

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului

AUGMENTARE SENZORIALĂ ÎN CONTEXTE DE PERCEPȚIE VIZUALĂ REDUSĂ FOLOSIND TEHNOLOGII INTERACTIVE WEARABLE

în perioada ianuarie – decembrie 2019 (etapa nr. 2)

Cod proiect	PN-III-P1-1.1-TE-2016-2173
Nr. contract	TE141/2018
Acronim	Senses++
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/Senses++

Cuprins

1. REZUMATUL ETAPEI	3
Obiectivele proiectului.....	3
Membrii echipei de cercetare.....	3
Obiectivele și activitățile etapei.....	3
Rezultate așteptate pentru etapa nr. 2, conform planului de realizare	4
2. STUDII PRIVIND ÎNȚELEGEREA NEVOILOR ȘI DORINȚELOR DE AUGMENTARE A VEDERII	5
Studiu pentru înțelegerea preferințelor utilizatorilor privind scenarii potențiale de augmentare a vederii	5
Studiu privind augmentarea senzorială prin crearea de legături mnemonice între obiecte virtuale și spațiul fizic	8
Studiu privind o aplicație practică a scenariilor de augmentare a vederii	10
3. PROIECTAREA DE NOI METODOLOGII PENTRU EVALUAREA PERCEPȚIEI UMANE ÎN CONTEXTUL AUGMENTĂRII SENZORIALE	11
Analiza consensului.....	13
Analiza preferințelor	15
4. IMPLEMENTAREA UNUI PROTOTIP PENTRU AUGMENTAREA VEDERII FOLOSIND OCHELARI SMART ...	17
5. IMPLEMENTAREA UNUI PROTOTIP PENTRU FEEDBACK VIBROTACTIL LA NIVELUL CORPULUI ÎN VEDEREA ASISTĂRII PERCEPȚIEI VIZUALE	21
6. IMPLEMENTARE SOFTWARE PENTRU STOCAREA ȘI PARTAJAREA VEDERII AUGMENTATE	22
7. DISEMINAREA REZULTATELOR ȘTIINȚIFICE.....	24
8. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI	25
REFERINȚE	26



1. REZUMATUL ETAPEI

Obiectivele proiectului

Acest proiect de cercetare are drept scop propunerea și dezvoltarea de noi tehnologii interactive pentru furnizarea unei înțelegeri mai bune asupra lumii fizice persoanelor cu deficiențe de vedere, dar și persoanelor cu vedere normală, care se pot regăsi ocazional în situații în care augmentarea vederii le-ar putea oferi avantaje semnificative în realizarea sarcinilor curente, *e.g.*, abilitatea de a vedea la distanțe mai mari sau de a vedea în alte domenii ale spectrului electromagnetic în afara domeniului vizibil. Prin urmare, proiectul își fixează următoarele obiective privind *proiectarea, implementarea și evaluarea* de noi prototipuri și tehnici interactive pentru controlul dispozitivelor wearable smart în scopul augmentării percepției vizuale pentru utilizatorii cu și fără deficiențe de vedere, astfel:

- O1. Înțelegerea nevoilor de augmentare senzorială, în special de augmentare vizuală, a persoanelor cu și fără deficiențe de vedere.
- O2. Proiectarea și dezvoltarea de prototipuri wearable pentru augmentarea senzorială și asistarea vederii dar și pentru a crea noi percepții prin intermediul dispozitivelor smart ce pot fi purtate, cum ar fi ochelari, brățări, inele, etc.
- O3. Proiectarea de noi tehnici de interacțiune bazate pe folosirea comenzilor gestuale și vocale pentru operarea eficientă a prototipurilor wearable de augmentare senzorială.

Membrii echipei de cercetare

Echipa proiectului de cercetare-dezvoltare este alcătuită din 5 membri:

1. Radu-Daniel Vatavu (prof. univ. dr. ing., conducător de doctorat), Director de proiect
2. Ovidiu-Andrei Schipor (conf. univ. dr. ing., Calculatoare și Tehnologia Informației)
3. Petruța-Paraschiva Rusu (conf. univ. dr., Psiholog)
4. Bogdan-Florin Gheran (ing., doctorand în Calculatoare și Tehnologia Informației)
5. Adrian Aiordăchioae (ing., doctorand în Calculatoare și Tehnologia Informației)

Obiectivele și activitățile etapei

Activitățile de cercetare-dezvoltare ale proiectului (de tip A1 - cercetare fundamentală), desfășurate în perioada ianuarie – decembrie 2019 în cadrul [Laboratorului de Cercetare în Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației \(MintViz\)](#) al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava, fac parte din Etapa nr. 2 de implementare a proiectului având drept obiectiv *“Implementarea de prototipuri wearable pentru augmentare senzorială”*, după cum urmează:

Act. 2.1 – Organizarea unui studiu de tip participativ pentru înțelegerea nevoilor și dorințelor utilizatorilor de augmentare a vederii și elaborarea unei taxonomii integrative privind "cum" și "când" poate fi vederea augmentată

Act. 2.2 - Implementarea de prototipuri funcționale preliminare pentru augmentarea vederii

Act. 2.3 - Organizarea unui experiment pentru colectarea de feedback informativ de la persoane cu și fără dizabilități de vedere

Act. 2.4 - Adnotarea și analiza datelor experimentale

Act. 2.5 - Proiectarea unei noi metodologii pentru evaluarea percepției umane în contextul augmentării senzoriale

Act. 2.6 - Implementarea unui prototip pentru augmentarea vederii folosind ochelari smart

Act. 2.7 - Implementarea unui prototip pentru feedback vibrotactil la nivelul corpului în vederea asistării percepției vizuale

Act. 2.8 - Implementare software pentru stocarea și partajarea vederii augmentate

Act. 2.9 - Evaluarea prototipurilor

Rezultate așteptate pentru etapa nr. 2, conform planului de realizare

- **Rezultat așteptat:** Raportul științific al etapei.
Rezultat realizat: Raport științific conținând un număr de 31 de pagini detaliind progresul realizat în cadrul etapei numărul 2 de implementare a proiectului.
- **Rezultat așteptat:** Articole științifice în jurnale și/sau participări la conferințe de prestigiu.
Rezultat realizat: 9 articole științifice, dintre care 3 articole publicate în reviste IEEE și ACM (dintre care o revistă cu factor de impact 3.813, conform Journal Citation Reports 2018) și 6 lucrări publicate și susținute în cadrul unor conferințe organizate de către ACM, respectiv IEEE (dintre care 2 lucrări la conferințe de rang ARC A*, conform clasificării ARC CORE 2018).
- **Rezultat așteptat:** Set de date experimentale privind vederea augmentată.
Rezultat realizat: Set de date cu observații experimentale privind dorințele și preferințele de vedere augmentată ale unui număr de 195 de participanți ai unui studiu mixt organizat în situ/online în cadrul acestei etape, dintre care 17 participanți cu diverse deficiențe de vedere.
- **Rezultat așteptat:** Prototipuri wearable pentru augmentarea vederii.
Rezultat realizat: Trei prototipuri wearable pentru augmentarea vederii (Life-Tags, brățară cu feedback vibrotactil și software pentru vederea distribuită). Două dintre aceste prototipuri au fost deja valorificate prin publicații științifice (ACM PACMHCI 2019, respectiv IEEE EHB 2019).
- Suplimentar față de rezultatele așteptate în cadrul acestei etape, am propus, validat și publicat în cadrul unor conferințe specializate organizate de către ACM două noi metodologii pentru colectarea preferințelor utilizatorilor pentru scenarii interactive, ce au fost publicate sub numele "dissimilarity-consensus agreement analysis", respectiv "AB4Web". De asemenea, am identificat oportunități de aplicare și diseminare cât mai largi a rezultatelor proiectului de cercetare-dezvoltare în cadrul domeniului științific al interacțiunii om-calculator, și anume în aria de interes a realității augmentate (IEEE ISMAR 2019, conferință de rang A*, conform ARC CORE), media interactivă (ACM TVX 2019), ingineria sistemelor interactive (ACM EICS 2019 și ACM PACMHCI 2019), e-Health (IEEE EHB 2019), respectiv în cadrul conferinței principale a domeniului interacțiunii om-calculator (ACM CHI 2019, conferință rang A*, conform ARC CORE).
- Studiile realizate au implicat un număr total de 195 (studiul preferințelor de augmentare a vederii) + 108 (ACM PACMHCI'19) + 20 (IEEE Pervasive) + 172 (IEEE ISMAR'19) = 495 participanți.



2. STUDII PRIVIND ÎNȚELEGEREA NEVOILOR ȘI DORINȚELOR DE AUGMENTARE A VEDERII

În vederea înțelegerii preferințelor utilizatorilor potențiali ai aplicațiilor de augmentare senzorială și, în special, de augmentare a vederii, am realizat trei studii sub forma de experimente controlate, care au adresat: (1) colectarea preferințelor pentru diverse scenarii posibile pentru augmentarea vederii, (2) cuantificarea augmentării senzoriale în afara canalelor vizual, auditiv și tactil prin crearea de legături mnemonice între obiecte virtuale și spațiul fizic, respectiv (3) aplicarea augmentării vizuale în cadrul unui domeniu practic reprezentat de realitatea augmentată (AR) pentru consumul de conținut virtual prin intermediul ecranului TV, *i.e.*, augmentarea vizuală a conținutului media folosind unul dintre cele mai răspândite dispozitive electronice în contextul casnic. Aceste trei studii au implicat un număr total de 387 de participanți și au constatat în aplicarea de chestionare specifice solicitând preferințele acestora sub formă de răspunsuri de tip scală Likert cu 5/7 itemi (Popovici și Vatavu, 2019a; Rusu *et al.*, 2019; Schipor și Vatavu, 2018), efectuarea de măsurători numerice folosind echipamente profesionale de detecție și urmărire a mișcării (Vicon) pentru cuantificarea augmentării senzoriale în contextul ancorării de obiecte virtuale în spațiul fizic (Schipor și Vatavu, 2018), respectiv calculul consensului dintre preferințele manifestate de către participanți (Popovici și Vatavu, 2019a; Schipor și Vatavu, 2018).

