), ultima lucrare (Ungurean și Vatavu, 2021) primind distincția **“Best Paper Application Award.”**

Participant (age, gender)	Health condition	Years with imp.	Self-reported impairments [†]											WHO- DAS
			Mo	Sp	St	Tr	Co	Fa	Gr	Ho	Se	Dir	Dis	2.0 score
P ₁ (46 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5-C6)	26	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	62.5
P ₂ (57 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5-C6)	22	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	70.8
P ₃ (43 yrs., male)	Traumatic brain injury	24	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	43.7
P ₄ (36 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	20	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	56.2
P ₅ (43 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6-C7)	22	✓	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	54.1
P ₆ (49 yrs., female)	Spinal Cord Injury (C6-C7)	17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	68.7
P ₇ (48 yrs., male)	Multiple sclerosis	21	✓	-	✓	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-	39.5
P ₈ (41 yrs., female)	Spinal Cord Injury (C6-C7)	17	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	62.5
P ₉ (31 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5-C6)	3	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	56.2
P ₁₀ (46 yrs., female)	Spina bifida	46	-	-	✓	-	-	✓	-	✓	-	-	-	39.5
P ₁₁ (55 yrs., male)	Spinal Cord Injury (T6-T7), right brachial plexus injury	32	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	41.6
P ₁₂ (28 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C6-C7)	12	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	27.0
P ₁₃ (59 yrs., male)	Spinal Cord Injury (T3-T4)	32	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	22.9
P ₁₄ (47 yrs., male)	Osteogenesis imperfecta	47	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	35.4
P ₁₅ (40 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	18	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	43.7
P ₁₆ (32 yrs., female)	Spina bifida	32	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	81.2
P ₁₇ (47 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C3-C4)	23	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	85.4
P ₁₈ (45 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C4-C5)	14	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	68.7
P ₁₉ (43 yrs., male)	Spinal Cord Injury (T6-T7)	30	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	29.1
P ₂₀ (34 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C5)	11	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	58.3
P ₂₁ (40 yrs., male)	Spinal Cord Injury (C4-C5)	17	-	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	54.1
Summary			11	11	13	1	12	15	15	16	10	15	13	52.4

Tabel 1. Informații demografice ale participanților cu dizabilități motorii din cadrul studiului privind preferințele și nevoile pentru dispozitive wearable smart (Ungurean și Vataavu, 2022).

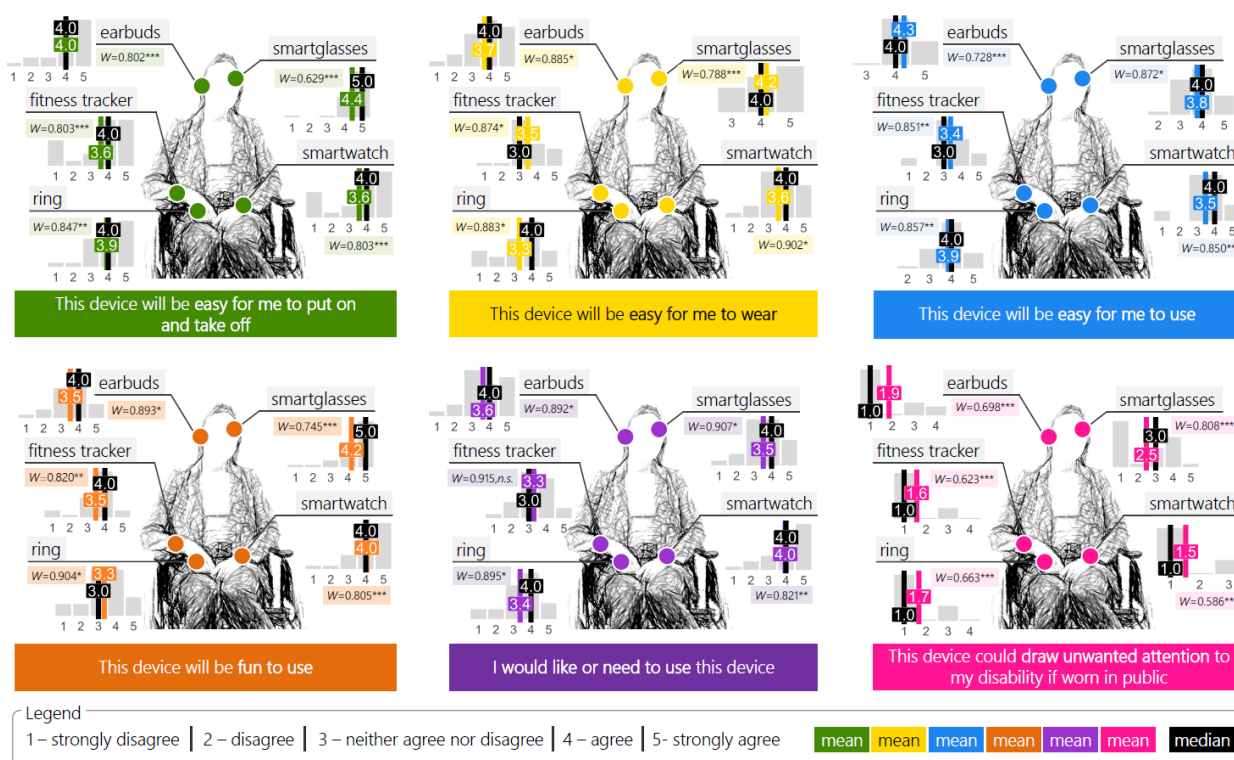


Figura 5. Rezultate privind percepția persoanelor cu dizabilități motorii pentru utilizarea și purtarea dispozitivelor wearable smart; detalii în lucrarea (Ungurean și Vataavu, 2022).

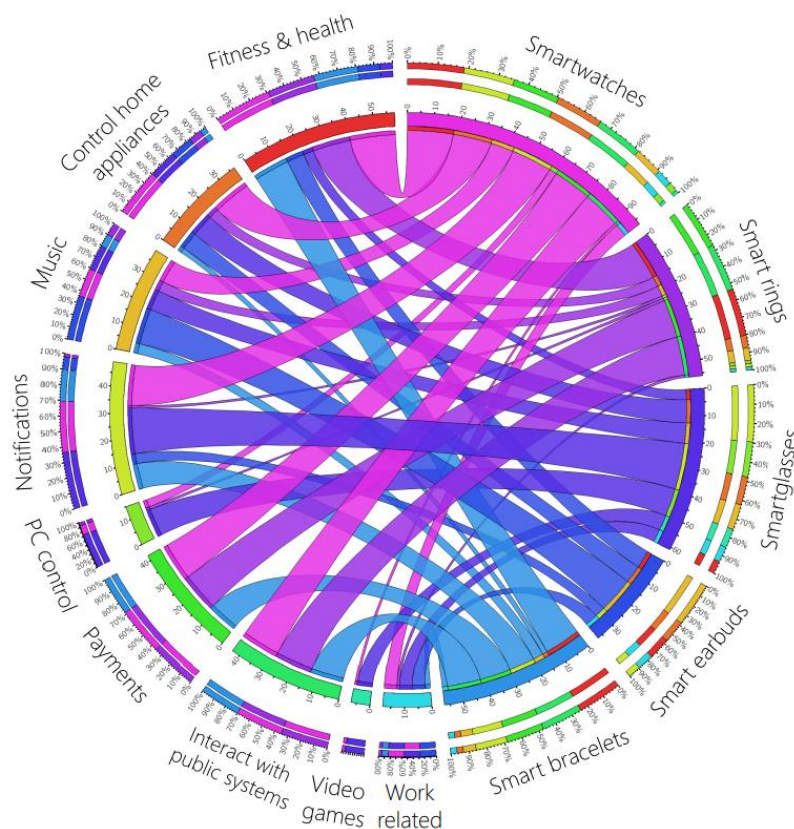


Figura 6. Hartă cu asocieri, exprimate de 21 de persoane cu dizabilități motorii, privind diverse tipuri de dispozitive wearable și aplicații interactive. Cu cât este mai mare lățimea benzilor, cu atât asocierile au fost mai puternice (*i.e.*, sugerate de mai mulți participanți); de exemplu, legătura dintre *smart bracelets* și categoria de aplicații *fitness & health*, sau dintre *smartwatches* și *notifications*, respectiv *rings* și *payments*. Alte asocieri, cum ar fi între *smart earbuds* și *notifications* sau *smartwatches* și *video games*, au fost rar sugerate de către participanții la studiu, aspect reflectat în lățimea benzilor corespunzătoare din hartă; detalii în (Ungurean și Vataavu, 2021).