Studiu pentru înțelegerea preferințelor utilizatorilor privind scenarii potențiale de augmentare a vederii

Pentru a înțelege nevoile, dorințele și preferințele utilizatorilor potențiali ai aplicațiilor de augmentare a vederii folosind diverse tehnologii (*e.g.*, realitate augmentată și mixtă, viziune artificială și recunoașterea formelor, dispozitive interactive wearable, etc.), am proiectat și implementat un studiu de solicitare a acestora folosind chestionare online (Google Forms) și tehnica interviului semi-structurat. În acest sens, am elaborat în prealabil o *taxonomie privind augmentarea vederii* prin identificarea unui număr de 32 de scenarii distincte de augmentare vizuală, incluzând scenarii studiate în literatura domeniului, *e.g.*, Zhao *et al.* (2015, 2016), precum și extinzând sfera acestora către noi oportunități aplicative. Am grupat cele 32 de scenarii în 4 categorii de augmentare vizuală, și anume: (1) augmentarea vederii pentru atingerea parametrilor normali pentru vederea umană (*e.g.*, vedere în parametri normali de aproape sau la distanță) implementată de scenariile S_1 - S_8 prezentate în continuare; (2) extinderea vederii folosind senzori (*e.g.*, vedere panoramică oferită de camere video 360°), conform scenariilor S_9 - S_{16} ; (3) augmentarea vederii prin folosirea de tehnologii AI (Artificial Intelligence) / ML (Machine Learning) / CV (Computer Vision), conform scenariilor S_{17} - S_{24} (*e.g.*, vedere augmentată prin recunoașterea automată a fețelor sau a diverselor obiecte de interes); respectiv (4) extinderea vederii umane în alte domenii ale spectrului electromagnetic decât cel vizibil (*e.g.*, aprecierea de la distanță a temperaturii obiectelor), scenariile S_{25} - S_{32} . Cele 32 de scenarii au fost formulate ca și afirmații descriind pentru participanții la studiu diverse nevoi sau dorințe de augmentare a vederii, *e.g.*, “Aș dori / aș avea nevoie de tehnologie care să îmi permită să am o vedere periferică mai bună”, pentru care am solicitat gradul de acord:

- S1. Să văd mai bine la distanță (la câțiva metri)
- S2. Să văd mai bine de aproape (la câțiva cm)

- S3. Să văd culorile mai clar
- S4. Să văd cu un contrast mai bun
- S5. Să văd mai bine atunci când este lumină puternică
- S6. Să am o vedere periferică mai bună
- S7. Să văd mai bine noaptea
- S8. Să văd mai multe detalii ale obiectelor la care privesc, fără să fie nevoie să mă apropiu (rezoluție mai bună a vederii)
- S9. Să văd din unghiuri inaccesibile în mod obișnuit (ex: în spatele unui obiect, după un colț)
- S10. Să văd în locuri în care nu mă aflu (ex: la 2 km distanță), ca și cum aș fi acolo
- S11. Să văd din perspectiva unei alte persoane (shared vision)
- S12. Să văd cu încetinitorul (slow motion)
- S13. Să văd panoramic la 360 de grade în jurul meu
- S14. Să văd aceeași scenă din mai multe unghiuri în același timp (ex.: stânga, dreapta, sus, etc.)
- S15. Să revăd o acțiune care tocmai s-a întâmplat
- S16. Să văd în spatele meu
- S17. Să fie recunoscute automat și evidențiate pentru mine obiectele de interes (indicatoare, telefonul, etc.)
- S18. Să nu fiu distras de obiecte neimportante din fundal: aceste obiecte să fie eliminate sau estompate
- S19. Să aud textul pe care îl privesc, de ex. numele unei strazi pe un indicator (text to speech)
- S20. Să pot identifica ușor persoanele cu care vorbesc (face recognition)
- S21. Să pot identifica ușor expresia feței sau emoția persoanelor cu care vorbesc (emotion recognition)
- S22. Să văd mai bine mișcarea și obiectele care se mișcă
- S23. Să pot identifica vizual locul de unde provine sunetul
- S24. Să văd informații suplimentare (ex. text sau grafică) lângă obiectele spre care privesc (realitate augmentată)
- S25. Să apreciez mai bine distanța față de obiecte
- S26. Să văd prin obiecte, ca și cum ar fi transparente (X-rays)
- S27. Să pot vedea când este întuneric total (infrared)
- S28. Să văd temperatura obiectelor (thermal vision)
- S29. Să pot distinge mai multe culori decât disting acum
- S30. Să identific doar cu vederea materialul din care sunt făcute obiectele spre care privesc
- S31. Să văd undele radio și comunicațiile Internet wireless
- S32. Să văd radiația solară ultravioletă (UV)

Răspunsurile solicitate de la participanți pentru fiecare scenariu au vizat evaluarea nevoilor, dorințelor și preferințelor acestora pentru scenariului respectiv în conformitate cu o serie de variante de răspuns sub forma de scale Likert cu 5 itemi, astfel: 1 – *Foarte puțin/Deloc (nu se aplică în cazul meu)*, 2 – *Puțin*, 3 – *Sunt indecis (tehnologie benefică, dar nu o doresc în mod neapărat)*, 4 – *Mult*, 5 – *Foarte mult (este deosebit de important pentru mine)*. În plus, pentru participanții cu dizabilități de vedere, am colectat diverse informații privind vederea lor funcțională la momentul desfășurării studiului prin intermediul testului Visual Functioning Questionnaire (Mangione, 2001), care cuprinde întrebări specifice, cum ar fi: *“Cât de mari dificultăți aveți atunci când munciți sau vă ocupați de hobby-uri care necesită să vedeți de aproape, cum ar fi gătitul, cusutul, reparațiile casnice sau folosirea uneltelor?”* sau *„Din cauza problemelor de vedere, cât de mari dificultăți aveți în a găsi un obiect pe o etajeră plină de lucruri?”* De



asemenea, am folosit chestionarul Subjective Well-Being Scale (Lyubomirsky and Lepper, 1999) pentru a aprecia starea de bine a participanților, din cadrul căruia am folosit 6 întrebări/afirmații, de exemplu *“Nu ies singur din casă din cauza problemelor mele de vedere”* sau *“Unii oameni sunt în general fericiți. Se bucură de viață indiferent de ceea ce li se întâmplă, văzând numai lucrurile bune. În ce măsură vi se potrivește dumneavoastră această descriere?”* Pe lângă aceste chestionare și scale cu răspunsuri predefinite, am folosit pentru participanții cu dizabilități de vedere metoda interviului semi-structurat centrat pe scenariile S_1 - S_{32} identificate în cadrul taxonomiei noastre de augmentare a vederii.

Am aplicat aceste instrumente în cadrul unui prim studiu la care au participat 17 persoane cu diverse dizabilități de vedere (7 bărbați și 10 femei) cu vârste cuprinse între 17 și 73 ani ($M=25.1$, $SD=16.8$ ani); figura 1 prezintă câteva fotografii surprinse în timpul studiului iar tabelul 1 conține detalii specifice privind vederea funcțională pentru câțiva din participanții cu dizabilități de vedere. Rezultatele privind nevoile de augmentare a vederii, conform scenariilor taxonomiei noastre, sunt prezentate în figura 2, indicând preferințe în medie de 4.2 pentru atingerea vederii normale în locul vederii extinse (3.7), AI/AR (3.8), sau în alte domenii ale spectrului electromagnetic (3.4 din maxim 5). Pentru a pune aceste rezultate în context, am organizat un al doilea studiu, online, în cadrul căruia am solicitat preferințe de augmentare a vederii de la 178 de persoane fără dizabilități de vedere (78 bărbați, 100 femei), cu vârste între 17 și 75 ani ($M=32.4$, $SD=12.8$ ani). Figura 2 prezintă preferințele participanților fără dizabilități pentru scenariile S_1 - S_{32} identificate în cadrul taxonomiei noastre, preferințe care au fost mai reduse în medie decât cele ale participanților cu dizabilități: atingerea vederii normale 3.6 vs. 4.2, extinse 3.5 vs. 3.7, augmentate AI/AR 3.4 vs. 3.8, respectiv în alte domenii ale spectrului electromagnetic 3.2 vs. 3.4.



Figura 1. Stânga: interviul cu participanții cu dizabilități de vedere pentru identificarea preferințelor pentru scenarii de augmentare vizuală. **Mijloc:** participanți cu dizabilități de vedere testând diverse dispozitive wearable (Vuxiz Blade, Microsoft HoloLens) pentru augmentarea vederii (Rusu *et al.*, 2019).

Dreapta: un participant cu grad sever de dizabilitate, pentru care vederea nu poate fi augmentată folosind dispozitive AR/MR disponibile comercial, explorează HoloLens folosindu-și mâinile.

Gender / Age	Condition	Self-reported use of assistive devices	Visual functioning: self-reported difficulties						
			Walk ¹	Read ²	Obj. ³	Face ⁴	Work ⁵	News ⁶	Side ⁷
1 Male / 17 yrs.	Myopia	Prescription glasses, screen display settings for large fonts	☑☑☑	☑☑☑	☑☑☑	☑☑	☑☑	☑☑	☑
2 Female / 19 yrs.	Congenital cataract	Screen display settings for large fonts	☑☑☑	☑☑	☑	☑☑	☑☑☑	☑☑☑	☑☑
3 Male / 18 yrs.	Myopia and astigmatism	Prescription glasses, display settings, voice input	☑	☑	☑☑	☑☑☑	☑	☑☑☑	☑☑☑
4 Female / 18 yrs.	Retinopathy	Display settings for large fonts, text to speech applications	☑	☑	☑			☑☑☑	
5 Female / 18 yrs.	Glaucoma	Text to speech applications	☑☑	☑☑☑	☑☑☑	☑☑☑	☑☑	☑☑☑	☑☑

¹Walking down steps, down stairs, or walking during night time. ²Reading street signs or store names. ³Locating personal objects. ⁴Seeing other people's reactions during conversations. ⁵Working, hobbies, or other activities that involve vision. ⁶Reading ordinary print, such as from newspapers. ⁷Seeing objects off to the side.
☑ = Little difficulty, ☑☑ = Moderate difficulty, ☑☑☑ = Extreme difficulty or impossible.

Tabel 1. Exemple de date colectate de la participanții cu dizabilități de vedere (Rusu *et al.*, 2019).

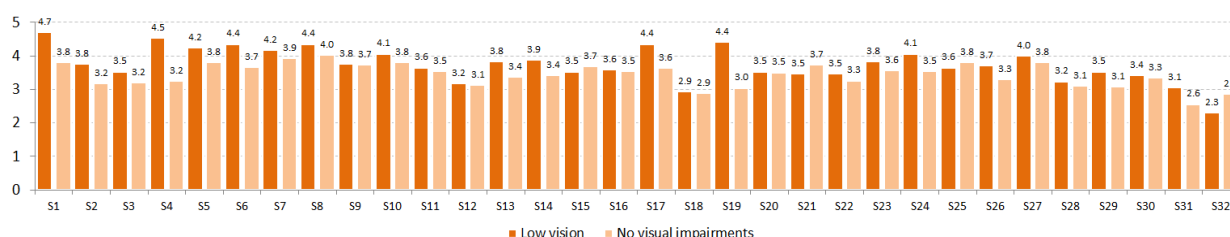


Figura 2. Preferințe pentru scenarii de augmentare a vederii, N=195 participanți. *Notă:* valoarea 1 indică un scenariu deloc sau foarte puțin dorit iar valoarea 5 un scenariu dorit foarte mult și deosebit de important pentru participanții la acest studiu.

Rezultate preliminare, centrate pe analiza datelor a câtorva dintre participanții cu dizabilități de vedere într-un context aplicativ în domeniul e-Health, au fost publicate în cadrul conferinței IEEE EHB 2019:

Petruța-Paraschiva Rusu, Maria-Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2019). A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering* (November, 2019). IEEE Press

Studiu privind augmentarea senzorială prin crearea de legături mnemonice între obiecte virtuale și spațiul fizic

Pentru înțelegerea augmentării senzoriale în afara domeniului vizibil, am proiectat și realizat un al doilea studiu în care ne-am concentrat pe colectarea, analiza și înțelegerea preferințelor utilizatorilor pentru ancorarea de obiecte virtuale *invizibile, inaudibile și impalpabile* folosind topografia spațiului fizic. În acest sens, un număr de 20 de participanți (dintre care 10 femei) cu vârste cuprinse între 19 și 40 de ani ($M=21.0$, $SD=4.9$ ani) și-au exprimat preferințele privind amplasarea de obiecte virtuale (*e.g.*, fotografii, filme, cărți electronice, etc.) în spațiul fizic, în lipsa oricărui feedback de ordin vizual, auditiv, tactil și bazându-se doar pe imaginație și apoi memorie. Măsurătorile privind amplasarea obiectelor virtuale au

fost realizate cu ajutorul unui sistem profesional de detecție a mișcării Vicon¹ alcătuit din 6 camere de tip Vicon Bonita (fiecare cameră cu o rezoluție de 1Mp și o frecvență a cadrelor de 100 fps) într-o volum de aproximativ 48m³ (4m lungime x 4m adâncime x 3m înălțime). Plecând de la aceste măsurători reprezentate de locații 3D ale amplasării obiectelor virtuale în spațiul fizic, respectiv locații 3D reamintite ulterior, am calculat și analizat consensul dintre preferințele celor 20 de participanți privind amplasarea obiectelor virtuale în spațiul fizic folosind o formulă adaptată după indicatorul AR (Agreement Rate) definit de Wobbrock *et al.* (2005, 2019) și actualizat de Vatavu și Wobbrock (2015, 2016), astfel:

$$AR(r) = 1 - \frac{1}{\lambda} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n \delta(p_i, p_j)}{n(n-1)/2}$$

unde r denotă obiectul virtual referit de către participanți (în momentul ancorării în spațiul fizic sau ulterior, în momentul reamintirii locației acestuia), n este numărul de participanți la studiu, δ distanța Euclidiană definită între două puncte 3D din spațiul fizic unde obiectul virtual r a fost plasat de către participanții i și j , iar λ un coeficient care normalizează valorile distanțelor Euclidiene relativ la dimensiunea spațiului fizic folosit în cadrul studiului nostru. Valoarea medie a consensului, calculată pentru toate condițiile experimentale (Schipor și Vatavu, 2018), a fost de 0.344 (SD=0.106) pe o scală variind de la 0 (dezacord total) la 1 (consens perfect). Figura 3 ilustrează amplasările obiectelor virtuale în spațiul fizic realizate de către toți participanții la acest studiu.

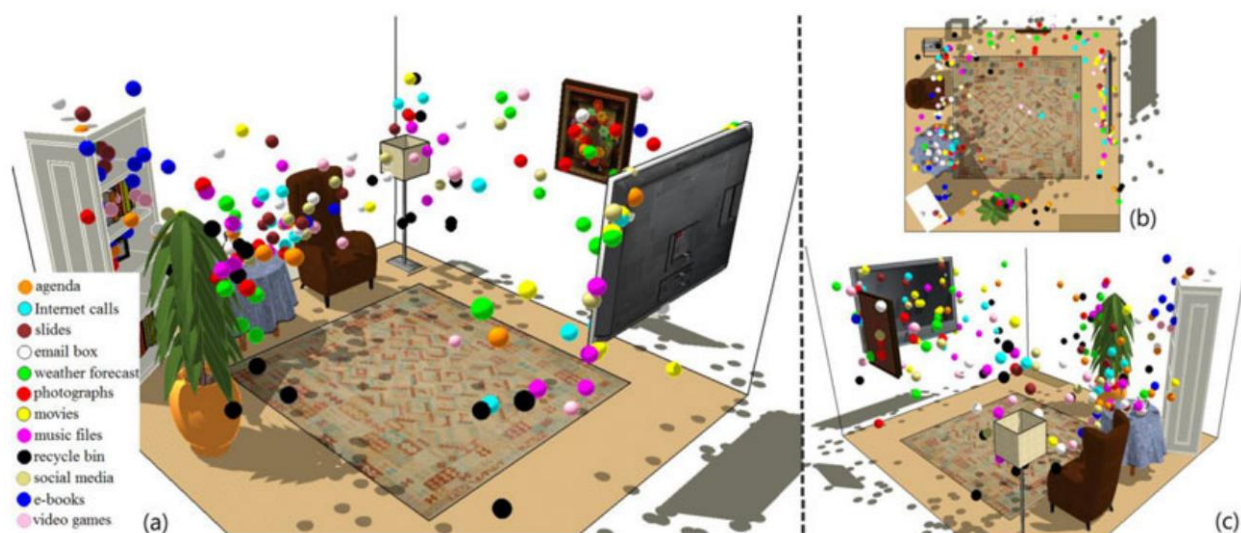


Figura 3. Amplasarea obiectelor virtuale invizibile, inaudibile și impalpabile în spațiul fizic prezentată din trei perspective; detalii în Schipor și Vatavu (2018).

Figura 4, stânga prezintă rezultate numerice privind performanța medie a celor 20 de participanți de a-și reaminti amplasarea obiectelor virtuale în locații din spațiul fizic, exprimată ca distanța Euclidiană medie calculată între pozițiile 3D ale amplasării inițiale a obiectelor virtuale și pozițiile 3D referite ulterior. Am

¹ <https://www.vicon.com/>

calculat și analizat această performanță în funcție de diverse variabile independente, cum ar fi momentul reamintirii (*i.e.*, la 30 de minute după etapa de amplasare a obiectelor virtuale în spațiul fizic, respectiv la 24 de ore), genul participanților, capacitatea de orientare spațială, respectiv tipul lor de pregătire (tehnică/non-tehnică); a se vedea Schipor și Vatavu (2018) pentru detalii. Figura 4, dreapta ilustrează dificultatea subiectivă percepută de participanți în reamintirea și indicarea precisă a locațiilor obiectelor virtuale invizibile, inaudibile și impalpabile amplasate în spațiul fizic cu răspunsuri sub formă de variante ale unei scale Likert cu 5 itemi, unde 1 denotă reamintire foarte ușoară iar 5 foarte dificilă.

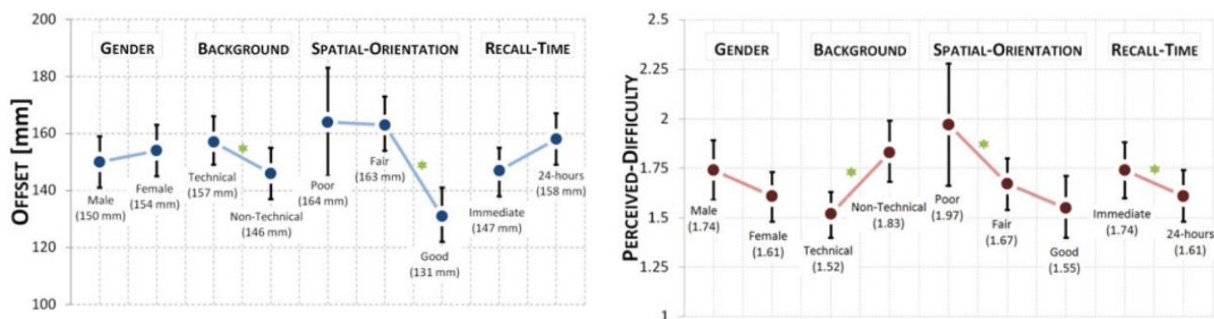


Figura 4. Rezultatele studiului privind augmentarea senzorială în afara canalelor vizual, auditiv și tactil (Schipor și Vatavu, 2018). *Stânga*: diferența medie, exprimată ca distanța Euclidiană, dintre amplasarea inițială în spațiul fizic a obiectelor virtuale invizibile, inaudibile și impalpabile și pozițiile referite ulterior. *Dreapta*: dificultatea percepută a sarcinii de reamintire și indicare a pozițiilor inițiale.