Atingerea nivelului TRL-3 pentru demonstrarea conceptului prin proiectarea, implementarea și validarea de componente individuale

În vederea atingerii următorului nivel, am întreprins activități de achiziție a datelor privind interacțiuni realizate de utilizatori cu și fără dizabilități motorii implicând dispozitive de tip ceas, ochelari și inel, pentru care am proiectat și implementat trei prototipuri bazate pe ecranul multitouch al dispozitivului Samsung Gear Fit 2 precum și aplicații software corespunzătoare pentru achiziția interacțiunilor. În acest scop, am realizat un experiment controlat cu trei variabile independente:

- MOTORIMPAIRMENT, variabilă nominală cu două condiții: utilizatori *cu și fără dizabilități motorii*.
- WEARABLE, variabilă nominală cu trei condiții: *ceas*, *inel* și *ochelari*, reprezentând dispozitive purtate la încheietura mâinii, pe deget și la nivelul capului.
- MODALITY, variabilă nominală cu două condiții: *stroke-gestures* (gesturi de atingere pe suprafața unui dispozitiv wearable) și *motion-gestures* (gesturi de mișcare efectuate cu dispozitivul wearable).

Pentru a acoperi o categorie variată de interacțiuni posibile, am proiectat **un set de 30 gesturi**, ilustrat în figura 7, conform criteriilor: numărul de componente (Magrofuoco și Vanderdonckt, 2022), complexitatea geometrică (Isokoski, 2001), dificultatea percepută a execuției (Vataavu *et al.*, 2011), respectiv dimensiuni din taxonomii privind gesturi pentru inele (Gheran *et al.*, 2018), ceasuri (Shimon *et al.*, 2016), mișcări ale încheieturii mâinii (Liu *et al.*, 2019) și ale capului (Yan *et al.*, 2018; Vanderdonckt *et al.*, 2019). Pentru condiția ceas, am folosit Samsung Gear Fit 2 (1GHz Exynos 3250 Dual Core CPU,

512MB RAM, WiFi) pentru care am dezvoltat o aplicație Tizen Web³ în vederea achiziției gesturilor de atingere (ecran tactil integrat 216x432 pixeli, 322ppi) și de mișcare (accelerometru integrat cu trei axe). Pentru a asigura aceeași rezoluție a gesturilor achiziționate în celelalte două condiții ale variabilei WEARABLE, am refolosit ecranul Gear Fit, detașat de brățară și montat pe un inel și pe rama unor ochelari folosind suporturi imprimate 3D (figura 8). Cu aceste prototipuri, am colectat date de la 14 participanți cu dizabilități motorii (tabelul 2) și de la un grup de control cu 14 participanți fără dizabilități. În total, am achiziționat **7,290 gesturi de atingere** și **3,809 gesturi de mișcare**. Figura 9 prezintă fotografiile din timpul experimentului iar figura 10 ilustrează o parte a gesturilor de atingere achiziționate.

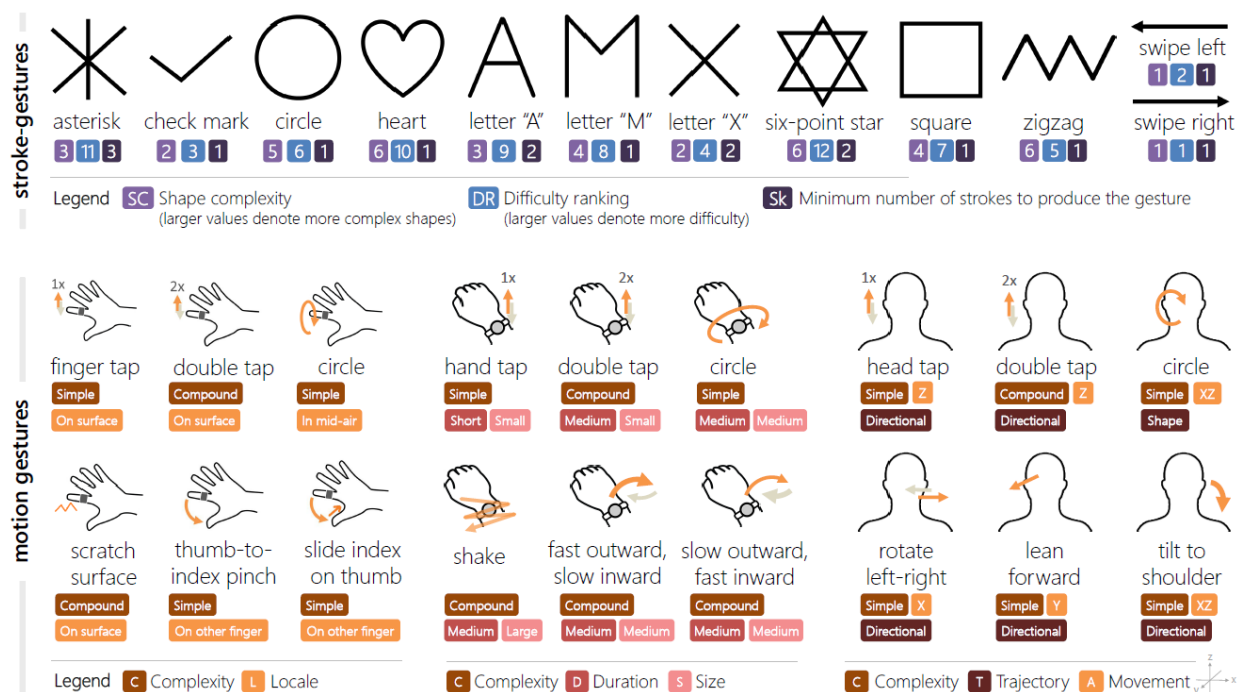


Figura 7. Gesturi folosite în cadrul experimentului de achiziție a interacțiunilor cu ceas, inel și ochelari.



Figura 8. Prototipuri de dispozitive pentru achiziția gesturilor. *Notă:* ecranul tactil a fost purtat la încheietura mâinii (a), pe deget (b) și atașat de rama unor ochelari (c) cu suporturi tipărite 3D (d,e).