Rezultatele obținute au fost publicate în revista IEEE Pervasive Computing, o revistă clasată Q1 conform Journal Citation Reports 2018 cu un factor de impact de 3.813 și 5-Year IF 4.123:

Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Invisible, Inaudible, and Impalpable: Users' Preferences and Memory Performance for Digital Content in Thin Air. *IEEE Pervasive Computing* 17(4), 76-85, December 2018. IEEE Press.
<https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2018.2873856>

Studiu privind o aplicație practică a scenariilor de augmentare a vederii

În vederea explorării de aplicații practice pentru vederea augmentată, am considerat diverse variante aplicative, dintre care am ales în cadrul acestei etape domeniul realității augmentate/mixte (Kim et al., 2018; Dey et al., 2018; Billinghurst et al., 2015) precum și centrarea pe un concept care a atras recent un interes considerabil în comunitatea științifică, și anume experiența urmăririi și consumului de conținut media augmentat folosind ecranul TV ca și dispozitiv principal de distribuție (Vinayagamoorthy et al., 2018; Saeghe et al., 2019; Vinayagamoorthy et al., 2019). Interesul pentru acest scenariu aplicativ este dat în principal de prevalența ecranelor TV, inclusiv a ecranelor smart TV în mediul casnic², ceea ce le face foarte atractive pentru aplicații de augmentare a vederii în special privind scenariile centrate AI/AR identificate în cadrul taxonomiei noastre de augmentare a vederii propuse în cadrul acestei etape. În

² Conform <https://www.statista.com/topics/4761/smart-and-connected-tvs/>, vânzările de echipamente TV sunt estimate la 259 milioane de unități în anul 2020, dintre care 70% reprezintă dispozitive smart TV.

acest sens, am organizat un nou studiu online implementat sub forma unui chestionar Google Forms pentru a colecta, analiza și înțelege preferințele utilizatorilor potențiali ai acestui tip de augmentare vizuală privind un număr de 20 de scenarii AR-TV inspirate de taxonomia noastră, literatura științifică a domeniului TV interactiv/smart TV, respectiv diverse produse AR/MR disponibile comercial pentru TV (Jones *et al.*, 2013; Jones *et al.*, 2014; Vatavu, 2013a; Vatavu, 2013b; InAir, 2019; Augment.tv, 2019). Un număr de 172 de participanți (dintre care 63 femei) cu vârste între 17 și 70 de ani ($M=26.2$; $SD=7.3$) au răspuns la întrebările acestui chestionar; a se vedea Popovici și Vatavu (2019a) pentru detalii privind design-ul experimental, implementarea studiului, informații detaliate despre participanți, respectiv privind metodele de analiză a datelor. Rezultatele acestui studiu, reprezentate de histogramele preferințelor participanților pentru fiecare scenariu de augmentare vizuală sunt prezentate în figura 5. Mai mult, am folosit aceste rezultate pentru a prezenta comunității științifice o agendă cu implicații pe termen mediu și lung pentru augmentarea vizuală în vederea creării de noi experiențe utilizator în sfera de aplicabilitate AR-TV (Popovici și Vatavu, 2019b). Rezultatele au fost publicate sub forma a două articole în cadrul conferințelor IEEE ISMAR 2019 (rang A*, conform ARC CORE), respectiv ACM TVX 2019:

Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Understanding Users' Preferences for Augmented Reality Television. *Proceedings of ISMAR 2019, the 18th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (Beijing, China)*. IEEE Press, 397-406

Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Towards Visual Augmentation of the Television Watching Experience: Manifesto and Agenda. In *Proceedings of TVX '19, the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video (Manchester, UK)*, 199-204. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3317697.3325121>

3. PROIECTAREA DE NOI METODOLOGII PENTRU EVALUAREA PERCEPȚIEI UMANE ÎN CONTEXTUL AUGMENTĂRII SENZORIALE

Studiile realizate au permis colectarea de date ce au fost analizate mai ales din perspectiva consensului dintre preferințele participanților cu privire la scenariile de augmentare a vederii. În acest sens, noțiunea de *consens*, respectiv măsurile și tehnicile aferente pentru cuantificarea corectă a consensului devin importante pentru procesul de analiză. Prin urmare, în vederea înțelegerii corespunzătoare a preferințelor utilizatorilor potențiali pentru tehnici de interacțiune și control a augmentării senzoriale, pe lângă setul de chestionare și metodologia aferentă descrise în secțiunea anterioară adresând scenarii posibile de augmentare senzorială, am proiectat și validat în cadrul etapei două noi metodologii privind: (1) analiza consensului prin colectarea și analiza preferințelor utilizatorilor privind interacțiunea cu dispozitive și sisteme interactive, în special prin folosirea de comenzi gestuale în contextul metodologiei introduse de Wobbrock *et al.* (2005) și popularizate în interacțiunea bazată pe gesturi (Wobbrock *et al.*, 2009); (2) colectarea preferințelor pentru design-ul interfețelor utilizator folosind o variantă nouă a metodei A/B (Kohavi și Longbotham, 2017) sub forma „randomized split testing” împreună cu o interfață asociată denumită AB4Web (Vanderdonckt *et al.*, 2019).

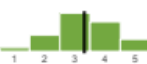
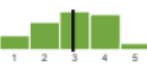
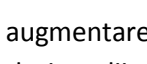
AR scenarios for television		Descriptive statistics for PERCEIVED-VALUE				
		Mdn	M	M ₂₀	SD	Distribution
1	I would like to be able to control and interact with AR content that is displayed around or in front of the TV set	4.00	4.01	4.22	1.03	
2	Additional content, such as character names or details about the transmission, displayed next to the TV set	4.00	3.72	3.80	1.02	
3	A very large field of view using video projections in the entire room	4.00	3.70	3.78	1.03	
4	A larger field of view created using video projections on the wall behind the TV set	4.00	3.70	3.78	0.99	
5	Real objects coming out of the TV set	4.00	3.66	3.82	1.16	
6	Different perspectives of the TV broadcast, such as a movie filmed from different angles, displayed next to the TV set	4.00	3.66	3.71	1.02	
7	User interface controls, such as capture snapshot or record video buttons, displayed next to the TV set	4.00	3.63	3.68	0.94	
8	TV channels displayed next to various physical objects in the room, such as weather channel next to the window, documentary channel next to the bookshelf, etc.	4.00	3.62	3.74	1.12	
9	Menus displayed next to the TV set	4.00	3.59	3.63	0.98	
10	Additional content, such as character names or details about the transmission, displayed in front of the TV set	4.00	3.58	3.64	1.00	
11	TV content displayed close to me so that I can touch it	4.00	3.50	3.64	1.05	
12	Real characters coming out of the TV set	4.00	3.46	3.51	1.16	
13	Links to other content, such as movies or photos, displayed around the TV set	3.50	3.40	3.50	1.02	
14	Additional content from my smartphone or tablet, such as contacts, notifications, or photos, displayed next to the TV	3.00	3.31	3.41	1.07	
15	Additional content, such as channel info or channel preview, displayed on top or around the TV remote control	3.00	3.31	3.37	1.00	
16	Additional information, such as description of buttons, displayed near the buttons of the TV remote control	3.00	3.28	3.36	0.98	
17	Live video or 3D representations of my friends, who are not in the same room with me, but who are watching the same TV show as I do	3.00	3.27	3.32	1.31	
18	Movie subtitles shown outside the TV set	3.00	3.25	3.29	1.20	
19	Multiple TV channels shown next to the TV set	3.00	3.15	3.19	1.17	
20	Multiple TV channels shown in front of the TV, between the viewer and the TV set	3.00	2.94	3.00	1.09	

Figura 5. Preferințele celor N=172 de participanți la studiul privind analiza scenariilor de augmentare vizuală folosind ecranul TV (Popovici și Vatavu, 2019a). Preferințele sunt raportate ca valori medii, mediane și medii trimate 20% alături de histogramele răspunsurilor individuale de tip scală Likert cu 5 itemi cu valori cuprinse între 1 (scenariu deloc util) și 5 (scenariu foarte util).



Analiza consensului

Înțelegerea preferințelor utilizatorilor pentru scenarii de augmentare a vederii, scenarii interactive, sau privind comenzi destinate controlului sistemelor interactive este esențială pentru proiectarea unei experiențe utilizator corespunzătoare. În acest sens, o metodologie introdusă de către Wobbrock *et al.* (2005) a devenit foarte populară în ultimii zece ani în domeniul interacțiunii om-calculator (Wobbrock *et al.*, 2009), permițând colectarea și analiza preferințelor utilizatorilor finali ai unui sistem interactiv privind comenzi simbolice pe care aceștia le găsesc potrivite, intuitive și ușor de realizat pentru controlul diverselor funcții ale sistemului respectiv. Această metodologie a fost aplicată cu succes pentru proiectarea de comenzi bazate gesturi (Wobbrock *et al.*, 2009) precum și pentru aplicații interactive și interfețe utilizator adresând o varietate de dispozitive wearable, cum ar fi ochelari smart (Tung *et al.*, 2015; Koelle *et al.*, 2018; Dingler *et al.*, 2018), inele smart (Gheran *et al.*, 2018a; Gheran *et al.*, 2018b) sau brățări smart (Guerit *et al.*, 2019), relevante pentru tematica acestui proiect de cercetare. Însă, metoda curentă (Wobbrock *et al.*, 2005; Wobbrock *et al.*, 2009), precum și variantele ulterioare care au actualizat formulele de calcul privind consensul dintre utilizatori (Vatavu și Wobbrock, 2015; Vatavu și Wobbrock, 2016) au drept dezavantaj un control redus al influenței subiectivității experimentatorului asupra ratei de consens raportate în cadrul acestor tipuri de studii. Prin urmare, am propus în cadrul acestei etape o nouă perspectivă, concretizată într-o nouă metodologie, pentru îmbunătățirea metodei de solicitare a preferințelor (Wobbrock *et al.*, 2005; Wobbrock *et al.*, 2009; Vatavu și Wobbrock, 2015; Vatavu și Wobbrock, 2016). Abordarea noastră consideră simultan *disimilaritatea*, calculată obiectiv cu ajutorul unui program informatic, dintre comenzile propuse de către utilizatorii potențiali și *rata de consens* a preferințelor acestora sub forma unei dependențe funcționale. Noua metodă de analiză a consensului, denumită *dissimilarity-consensus analysis* (Vatavu, 2019), folosește o formulă actualizată pentru rata de consens, care poate fi aplicată și în cazul solicitării de preferințe multiple:

Definition: Consensus for referent R is the percent of all pairs of gestures that are evaluated to be similar,

$$C_R(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N [\Delta(g_i, g_j) \leq \tau]}{\frac{1}{2}N(N-1)} \cdot 100\% \quad (1)$$

Definition: Consensus for referent R , under repeated elicitation, is the percent of all pairs of gestures, including their repetitions, that are evaluated to be similar,

$$C_R^*(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N [\xi(\Delta(g_{i,t}, g_{j,u}) \forall t, u) \leq \tau]}{\frac{1}{2}N(N-1)} \cdot 100\% \quad (2)$$

Figura 6. Formule nou introduse pentru calculul consensului în cadrul noii variante a metodei de solicitare a preferințelor utilizatorilor (Vatavu, 2019) pentru situația solicitării simple (stânga), respectiv a solicitării multiple (dreapta). *Notă:* N reprezintă numărul de participanți, g_i și g_j preferințele participanților i și j pentru referentul R , iar ξ o funcție de agregare care se aplică în cazul solicitării de preferințe multiple indexate folosind variabilele t și u .

Unul dintre avantajele acestei abordări este reprezentarea consensului pentru un referent R (i.e., un scenariu, o funcție de controlat în cadrul unei interfețe utilizator sau a unui sistem interactiv) sub forma unei funcții C_R de o variabilă reală τ reprezentată de pragul de disimilaritate acceptat pentru diferențele

dintre preferințele utilizatorilor exprimate pentru comenzi interactive, *e.g.*, gesturi. Alocând variabilei τ valori între 0 (potrivire perfectă a preferințelor utilizatorilor) și valoarea sa maximă, obținem o curbă crescătoare (figura 7, stânga) care poate fi modelată cu o funcție logistică (figura 7, dreapta).

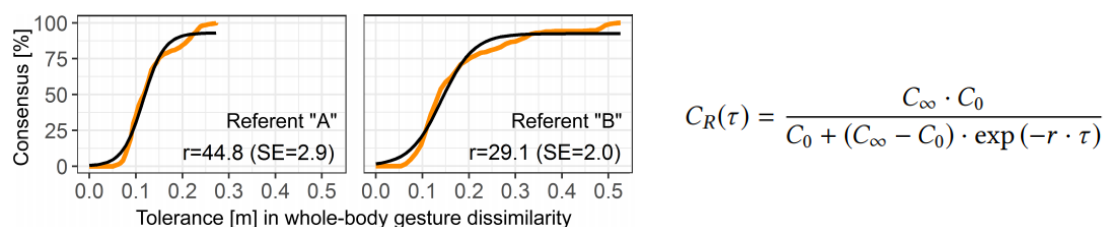


Figura 7. Exemple de curbe disimilaritate-consens (stânga) modelate logistic (dreapta).

În vederea diseminării eficiente a acestui rezultat reprezentat de îmbunătățirea unei metode populare (Wobbrock *et al.*, 2005; 2009) folosite frecvent în comunitatea științifică a interacțiunii om-calculator, am demonstrat validitatea variantei noastre a metodei folosind un set public de gesturi constând într-un număr de 1350 de execuții gestuale efectuate de către 30 de participanți pentru 15 gesturi distincte. Rezultatele din figura 8 confirmă validitatea modelului logistic pentru curbele disimilaritate-consens prin potrivirea foarte bună dintre model (culoare neagră) și datele reale (culoare deschisă, portocalie). Lucrarea Vatavu (2019) cuprinde multe alte detalii și rezultate experimentale.

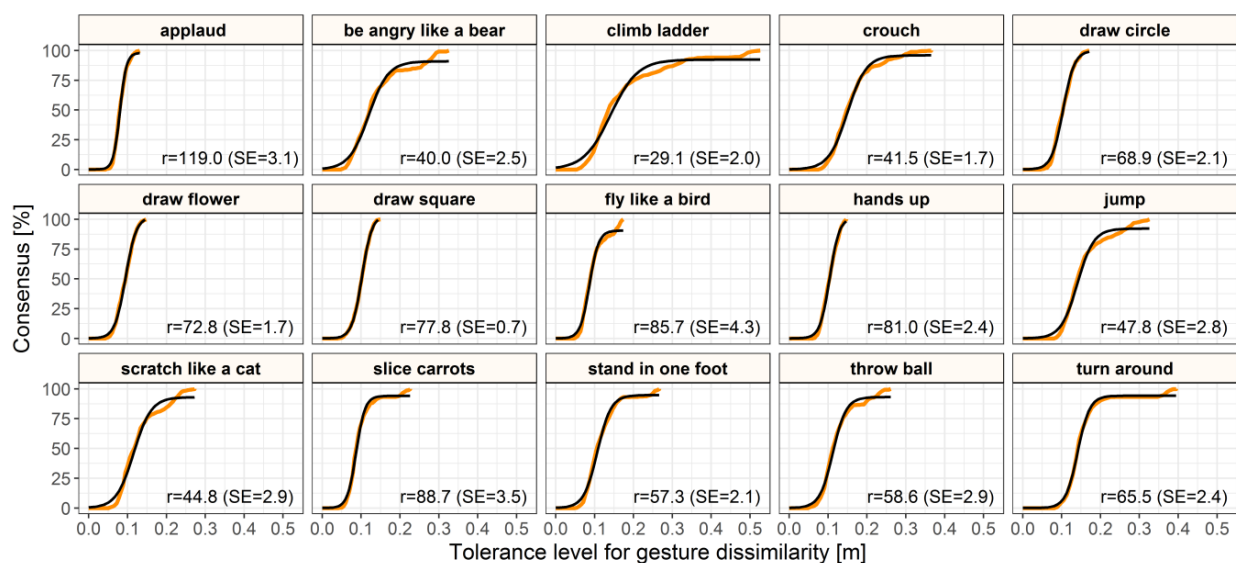


Figura 8. Suprapunerea dintre modelele logistice (culoare neagră) și curbele disimilaritate-consens (culoare deschisă – portocaliu) pentru diverse tipuri de gesturi (Vatavu, 2019).

Acest rezultat a fost publicat în cadrul conferinței ACM CHI 2019 (conferință de rang A*, conform ARC CORE 2018), reprezentând cel mai prestigios eveniment științific al domeniului interacțiunii om-

calculator (conferința are h-index=87 și este situată pe primul loc în clasamentul celor mai bune 20 de publicații, incluzând conferințe și jurnale, din domeniul interacțiunii om-calculator³):

Radu-Daniel Vatavu. 2019. The Dissimilarity-Consensus Approach to Agreement Analysis in Gesture Elicitation Studies. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19)*. ACM, New York, NY, USA, Paper 224, 13 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300454>

Analiza preferințelor

O altă modalitate populară de solicitare a preferințelor utilizatorilor pentru comenzi, interfețe sau diverse aspecte ale sistemelor interactive este reprezentată de metoda A/B (Kohavi și Longbotham, 2017), iar analiza consensului realizată folosind modele de tip BTL (Bradley și Terry, 1952). De exemplu, pentru a afla preferințele unui grup de utilizatori potențiali ai unei interfețe având la dispoziție N variante alternative de proiectare a acesteia, cele $N \cdot (N - 1)/2$ perechi sunt prezentate succesiv participanților la studiu, care aleg varianta preferată din fiecare pereche. Deși această metodă este eficientă în vederea determinării și cuantificării consensului unui grup privind diverse aspecte ale interfețelor utilizator (e.g., utilitatea percepută, estetica vizuală, etc.), metoda nu poate fi aplicată decât pentru un număr redus de alternative datorită timpului de prezentare a perechilor care crește pătratic în funcție de N . Cu toate acestea, multe situații practice din proiectarea sistemelor interactive (e.g., pentru controlul dispozitivelor wearable folosind gesturi sau proiectarea de diverse modalități de augmentare a vederii) necesită valori pentru numărul de alternative N care conduc la un număr mare de perechi ce trebuie prezentate utilizatorilor participanți la un studiu de tip A/B. De exemplu, taxonomia propusă în cadrul acestei etape privind scenariile de augmentare a vederii cuprinde un număr de $N = 32$ de variante. În această situație, prezentarea unui număr de $32 \cdot (32-1)/2 = 496$ de perechi de variante folosind metoda A/B tradițională se dovedește prohibitivă din perspectiva timpului de participare necesar pentru un astfel de studiu. Prin urmare, am introdus o variantă randomizată pentru metoda A/B, prin care doar un număr redus de perechi de variante este ales pentru prezentare fiecărui participant într-un mod controlat luând în considerare ansamblul tuturor participanților, astfel încât să fie asigurată o acoperire cât mai egală a tuturor perechilor de variante $N \cdot (N - 1)/2$ ce pot fi supuse comparației.