³ <https://docs.tizen.org/application/web/index>

Participant	Health condition [†]	Since	Self-reported impairments [‡]												WHODAS 2.0 score	Stroke-gestures CR [§]			Motion gestures CR [§]		
			Mo	Sp	St	Tr	Co	Fa	Gr	Ho	Se	Dir	Dis	Watch		Ring	Glasses	Watch	Ring	Glasses	
P ₁ (41 yrs., male)	Spinal cord injury (C4-C5)	2003	–	✓	✓	–	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	52.1	100%	–	100%	100%	–	100%	
P ₂ (44 yrs., male)	Traumatic brain injury	1996	✓	–	–	–	✓	✓	–	–	–	–	✓	45.8	100%	100%	100%	–	100%	100%	
P ₃ (57 yrs., male)	Spinal cord injury (T7)	2013	–	–	–	–	–	✓	–	✓	–	–	–	41.7	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
P ₄ (47 yrs., female)	Spina bifida	1974	–	–	✓	–	–	✓	–	✓	–	–	–	39.6	100%	100%	100%	95.8%	100%	100%	
P ₅ (48 yrs., male)	Multiple sclerosis	1987	✓	–	✓	–	✓	✓	–	–	–	–	–	52.1	100%	97.9%	100%	97.9%	100%	100%	
P ₆ (48 yrs., male)	Osteogenesis imperfecta	1973	–	–	–	–	–	✓	–	✓	–	–	–	33.3	–	100%	100%	–	100%	100%	
P ₇ (49 yrs., male)	Multiple sclerosis	1999	✓	–	✓	–	–	✓	✓	–	–	–	✓	39.6	100%	100%	–	100%	100%	100%	
P ₈ (65 yrs., male)	Spinal cord injury (C4-C5)	2011	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	37.5	100%	–	–	100%	–	100%	
P ₉ (53 yrs., female)	Parkinson's disease	2008	–	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	–	37.5	–	99.0%	–	100%	100%	41.7%	
P ₁₀ (43 yrs., female)	Friedreich's ataxia	2013	✓	–	✓	–	✓	–	✓	–	–	–	–	14.6	99.0%	100%	100%	100%	100%	100%	
P ₁₁ (47 yrs., female)	Spastic quadriplegia	1974	✓	✓	✓	–	–	✓	✓	–	–	✓	✓	37.5	100%	99.0%	100%	100%	100%	100%	
P ₁₂ (46 yrs., female)	Spastic quadriplegia	1975	–	✓	✓	–	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	33.3	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
P ₁₃ (57 yrs., female)	Parkinson's disease	2013	✓	✓	–	✓	–	–	✓	–	–	✓	–	12.5	99.0%	100%	100%	100%	100%	100%	
P ₁₄ (27 yrs., male)	Phocomelia	1994	–	–	–	–	–	–	✓	–	–	–	–	16.7	100%	–	100%	100%	100%	100%	
Summary			7	6	9	2	7	9	8	11	2	6	6	35.3	85.6%	78.3%	78.6%	85.3%	85.7%	95.8%	

Tabel 2. Date demografice ale persoanelor cu dizabilități motorii din cadrul experimentului de achiziție a interacțiunilor cu ceas, inel și ochelari, scorurile WHODAS⁴ și ratele de finalizare ale experimentului.



Figura 9. Fotografii din timpul experimentului ilustrând participanți cu diverse tipuri de dizabilități motorii efectuând gesturi de atingere și mișcare cu un ceas, inel și o pereche de ochelari.

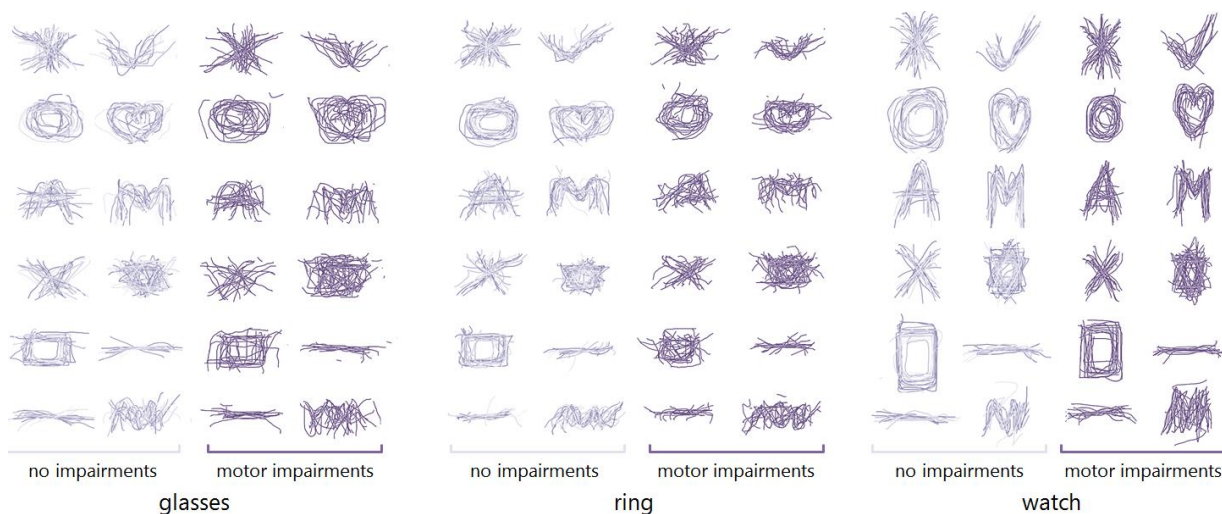


Figura 10. Exemple de gesturi de atingere realizate de către participanții cu și fără dizabilități motorii pe ecranul tactil al unui ceas, inel și rama unei perechi de ochelari (vezi figura 8).

Integrarea la nivel TRL-4 a componentelor individuale în aplicația WearSkill

Componentele individuale au fost integrate sub forma aplicației WearSkill (Schipor *et al.*, 2022a; 2022b) ce permite interacțiuni personalizate cu dispozitive wearable pentru utilizatori cu dizabilități motorii. Aplicația folosește o nouă arhitectură software, GearWheels (Schipor și Vatavu, 2022), proiectată pentru a adresa eterogenitatea dispozitivelor wearable și a preferințelor utilizatorilor acestora (Ungurean și Vatavu, 2022; 2021). Figura 11 ilustrează câteva capturi de ecran iar [Secțiunea 3](#) prezintă detalii privind confirmarea TRL-4. Un film demonstrativ este disponibil aici: <https://youtu.be/sZEcuT2bSo8>. Acest rezultat final al proiectului a fost distins cu premiile “**Accessibility Challenge Judges Award**” respectiv “**Accessibility Challenge Delegates Award**” în cadrul conferinței ACM W4A 2022.

The figure displays four screenshots of the WearSkill application interface, arranged in a 2x2 grid. Each screenshot shows a different tab of the application, with a navigation bar at the top containing 'Profile', 'Preferences', 'Devices', 'Motion input', 'Touch input', 'Voice input', 'Commands', and 'Runtime monitor'.

- Top-left screenshot (Profile tab):** Shows a user profile form with fields for Name, Email, Birth year, and Gender. Below these are checkboxes for various physical conditions: Slow movements, Spasms, Low strength, Tremor, Poor coordination, Rapid fatigue, Difficulty gripping, Difficulty holding, Lack of sensation, Difficulty controlling direction, and Difficulty controlling distance. A 'Save profile' button is at the bottom.
- Top-right screenshot (Preferences tab):** Shows a section for specifying preferences for input modalities (smartwatches, smartglasses, smart ring) and output devices. It includes a 'Generate recommendations based on your profile' button and a 'Save preferences' button.
- Bottom-left screenshot (Touch input tab):** Shows a section for specifying touch gestures (e.g., swipe to the left or right). It includes a list of gestures (double-tap, swipe-left, swipe-right, tap) and a 'Create new' button. Below this is a section for adding new training instances for any of the touch input entered above, with fields for 'Select motion input', 'Current training examples for "swipe-right"', 'Select device to perform touch input', and a 'Yes/No' confirmation.
- Bottom-right screenshot (Runtime monitor tab):** Shows a section for monitoring the effect of input commands on the output device. It includes a list of 'Connected input devices' (watch-3) and 'Connected output devices' (TV). Below this is a section for 'Active command' with fields for 'Input device', 'Input modality', 'Input name', 'Command name', and 'Output device'.