Metoda AB4Web a fost validată în contextul unui studiu privind solicitarea preferințelor utilizatorilor pentru un număr de $N = 49$ de meniuri adaptive pentru care am creat o reprezentare generică, astfel încât să acoperim o gamă largă de dispozitive și interfețe utilizator destinate interfețelor web, telefoanelor smart, tabletelor sau ochelarilor. În cadrul acestui studiu, am raportat drept mărimi de validare scorul latent al preferințelor (o mărime informată de modelul din Bradley și Terry (1952)), respectiv matricea preferințelor (Vanderdonckt *et al.*, 2019). Mai mult, am propus o interfață denumită AB4Web (capturi ecran ilustrate în figura 9), care facilitează aplicarea metodei. În cadrul studiului de validare au participat 108 de persoane (dintre care 36 femei) cu vârste cuprinse între 22 și 73 de ani ($M=39.2$, $SD=12.1$ ani); mai multe detalii se află în Vanderdonckt *et al.* (2019).

³ https://scholar.google.es/citations?view_op=top_venues&hl=en&vq=eng_humancomputerinteraction

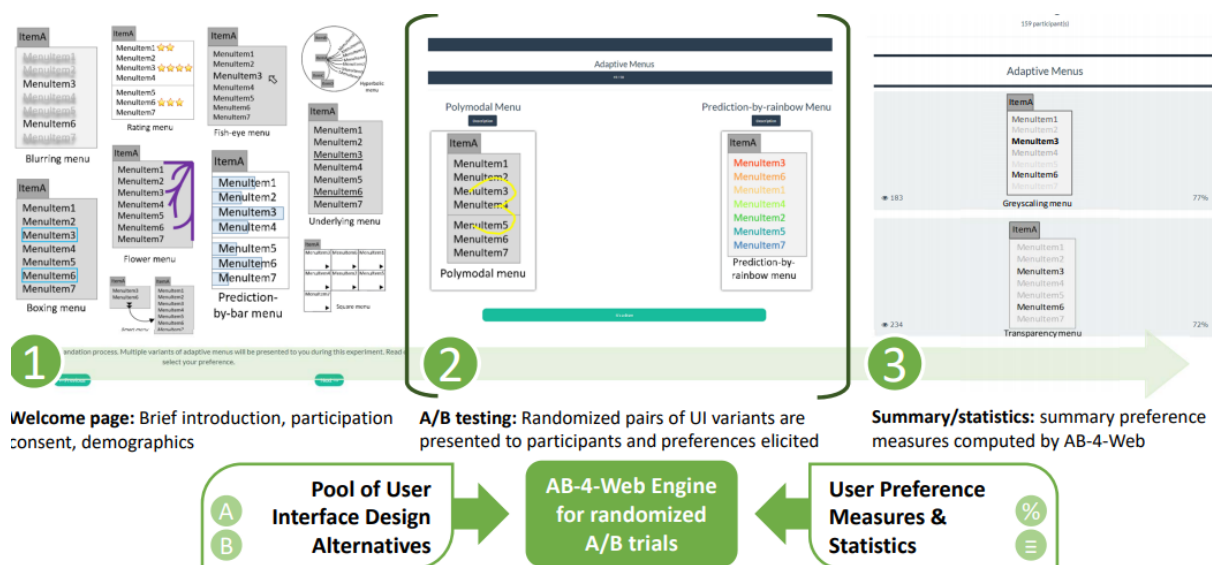


Figura 9. Varianta randomizată a metodei A/B (Vanderdonckt, Zen și Vatavu, 2019).

Rezultatele au fost publicate în cadrul revistei Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction și au fost premiate cu distincția **“Honorable Mention Award”** din partea ACM SIGCHI (Special Interest Group in Computer-Human Interaction), distincție acordată cu ocazia conferinței ACM EICS 2019.



Jean Vanderdonckt, Mathieu Zen, and Radu-Daniel Vatavu. 2019. AB4Web: An On-Line A/B Tester for Comparing User Interface Design Alternatives. *Proc of the ACM on Human-Computer Interaction* 3, EICS, Article 18 (June 2019), 28 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3331160>

De asemenea, am întreprins o serie de activități privind proiectarea unei aplicații de management a comenzilor gestuale, GestMan (Magrofuoco *et al.*, 2019), pentru a veni în sprijinul următoarei etape a proiectului care va adresa proiectarea și evaluarea de comenzi bazate pe gesturi/voce pentru controlul dispozitivelor wearable și aplicațiilor de augmentare a vederii. Amânăm acum descrierea acestui rezultat pentru contextul corespunzător al următorului raport de cercetare al proiectului, dar remarcăm deja publicația rezultată, care a fost distinsă cu **“Best Tech Note Award”** în cadrul conferinței ACM EICS 2019:



Nathan Magrofuoco, Paolo Roselli, Jean Vanderdonckt, Jorge Luis Pérez-Medina, and Radu-Daniel Vatavu. 2019. GestMan: a cloud-based tool for stroke-gesture datasets. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS '19)*. ACM, New York, NY, USA, Article 7, 6 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3319499.3328227>

4. IMPLEMENTAREA UNUI PROTOTIP PENTRU AUGMENTAREA VEDERII FOLOSIND OCHELARI SMART

Am implementat în cadrul etapei un prototip wearable denumit “Life-Tags” pentru asistarea percepției vizuale. Prototipul constă într-o pereche de ochelari cu cameră video încorporată (model SS-ID13, rezoluție FullHD 1920x1080 pixeli și 90° field of view) împreună cu arhitectura software aferentă. Life-Tags implementează conceptul *lifelogging* (Gurrin *et al.*, 2014; Dodge și Kitchin, 2007) pentru ochelari smart și aduce ca și contribuție definitorie realizarea automată de rezumate ale lumii vizuale ce sunt prezentate ex post facto utilizatorilor sub forma de nori de concepte sau nori de etichete (*en.*: *tag clouds*). Life-Tags a fost proiectat plecând de la următoarele cerințe:

- D1. *Captură automată și pasivă*, implementând principiul de operare “always on” și captură video realizată în mod pasiv, în conformitate cu specificațiile categoriilor de dispozitive și sisteme destinate lifelogging descrise de către Machajdik *et al.* (2011).
- D2. *Perspectivă first-person la nivelul ochilor*. Acest criteriu și principiu de operare asigură achiziția imaginilor de la nivelul înălțimii utilizatorului. În pofida avantajelor unei astfel de achiziții și prezentări a informației vizuale, acest aspect adoptat pentru Life-Tags ca și cerință de proiectare este ignorat de către majoritatea camerelor video wearable, proiectate de regulă pentru a fi atașate hainelor (Google Clips, 2019; MeCam, 2019; Narrative, 2019; SnapCam, 2019).
- D3. *Anonimitate și orientare către protecția datelor*. Dispozitivul Life-Tags nu trebuie să atragă atenția asupra utilizatorului care îl poartă. Ca și cerință minimă, Life-Tags trebuie să permită comutarea ușoară și imediată a înregistrării on/off, un principiu de operare care privește direct intimitatea trecătorilor, conform recomandărilor “*communicate the intention of use*” (Koelle *et al.*, 2015), respectiv “*if a bystander inquires about the device, first the image capture must be paused, and then the objectives of our study must be explained*” (Chowdhury *et al.*, 2016).
- D4. *Support pentru acces la memoria digitală la diverse niveluri de granularitate* (fotografii, video, nori de concepte), criteriu inspirat din cerințele “*five R’s of memory access*” enunțate de către Sellend și Whittaker (2010). Aceste cerințe includ: *recollecting*, *reminiscing*, *retrieving*, *reflecting* și *remembering* (Sellend și Whittaker, 2010; p. 76), concepte folosite pentru a caracteriza beneficiile sistemelor de tip lifelogging pentru augmentarea memoriei vizuale a utilizatorilor. De exemplu, Life-Tags implementează cerința *recollecting* prin permiterea retrăirii mentale a experiențelor vizuale trăite anterior ca urmare a regăsirii unor concepte familiare în cadrul norului de concepte (*e.g.*, “driving”, “university”, “walk”, etc.; a se vedea norii de concepte ilustrați spre exemplificare în figura 10), dintre care anumite concepte ar putea genera chiar răspunsuri emoționale (cum ar fi “graduation”, “family”, “cermony”), realizându-se astfel tranziția de la *recollecting* la *reminiscing*, conform Sellend și Whittaker (2010).
- D5. *Integrare ușoară cu alte dispozitive*. Cu toate că dispozitivele wearable cu camere video încorporate dispun de resurse de memorie relativ suficiente pentru stocarea temporară a datelor achiziționate, *e.g.*, NarrativeClip dispune de 8GB memorie ce poate fi folosită pentru a stoca 4000 fotografii sau 80 de minute de video (NarrativeClip, 2019), descărcarea conținutului

necesară pentru stocarea imaginilor colectate; și (3) eficiența norului de concepte (TAG-CLOUD-EFFICIENCY), calculată ca raportul dintre numărul de concepte și memoria necesară pentru a stoca imaginile corespunzătoare. O parte din rezultatele experimentale sunt ilustrate în figura 14; pentru toate rezultatele și detalii privind analiza acestora, a se vedea Aiordăchioae și Vatavu (2019).