Figura 11. Capturi de ecran din aplicația WearSkill: simptomele raportate de utilizatorii cu dizabilități motorii (stânga sus) sunt folosite pentru a genera recomandări personalizate pentru dispozitive wearable și modalități de interacțiune (dreapta sus); comenzi personalizate (stânga și dreapta jos).

3. PREZENTAREA ȘI ARGUMENTAREA NIVELULUI DE MATURITATE TEHNOLOGICĂ (TRL) LA FINALUL PROIECTULUI

Pentru confirmarea nivelului TRL-4, am procedat la multiple evaluări tehnice și utilizator pentru modelul experimental reprezentat de aplicația WearSkill: (1) evaluarea recunoașterii gesturilor, (2) evaluarea recunoașterii vocale, (3) caracteristici tehnice ale aplicației, (4) acuratețea recomandărilor personalizate.

Evaluarea recunoașterii comenzilor gestuale

Am folosit baza de date (Vatavu și Ungurean, 2022) cu 7,290 gesturi de atingere și 3,809 gesturi de mișcare executate de 14 utilizatori cu dizabilități motorii (tabelul 2) și 14 utilizatori fără dizabilități (grupul de control). Rezultatele evaluării a diverși algoritmi de recunoaștere a gesturilor (\$1, Dynamic Time Warping, \$P, respectiv o modificare a \$P realizată în acest proiect) au arătat o rată de 95.3% pentru recunoașterea gesturilor de atingere efectuate pe ceasuri, 77.0% pentru un ecran tactil purtat pe deget sub forma unui inel, respectiv 80.3% pentru gesturi executate pe același ecran atașat de rama unor ochelari. Pentru mișcările accelerate, varianta personalizată \$P a condus din nou la cea mai bună performanță pentru utilizatorii cu dizabilități motorii: 72.4% pentru gesturi ale încheieturii mâinii, 54.0% pentru gesturi ale degetelor și 87.8% pentru mișcări ale capului. Detalii se regăsesc în [Raportul etapei nr. 3](#), disponibil pe pagina web a proiectului. Aceste rezultate conduc către două concluzii: (1) varianta personalizată a algoritmului \$P pentru gesturile executate de utilizatorii cu dizabilități motorii oferă cea mai bună performanță în contextul stadiului actual (Magrofuoco și Vanderdonckt, 2022) și (2) există nevoia personalizării utilizării dispozitivelor wearable, modalităților de intrare și gesturilor în funcție de abilitățile motorii ale utilizatorilor, un aspect cheie care a fost implementat în aplicația WearSkill.

De asemenea, am analizat performanța execuției gesturilor din perspectiva următoarelor aspecte:

- Înțelegerea viabilității tehnicilor de interacțiune bazate pe gesturi prin compararea performanței utilizatorilor cu dizabilități motorii cu cea a utilizatorilor fără dizabilități (figurile 12 și 13).
- Identificarea interacțiunilor eficiente pentru utilizatorii cu dizabilități motorii (figura 14).

Mai multe detalii se află în lucrarea (Vatavu și Ungurean, 2022) publicată în cadrul conferinței **CHI 2022**, cel mai important canal de diseminare științifică din domeniul HCI⁵ de rang A* (ARC CORE).

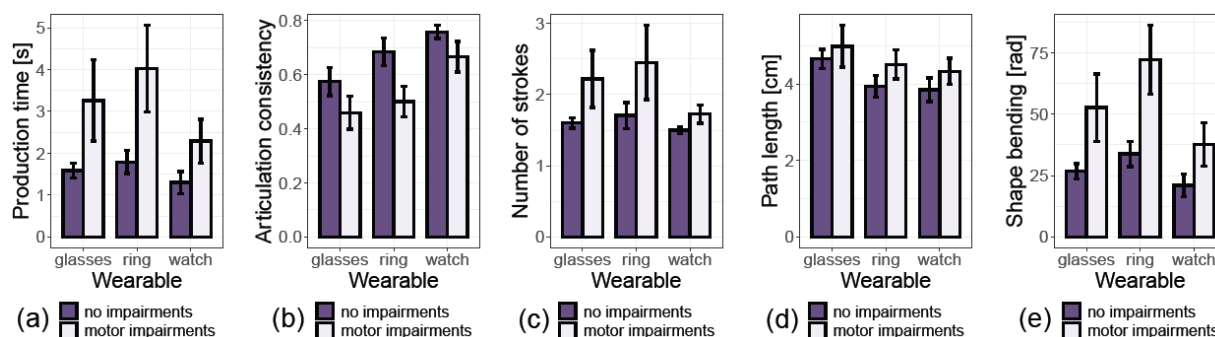


Figura 12. Performanța utilizatorilor cu și fără dizabilități motorii în execuția gesturilor de atingere cu un dispozitiv purtat sub formă de ceas, inel și pe rama unei perechi de ochelari.

⁵ Poziția 1 (h5-index=113), https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues&hl=de&vq=eng_humancomputerinteraction

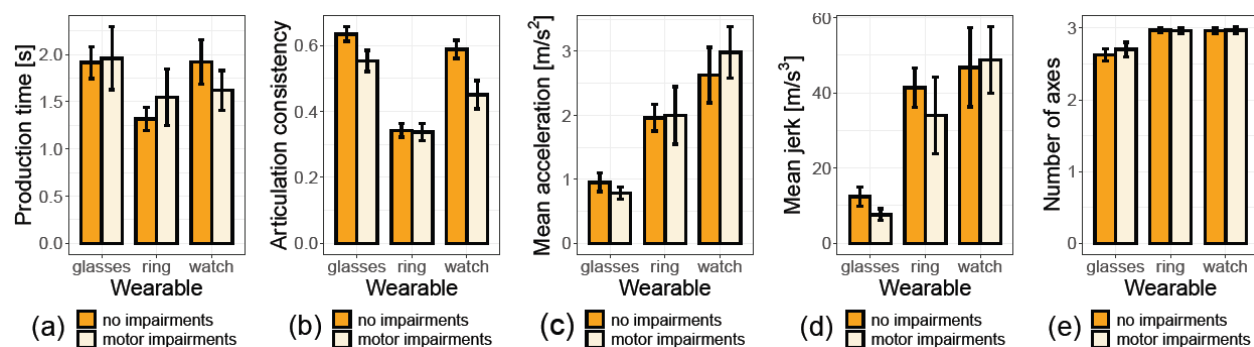


Figure 13. Performanța utilizatorilor cu și fără dizabilități motorii în execuția gesturilor de mișcare cu un dispozitiv purtat sub formă de ceas, inel și pe rama unei perechi de ochelari.