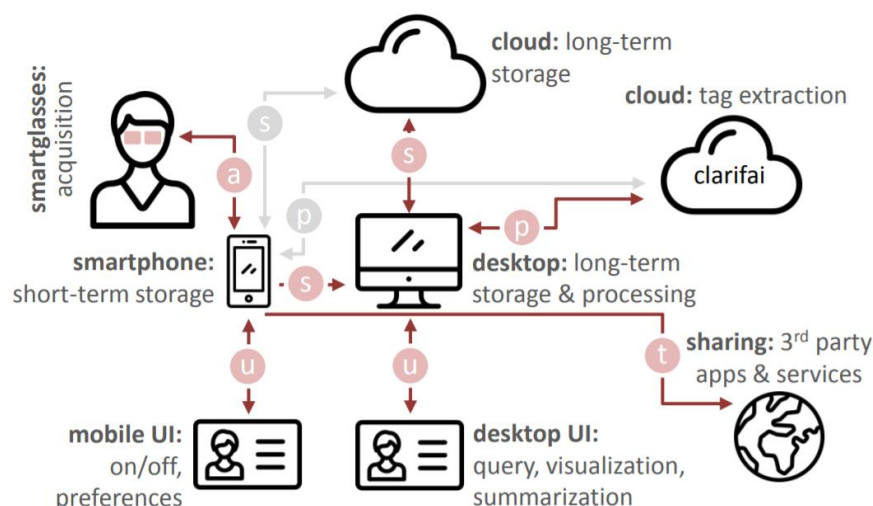


Figura 11. Schema bloc a prototipului Life-Tags ilustrând dispozitive, componente software, servicii terțe și fluxuri de date (Aiordăchioae și Vatavu, 2019). *Notă:* săgețile indică 5 tipuri de fluxuri de date: achiziția (a), stocarea (s), procesarea (p), interfața utilizator (u) și partajarea datelor cu servicii terțe (t).

```
1 // Snapshots are captured at 2fps
2 new Timer().scheduleAtFixedRate(new TimerTask() {
3     @Override
4     public void run() { new GetSnapshot().execute(); }
5 }, 0, 500 // 500ms approx. 2fps
6 );
7
8 // Acquire snapshots via HTTP
9 class GetSnapshot extends AsyncTask<Void, Void, Void> {
10     ...
11     // request a snapshot from the eyeglasses on a background, non-UI thread
12     @Override
13     protected Void doInBackground(Void... params) {
14         HttpURLConnection urlConnection = null;
15         try {
16             URL url = new URL("http://192.168.10.1/snapshot.cgi?user=admin&pwd=");
17             urlConnection = (HttpURLConnection)url.openConnection();
18             urlConnection.connect();
19             snapshotBytes = ByteStreams.toByteArray(urlConnection.getInputStream());
20             if (isRecording)
21                 saveImage(Long.toString(System.currentTimeMillis()), snapshotBytes);
22         }
23         catch (MalformedURLException e) { e.printStackTrace(); }
24         catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
25         finally { if (urlConnection != null) urlConnection.disconnect(); }
26         return null;
27     }
28 }
```

Figura 12. Cod Java pentru Android pentru achiziția imaginilor de la ochelarii cu cameră video încorporată folosind HTTP și conexiunea Wi-Fi integrată; detalii în Aiordăchioae și Vatavu (2019).

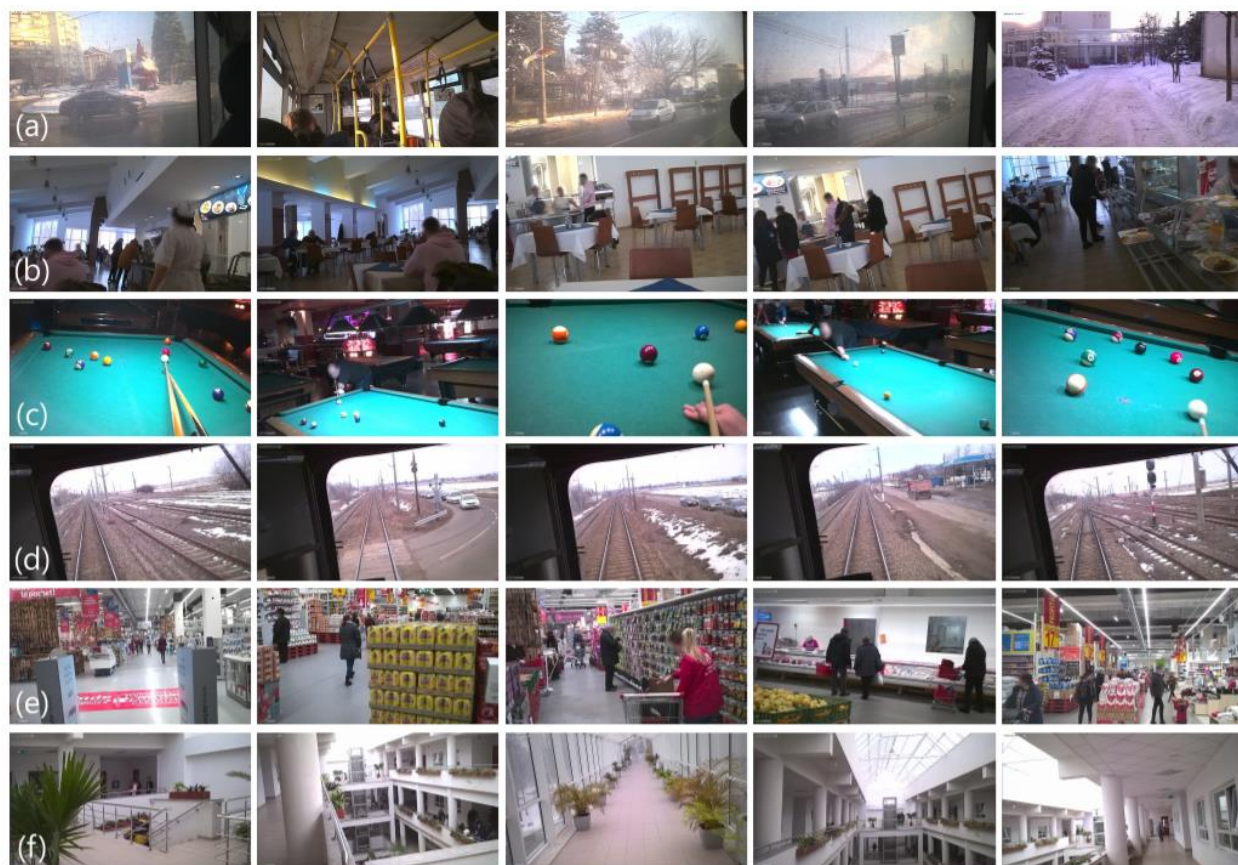


Figura 13. Exemple de imagini achiziționate în cadrul studiului de evaluare a prototipului wearable Life-Tags: (a) deplasarea cu autobuzul, (b) prânz la un restaurant, (c) joc de biliard într-un bar, (d) o călătorie cu trenul, (e) cumpărături la un supermarket și (f) interiorul unei clădiri (Aiordăchioae și Vatavu, 2019).

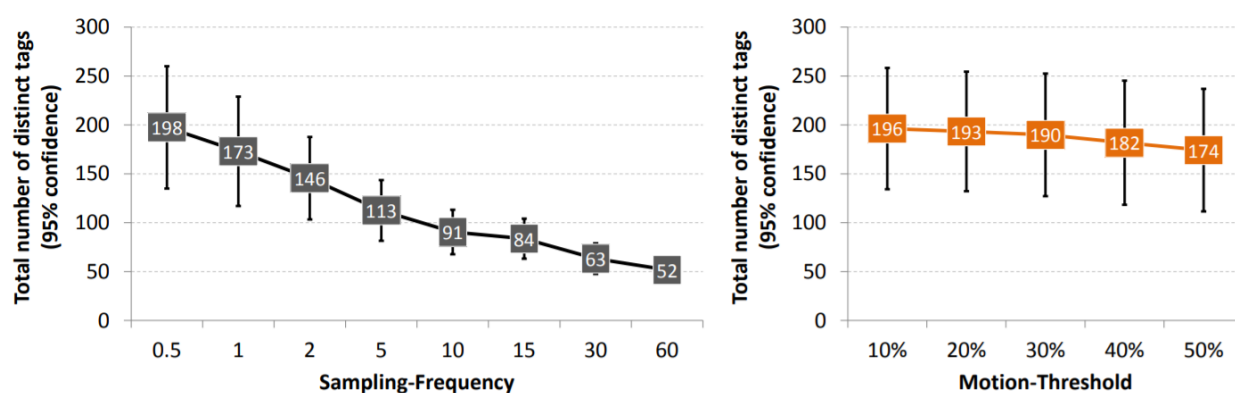


Figura 14. Efectul ratei de eșantionare (stânga) și a pragului de detecție a mișcării (dreapta) asupra numărului de concepte distincte (NUM-CONCEPTS) extrase din înregistrări de 30 de minute la frecvența 2fps (Aiordăchioae și Vatavu, 2019). *Notă:* barele de eroare indică intervale de încredere 95%.

Prototipul wearable Life-Tags a fost diseminat în cadrul unui articol publicat în revista Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction (PACMHCI):

Adrian Aiordachioae, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Life-Tags: A Smartglasses-based System for Recording and Abstracting Life with Tag Clouds. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3 (EICS), Article 11 (June 2019), 24 pages. ACM, New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1145/3331157>

5. IMPLEMENTAREA UNUI PROTOTIP PENTRU FEEDBACK VIBROTACTIL LA NIVELUL CORPULUI ÎN VEDEREA ASISTĂRII PERCEPȚIEI VIZUALE

Pentru furnizarea de feedback vibrotactil la nivelul corpului, am proiectat și implementat în cadrul etapei un prototip wearable sub forma unei brățări cu 8 micro-motoare încorporate (figura 15). Brățara este controlată prin intermediul unui protocol bazat pe comunicații Bluetooth (BLE Low Energy) folosind un număr de 8 bytes (câte un byte pentru controlul fiecăruia dintre micro-motoarele încorporate).