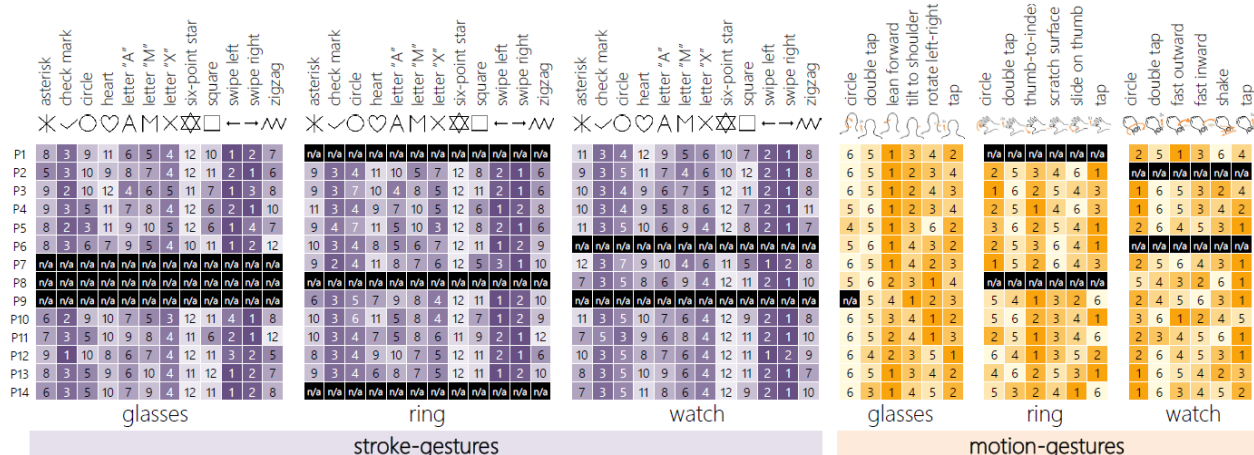


Figure 14. Interacțiunile realizate cu ceas, inel și ochelari ordonate după raportul timp de execuție (o mărime a eficienței) și consistența articulației gesturilor (o mărime a eficacității).

Evaluarea recunoașterii comenzilor vocale

Recunoașterea comenzilor vocale a fost evaluată folosind pachetul node.js @google-cloud/speech al Speech-to-Text API (LINEAR16, 16.000Hz, en-US) cu un context lingvistic reprezentat de mulțimea {*up, down, left, right, back, forward, yes, no, go, play, start, one, two, select, menu, group*}, care conține comenzi generice cu utilizare în diverse aplicații. Am folosit setul TORGO⁶ cu înregistrări colectate în condiții de laborator de la persoane cu paralizie cerebrală (CP) și scleroză laterală amiotrofică (ALS), dizabilități ce determină dificultăți de vorbire (Rudzics, 2012). În total, am evaluat 302 comenzi vocale cu 8 participanți cu dizabilități și 7 fără dizabilități (grupul de control). Rata de recunoaștere a fost 97.4% pentru grupul de control, ceea ce arată o performanță ridicată a tehnologiei alese pentru WearSkill. De asemenea, rata pentru utilizatorii cu dizabilități a fost 71.6%, sub nivelul grupului de control datorită afectării vorbirii, dar ridicată în contextul stadiului actual (Liu *et al.*, 2021). Ca și în cazul gesturilor, anumite comenzi, e.g., *forward, no, menu*, au fost recunoscute cu o acuratețe de până la 100% pentru utilizatorii cu dizabilități motorii, ceea ce consolidează implicația proiectării centrate pe abilități.

⁶ <http://www.cs.toronto.edu/~complingweb/data/TORGO/torgo.html>

Evaluarea performanțelor tehnice ale arhitecturii software suport pentru WearSkill

Am realizat o evaluare a performanțelor tehnice ale arhitecturii software (Schipor și Vatavu, 2022) folosită pentru implementarea aplicației WearSkill sub forma unui experiment controlat cu 2 variabile:

- MESSAGE-SIZE, dimensiunea în bytes a mesajelor generate, transmise și procesate în WearSkill.
- INPUT-DEVICE, variabilă de tip ordinal cu patru condiții: (1) un ceas smart *low-end* (Samsung Gear Fit 2, dual-core CPU Exynos 3250); (2) o pereche de ochelari smart *mid-range* (Vuzix Blade, ARM Cortex-A53 CPU); (3) un ceas smart *high-end* (Samsung Galaxy Watch 3, dual-core CPU Exynos 9110); (4) un telefon (Huawei P30, octa-core CPU Kirin 980) ca și condiție de control (figura 15).



Figura 15. Dispozitive wearable, reprezentative pentru produse comerciale *low-end*, *mid-range*, respectiv *high-end*, folosite pentru evaluarea timpului de răspuns a componentelor aplicației WearSkill.

Figura 16 prezintă efectul MESSAGE-SIZE și INPUT-DEVICE asupra timpului de răspuns al componentelor aplicației WearSkill (valori medii a 1000 măsurători repetate cu un conținut aleator pentru mesajele generate în vederea prevenirii efectului cache în rețeaua WiFi). Implementarea pe cel mai performant dispozitiv wearable, Galaxy Watch 3, a condus la un timp mediu de răspuns de 55ms, în timp ce pentru dispozitivele low-end și mid-range am obținut 97ms și 132ms cu o dependență liniară semnificativă ($R^2 > .99, p < .001$) între REQUEST-RESPONSE-TIME și MESSAGE-SIZE pentru fiecare condiție INPUT-DEVICE. Aceste rezultate arată eficiența implementării chiar și pentru dispozitive low-end. Rezultatele au fost publicate în revista **Int. Journal of Human-Computer Interaction**, IF (5-YEAR)=4.503.

Evaluarea recomandărilor personalizate pentru dispozitive și modalități de intrare

În vederea evaluării componentei de recomandare automată a dispozitivelor wearable și modalităților de intrare în funcție de simptomele cauzate de dizabilitățile motorii, am folosit setul de date (Ungurean și Vatavu, 2022) cu 2,625 de înregistrări ale preferințelor a 21 de persoane cu dizabilități motorii pentru interacțiuni cu dispozitive wearable și librăria Scikit-learn pentru a evalua diverși algoritmi de clasificare în contextul leave-one-out cross-validation. Tabelul 3 prezintă rezultatele obținute și un maxim de 85.3% acuratețe pentru algoritmi Decision Tree, Gradient Boosting și Ada Boost (medii calculate pentru 3 tipuri de dispozitive și 4 modalități de intrare). Aceste rezultate arată performanța ridicată a aplicației WearSkill în a oferi recomandări pentru dispozitive și modalități de intrare personalizate.

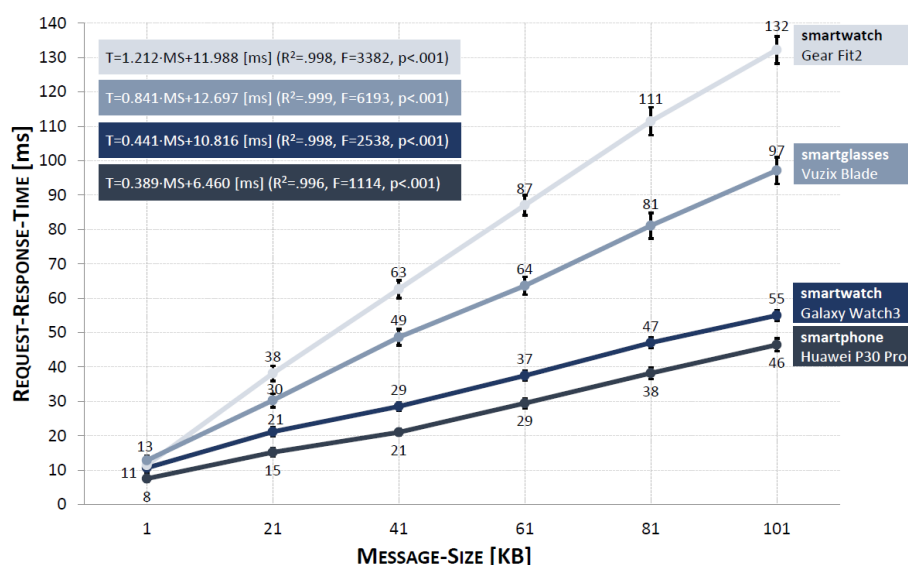


Figura 16. Timpul de răspuns al componentelor software WearSkill. Notă: barele de eroare sunt 95% CIs.

Classifier	Smartwatch				Smartglasses				Smart ring				Mean accuracy
	Touch input	Hand motion	Head motion	Voice input	Touch input	Hand motion	Head motion	Voice input	Touch input	Hand motion	Head motion	Voice input	
Decision Tree	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	57.1%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	57.1%	85.3%
Gradient Boosting	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	57.1%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	57.1%	85.3%
Ada Boost [†]	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	57.1%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	57.1%	85.3%
KNeighbors	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	52.4%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	57.1%	84.9%
Label Propagation	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	52.4%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	57.1%	84.9%
Radius Neighbors	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	52.4%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	52.4%	84.5%
Logistic Regression	85.7%	90.5%	76.2%	81.0%	90.5%	47.6%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	61.9%	84.5%
Multinomial Naïve Bayes	85.7%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	52.4%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	47.6%	84.1%
Label Spreading	71.4%	90.5%	81.0%	81.0%	90.5%	57.1%	90.5%	95.2%	100%	95.2%	100%	47.6%	83.3%

Tabel 3. Acuratețea recomandărilor pentru dispozitive și modalități de intrare în funcție de simptome.

Evaluare independentă

Am completat evaluarea noastră în condiții de laborator cu o evaluare realizată de un **juriu independent alcătuit din 4 experți în tehnologii asistive⁷ din mediul academic (Smith-Kettlewell Eye Institute, University of Michigan) și industrial (Google, Adobe)** participând la competiția Accessibility Challenge W4A 2022. Pentru criteriul **Research Merit** (How innovative and original is the submission?), am obținut 4.5/5 iar pentru **Impact** (How important is the work?) 4.75/5. În urma evaluării, aplicația WearSkill a fost distinsă cu „**Accessibility Challenge Judges Award.**” Alte distincții sunt prezentate în figura 17.



Figura 17. Rezultatele proiectului WearSkill au fost distinse cu trei premii în comunitatea științifică.

⁷ https://www.w4a.info/2022/?page_id=87

4. IMPACTUL REZULTATELOR OBTINUTE, CU SUBLINIAREA CELUI MAI SEMNIFICATIV. EXPLOATAREA ȘI DISEMINAREA REZULTATELOR

Rezultatele proiectului au fost diseminate în **12 publicații**, dintre care articole la conferințe prestigioase **A, A*** (e.g., CHI, UIST, ASSETS) și două articole în **reviste cu IF (5-YEAR) > 4**. Cel mai important rezultat este reprezentat de aplicația WearSkill de nivel TRL-4 descrisă în [Secțiunile 2 și 3](#) ale acestui raport.

- [1] Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu. (2022). "I Gave up Wearing Rings:" Insights on the Perceptions and Preferences of Wheelchair Users for Interactions with Wearables. *IEEE Pervasive Computing*, 10 pages. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2022.3155952> **5-Year IF: 4.196 (JCR 2021)**
- [2] Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2022). GearWheels: A Software Tool to Support User Experiments on Gesture Input with Wearable Devices. *International Journal of Human-Computer Interaction*. Taylor & Francis. <https://dx.doi.org/10.1080/10447318.2022.2098907> **5-YEAR IF: 4.503 (JCR 2021)**
- [3] Radu-Daniel Vatavu, Ovidiu-Ciprian Ungurean. (2022). Understanding Gesture Input Articulation with Upper-Body Wearables for Users with Upper-Body Motor Impairments. *Proceedings of CHI '22, the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, NY, USA, Article no. 2, 1-16. <https://doi.org/10.1145/3491102.3501964> | **A* (ARC CORE)**
- [4] Ovidiu-Andrei Schipor, Laura-Bianca Bilius, Ovidiu-Ciprian Ungurean, Alexandru-Ionuț Șean, Alexandru-Tudor Andrei, Radu-Daniel Vatavu. (2022). Personalized Wearable Interactions with WearSkill. *Proceedings of W4A '22, the 19th Web for All Conference*. ACM, New York, NY, USA, 8:1-8:2. <https://doi.org/10.1145/3493612.3520474> **Accessibility Challenge Judges' Award** 🏆 & **Accessibility Challenge Delegates' Award** 🏆
- [5] Ovidiu-Andrei Schipor, Laura-Bianca Bilius, Radu-Daniel Vatavu. (2022). WearSkill: Personalized and Interchangeable Input with Wearables for Users with Motor Impairments. *Proceedings of the 19th Web for All Conference*. ACM, NY, USA, 10:1-10:5. <https://doi.org/10.1145/3493612.3520455>
- [6] Radu-Daniel Vatavu, Laura-Bianca Bilius. (2021). GestuRING: A Web-based Tool for Designing Gesture Input with Rings, Ring-Like, and Ring-Ready Devices. *Proceedings of UIST '21, the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. ACM, New York, NY, USA, 710-723. <https://doi.org/10.1145/3472749.3474780> | **A* (ARC CORE)**
- [7] Laura-Bianca Bilius, Radu-Daniel Vatavu. (2021). Demonstration of GestuRING, a Web Tool for Ring Gesture Input. *Proceedings of the Adjunct Publication of UIST '21, the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. ACM, New York, NY, USA, 124-125. <https://doi.org/10.1145/3474349.3480199> | **A* (ARC CORE)**
- [8] Alexandru-Ionuț Șean, Radu-Daniel Vatavu. (2021). Wearable Interactions for Users with Motor Impairments: Systematic Review, Inventory, and Research Implications. *Proceedings of ASSETS '21, the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. ACM, New York, NY, USA, Article No. 7, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3441852.3471212> | **A (ARC CORE)**
- [9] Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu. (2021). Users with Motor Impairments' Preferences for Smart Wearables to Access and Interact with Ambient Intelligence Applications and Services.

Proceedings of the 12th International Symposium on Ambient Intelligence. LNNS, Springer, 10 pages.
<https://link.springer.com/book/9783031068935> | **Best Paper Application Award** 🏆

[10] Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2021). Software Architecture Based on Web Standards for Gesture Input with Smartwatches and Smartglasses. In *Proceedings of MUM '21, the 20th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1145/3490632.3497780> | **B (ARC CORE)**

[11] Octav Opaschi, Radu-Daniel Vatavu. (2020). Uncovering Practical Security and Privacy Threats for Connected Glasses with Embedded Video Cameras. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies* 4(4). ACM, New York, NY, USA. Article no. 167.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3432700>

[12] Radu-Daniel Vatavu, Jean Vanderdonckt. (2020). Design Space and Users' Preferences for Smartglasses Graphical Menus: A Vignette Study. *Proceedings of MUM '20, the 19th ACM International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1145/3428361.3428467> | **B (ARC CORE)**

Pe lângă publicațiile științifice, am realizat **diseminarea rezultatelor către publicul larg** prin 7 filme disponibile pe pagina YouTube a directorului de proiect. De asemenea, am identificat rezultate cu potențial distinct de exploatare viitoare, pentru care am realizat **pagini web individuale**. În plus, pagina web a proiectului conține codul sursă, furnizat sub o licență open-source, pentru aplicațiile dezvoltate.

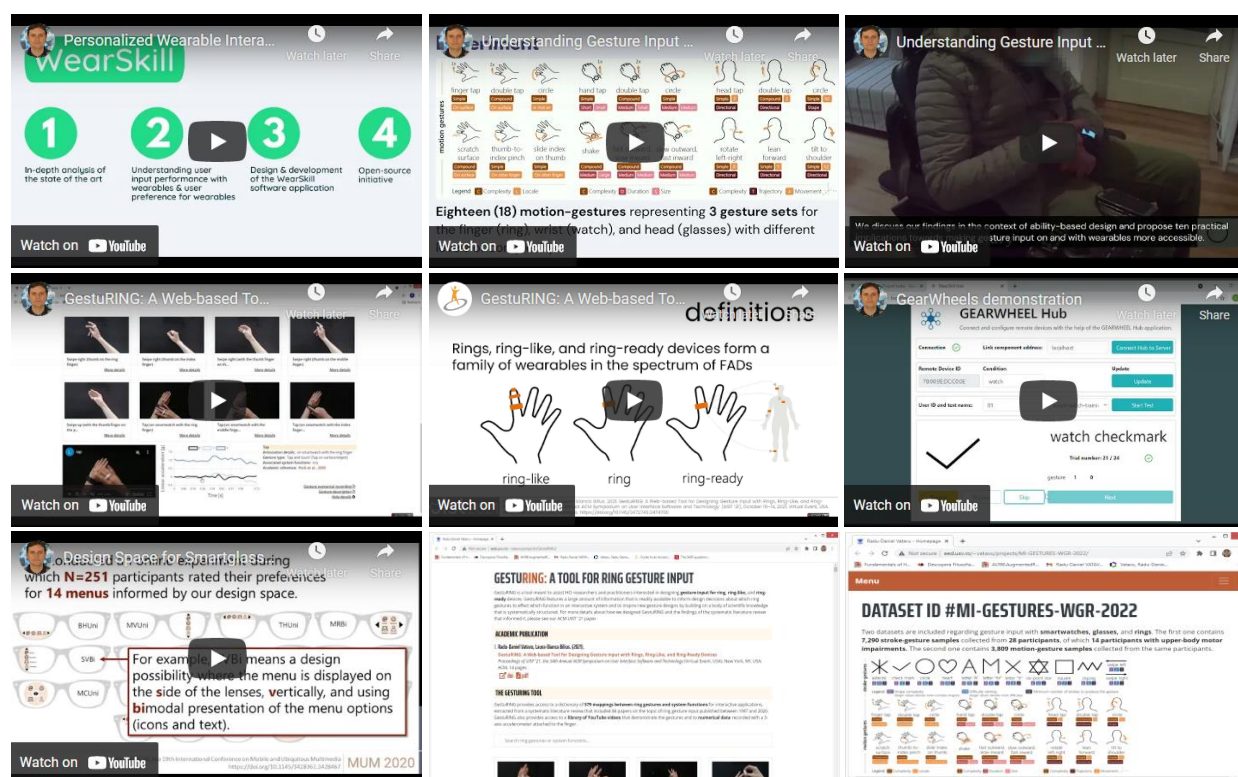


Figura 18. Diseminarea către publicul larg (imaginile reprezintă link-uri către filmeYouTube/pagini web).

5. PREZENTAREA LIVRABILELOR/INDICATORILOR OBTINUȚI LA FINALUL PROIECTULUI COMPARATIV CU CEI PROPUȘI

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr	Livrabile/indicatori realizați la finalul implementării proiectului	Nr
1.	Aplicații software pentru ochelari, ceasuri și inele smart pentru achiziționarea de date în cadru experimental (Etapa nr. 1)	3	Trei aplicații au fost dezvoltate în etapa nr. 1 pentru un dispozitiv purtat sub formă de ceas, inel și pe rama unor ochelari în vederea colectării seturilor de date A și B. În etapa nr. 3, cele trei aplicații au fost integrate în cadrul GearWheels, o arhitectură software dedicată implementării de experimente controlate pentru dispozitive wearable. Codul sursă al aplicației GearWheels este disponibil pe pagina proiectului sub o licență open-source de tip New BSD. Suplimentar, am dezvoltat aplicația web GestuRING, care oferă acces la o bază de date video YouTube și înregistrări numerice ale gesturilor realizate cu inele smart. Aplicația GestuRING este de asemenea disponibilă de pe pagina proiectului.	5
2.	Tehnici de interacțiune pentru ochelari, ceasuri și inele smart sub formă de aplicații software (Etapa nr. 2)	3	Trei aplicații software pentru dispozitive wearable, care demonstrează la nivel TRL-3 interacțiuni de tipul: (1) gesturi de mișcare executate cu un ceas Samsung Galaxy Watch 3; (2) gesturi de atingere cu un prototip de inel smart implementat cu un ecran tactil; (3) comenzi vocale pentru ochelarii smart Vuzix Blade. Codul sursă al aplicațiilor este disponibil pe pagina proiectului sub o licență open-source New BSD.	3
3.	Aplicație software model experimental de nivel TRL-4 (Etapa nr. 3)	1	Aplicația software WearSkill implementează la nivel TRL-4 recunoașterea de comenzi gestuale și vocale și oferă recomandări personalizate pentru modalități de interacțiune pentru ceasuri, ochelari și inele smart în funcție de simptomele cauzate de dizabilitățile motorii. Codul sursă este disponibil pe pagina proiectului cu o licență New BSD. Aplicația a fost distinsă cu 2 premii (Accessibility Challenge Judges Award și Delegates Award) în cadrul ACM W4A 2022.	1
4.	Set de date	1	Am achiziționat următoarele seturi de date: A. Un set de 7,290 de gesturi de atingere (ceas, inel, ochelari) colectate de la 28 participanți, dintre care 14 cu diverse tipuri de dizabilități motorii. B. Un set de 3,809 de gesturi de mișcare (deget, încheietura mâinii, cap) colectate de la 28 participanți, dintre care 14 cu diverse tipuri de dizabilități motorii. C. Un set de 92 de interacțiuni posibile cu dispozitive wearable pentru utilizatori cu dizabilități motorii, extrase din literatura științifică într-un studiu de tip SLR. D. Un set alcătuit din 579 de interacțiuni pentru inele smart, extrase din literatura științifică într-un studiu de tip SLR, împreună cu o librărie YouTube și înregistrări numerice	5

			realizate cu un inel cu accelerometru integrat cu trei axe. E. Un set de 2,625 de înregistrări reprezentând preferințe colectate de la 21 de persoane cu dizabilități motorii privind interacțiuni cu dispozitive wearable. Toate seturile de date sunt disponibile pe pagina proiectului.	
5.	Pagina web a proiectului de cercetare	1	Pagina http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/WearSkill conține publicațiile realizate, rezultatele obținute, precum și alte resurse, <i>e.g.</i> , filme YouTube pentru diseminarea către publicul larg. În plus, am realizat 4 pagini web distincte pentru resurse specifice rezultate din proiect: aplicația web GestuRING pentru gesturi realizate cu inele smart (http://www.eed.usv.ro/~vatavu/projects/GestuRING), arhitectura software GearWheels (http://www.eed.usv.ro/mintviz/resources/GearWheels), seturile de gesturi de atingere și mișcare A și B (http://www.eed.usv.ro/~vatavu/projects/MI-GESTURES-WGR-2022), precum și pentru setul de preferințe E (http://www.eed.usv.ro/~vatavu/projects/WearablesPreferencesMIDataset) colectat de la utilizatori cu dizabilități motorii.	5
6.	Rapoarte de cercetare	3	Patru rapoarte de cercetare cu un număr total de 80 de pagini, aferente etapelor 1-3 de implementare a proiectului și raportul final, sunt disponibile pe pagina web a proiectului.	4
7.	Publicații științifice	-	12 articole publicate în reviste și la conferințe, dintre care: - 1 articol în revista IEEE Pervasive Computing (5-YR IF=4.916) - 1 articol în revista International Journal of Human-Computer Interaction (5-YR IF=4.503) - 6 articole în conferințe de rang A*, A, B - 3 articole premiate (Best Application Paper Award, Accessibility Challenge Judges Award și Accesibility Challenge Delegates Award), din care 2 premii acordate rezultatului final al proiectului (aplicația WearSkill).	12

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele obținute în perioada 2020 – 2022 descrise în prezentul raport de cercetare, publicațiile științifice realizate, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse, considerăm toate obiectivele proiectului îndeplinite în procent de 100%.

REFERINȚE

- Gheran *et al.*, 2018 B.-F. Gheran, J. Vanderdonckt, R.-D. Vatavu. 2018. [Gestures for Smart Rings: Empirical Results, Insights, and Design Implications](#). In *Proc. of the Designing Interactive Systems Conference (DIS '18)*. ACM, New York, NY, USA, 623–635.
- Isokoski, 2001 P. Isokoski. 2001. [Model for unistroke writing time](#). In *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*. ACM, 357–364.



- Liu *et al.*, 2019 Q.F. Liu, K. Katsuragawa, E. Lank. 2019. [Eliciting Wrist and Finger Gestures to Guide Recognizer Design](#). In *Proc. of 45th Graphics Interface Conference*, 9:1-9:9.
- Liu *et al.*, 2021 S. Liu, M. Geng, S. Hu, X. Xie, M. Cui, J. Yu, X. Liu, H. Meng. 2021. [Recent Progress in the CUHK Dysarthric Speech Recognition System](#). *IEEE/ACM Trans. Audio, Speech and Lang. Proc.* 29, 2267–2281.
- Magrofuoco și Vanderdonckt, 2022 Nathan Magrofuoco, Paolo Roselli, Jean Vanderdonckt. 2022. [Two-dimensional Stroke Gesture Recognition: A Survey](#). *ACM Computing Surveys* 54 (7), Article 155, 36 pages.
- Rudzicz, 2012 F. Rudzicz. 2012. [Using articulatory likelihoods in the recognition of dysarthric speech](#). *Speech Comm.*, 54(3).
- Shimon *et al.*, 2016 S.S.A. Shimon, C. Lutton, Z. Xu, S. Morrison-Smith, C. Boucher, J. Ruiz. 2016. [Exploring Non-touchscreen Gestures for Smartwatches](#). In *Proc. of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, 3822–3833.
- Siddaway *et al.*, 2019 A.P. Siddaway, A.M. Wood, L.V. Hedges. 2019. [How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses](#). *Annual Review of Psychology* 70 (1), 747–770.
- Schipor *et al.*, 2022a O.-A. Schipor, L.-B. Bilius, R.-D. Vatavu. 2022. [WearSkill: Personalized and Interchangeable Input with Wearables for Users with Motor Impairments](#). *Proc. of W4A '22, the 19th Web for All Conference*. New York, NY, USA: ACM, 10:1-10:5.
- Schipor *et al.*, 2022b O.-A. Schipor, L.-B. Bilius, O.-C. Ungurean, A.-I. Șiean, A.-T. Andrei, R.-D. Vatavu. (2022). [Personalized Wearable Interactions with WearSkill](#). *Proceedings of W4A '22, the 19th Web for All Conference*. New York, NY, USA: ACM, 8:1-8:2.
- Șiean și Vatavu, 2021 I.-A. Șiean, R.-D. Vatavu. 2021. [Wearable Interactions for Users with Motor Impairments: Systematic Review, Inventory, and Research Implications](#). In *Proc. of the 23rd Int. ACM SIGACCESS Conf. on Computers and Accessibility*. ACM, NY.
- Ungurean și Vatavu, 2021 O.-C. Ungurean, R.-D. Vatavu. 2021. [Users with Motor Impairments' Preferences for Smart Wearables to Access and Interact with Ambient Intelligence Applications and Services](#). *Proc. of the 12th International Symposium on Ambient Intelligence*.
- Ungurean și Vatavu, 2022 O.-C. Ungurean, R.-D. Vatavu. 2022. ["I Gave up Wearing Rings:" Insights on the Perceptions and Preferences of Wheelchair Users for Interactions with Wearables](#). *IEEE Pervasive Computing*.
- Vanderdonckt *et al.*, 2019 J. Vanderdonckt, N. Magrofuoco, S. Kieffer, J. Pérez, Y. Rase, P. Roselli, S. Villarreal. 2019. [Head and Shoulders Gestures: Exploring User-Defined Gestures with Upper Body](#). In *Proc. of HCI 2019. Lecture Notes in Computer Science*, 11584, 192–213.
- Vatavu *et al.*, 2011 R.-D. Vatavu, D. Vogel, G. Casiez, L. Grisoni. 2011. [Estimating the Perceived Difficulty of Pen Gestures](#). In *Proc. of INTERACT'11*. Springer, 89-106.
- Vatavu și Bilius, R.-D. Vatavu, L.-B. Bilius. 2021. [GestuRING: A Web-based Tool for Designing](#)

- 2021 [Gesture Input with Rings, Ring-Like, and Ring-Ready Devices](#). In *Proc. of the 34th ACM Symp. on User Interface Software and Technology (UIST '21)*. ACM, 710–723.
- Vatavu și Ungurean, 2022 R.-D. Vatavu, O.-C. Ungurean. 2022. [Understanding Gesture Input Articulation with Upper-Body Wearables for Users with Upper-Body Motor Impairments](#). *Proc. of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2:1-2:16.
- Yan *et al.*, 2018 Y. Yan, C. Yu, X. Yi, Y. Shi. 2018. [HeadGesture: Hands-Free Input Approach Leveraging Head Movements for HMD Devices](#). *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.* 2, 4, Article 198, 23 pages.

PREZENTAREA SUCCINTĂ A REZULTATELOR PENTRU PUBLICUL LARG

Conform cerințelor privind redactarea raportului final, acesta trebuie să conțină și o prezentare succintă (2-3 paragrafe) a rezultatelor obținute, ce urmează a fi diseminate de către Autoritatea Contractantă în materiale de promovare, împreună cu 2-4 fotografii reprezentative pentru proiect.

În cadrul proiectului WearSkill, am adresat problema interacțiunii cu dispozitive wearable de tipul ceasurilor, ochelarilor și inelelor smart pentru utilizatorii cu dizabilități motorii. Abordarea noastră a fost una centrată pe înțelegerea nevoilor, dorințelor, preferințelor și performanțelor în interacțiunea cu dispozitive wearable într-o paradigmă de proiectare, implementare și evaluare centrată pe specificul abilităților motorii ale utilizatorilor acestor dispozitive. Rezultatul principal al proiectului este un model experimental reprezentat de aplicația software WearSkill, care oferă interacțiuni personalizate bazate pe analiza simptomelor determinate de diverse tipuri de dizabilități motorii. Alte rezultate ale proiectului includ seturi de date, arhitectura software GearWheels, aplicația web GestuRING, multiple evaluări empirice privind performanța tehnică a aplicațiilor dezvoltate, respectiv analiza interacțiunilor utilizatorilor cu și fără dizabilități motorii cu dispozitive wearable, precum și contribuții științifice diseminate în 12 articole publicate în reviste și la conferințe prestigioase ale domeniului interacțiunii om-calculator (*e.g.*, conferințe de rang A*, A, B, conform clasificării ARC CORE). Pagina web a proiectului conține aceste resurse, care au fost făcute disponibile comunității științifice în regim open-source.



Director proiect,

Prof. univ. dr. ing. Radu-Daniel VATAVU

20/20