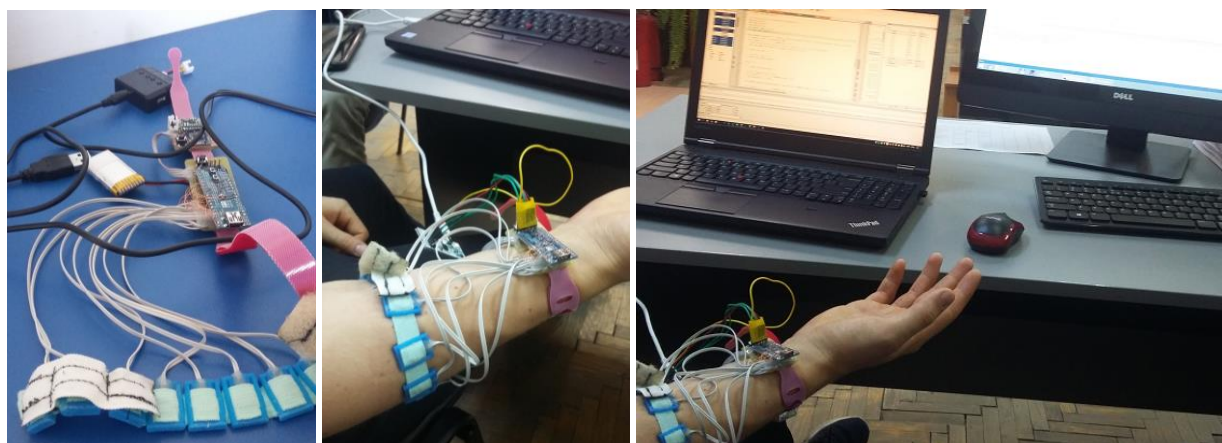


Figura 15. Prototip wearable de tip brățară cu feedback vibrotactil.

Lista componentelor electronice folosite pentru implementare este prezentată în continuare: (1) vibration motor con 3V flex, Jinlong Machinery & Electronics Co., Ltd., cod producător C0720B001F⁴ cu următoarele caracteristici: 7mm diametru, operating voltage 2.7-3.3V DC, starting voltage 2.5V DC, rated speed 10,000 rpm; (2) tranzistori bipolari NPN (general purpose amplifier and switch), cod producător MMBT3904⁵, collector to emitter voltage (Vce) 40V, DC collector current 200mA, power dissipation 350mW; (3) microcontroller STM32F103CBT6⁶ cu arhitectură ARM Cortex-M3 pe 32 biți, frecvență 72MHz, 48-pin LQFP package, 12-bit ADC, PWM timer, 128 KB flash memory, 37 porturi I/O și

⁴ <http://www.vibration-motor.com/wp-content/themes/vibration-motors/dk-pdf/products/download/C0720B001F.pdf>

⁵ http://www.farnell.com/datasheets/1876029.pdf?_ga=2.34256097.1375224967.1574283263-1292024572.1571773065

⁶ https://uk.farnell.com/stmicroelectronics/stm32f103cbt6/mcu-32bit-cortex-m3-72mhz-lqfp/dp/1606327?scope=partnumberlookahead&ost=STM32F103CBT6&searchref=searchlookahead&exaMfpn=true&ddkey=htps%3Aen-gb%2FElement14_United_Kingdom%2Fw%2Fsearch

interfețe USB, CAN, I2C, SPI; (4) regulator de tensiune S7V8A⁷, min/max operating voltage 2.7/11.8V, min/max output voltage 2.5/8V; (5) Bluetooth HM-10⁸ cu următoarele caracteristici: 2.4GHz ISM, dimensiuni 27mm x 13mm x 2.2mm, low energy. Am ales micro-motorul C0720B001F datorită dimensiunilor sale reduse (7mm diametru) ce permit încapsularea în carcase de mici dimensiuni, respectiv datorită tensiunii mici de lucru (3V) cu implicații directe asupra fiabilității electrice a prototipului wearable. Modelul de tranzistor a fost ales pentru tensiunea de deschidere mică (o logică pe 3.3V determină saturație) și curenți suportați mari, limitându-se astfel riscul de deteriorare. De asemenea, microcontrollerul STM32F103CBT6 oferă funcționare în regim low energy.

6. IMPLEMENTARE SOFTWARE PENTRU STOCAREA ȘI PARTAJAREA VEDERII AUGMENTATE

Plecând de la prototipul Life-Tags, am extins achiziția video în direcția partajării informației vizuale capturate de ochelari către diverse tipuri de dispozitive și diverși utilizatori. Figura 16, stânga prezintă diagrama bloc a arhitecturii extinse ilustrând dispozitive wearable (e.g., ochelari smart), dispozitive mobile (e.g., telefoane/tablete), sisteme desktop, server-ul node.js⁹ și fluxurile de date corespunzătoare.

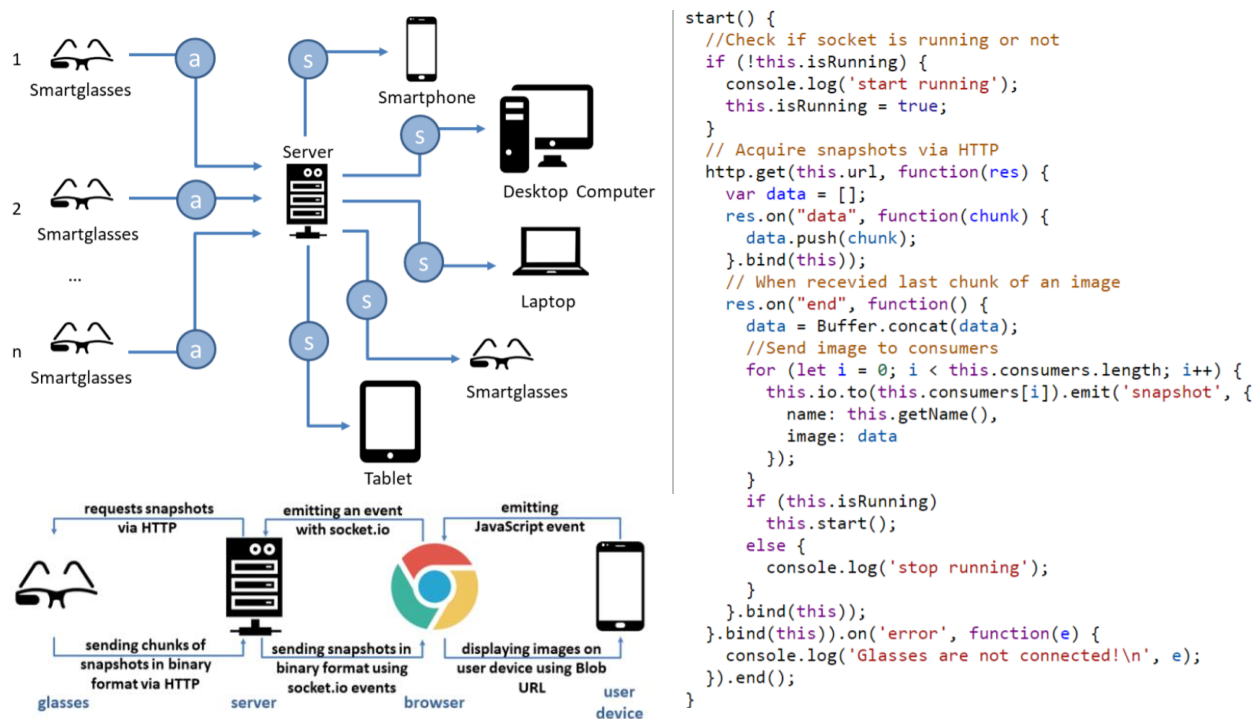


Figura 16. Stânga: Schema bloc a arhitecturii sistemului de vedere partajată implementat cu ajutorul ochelarilor cu cameră video încorporată. Dreapta: secvență de cod JavaScript implementând achiziția imaginilor și partajarea acestora către clienții conectați (Aiordăchioae, 2019).

⁷ <https://www.pololu.com/product/2118>

⁸ <https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/PIC32/uart/HM10/DSD%20TECH%20HM-10%20datasheet.pdf>

⁹ <https://nodejs.org/en/>

Ochelarii se conectează la un router Wi-Fi folosind conexiunea wireless integrată iar imaginile sunt capturate la o rezoluție de 1920x1080 pixeli de către o aplicație JavaScript rulând pe server-ul node.js și folosind comunicații HTTP. În vederea asigurării partajării vederii pentru o varietate de dispozitive cu diverse caracteristici tehnice, *e.g.*, sisteme de operare, API/SDK, etc., am optat pentru o implementare JavaScript, transferul datelor realizându-se cu WebSockets¹⁰ și folosind biblioteca socket.io.¹¹ Figura 16, dreapta ilustrează un exemplu de cod JavaScript pentru achiziția imaginilor de la ochelari și transmiterea acestora către clienți. Mai multe detalii tehnice se află în lucrarea Aiordăchioae (2019):

Adrian Aiordachioae. (2019). Eyewear-Based System for Sharing First-Person Video to Remote Viewers. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering* (Iasi, Romania). IEEE Press.

Tot în direcția partajării vederii, am considerat extinderea funcționalității în alte domenii ale spectrului electromagnetic decât cel vizibil. În acest sens, am implementat o aplicație, folosind aceeași tehnologie JavaScript/HTTP, care achiziționează și partajează fluxul video al unei camere funcționând în domeniul termic: Therm-App Basic, rezoluție 384x288 pixeli, frecvența 8.7Hz, funcționare în spectrul 7.5 – 14 μm . Figura 17 ilustrează un exemplu de imagine achiziționată în domeniul termic și codul JavaScript aferent.



Figura 17. Imagine achiziționată folosind o cameră în domeniul termic conectată la un telefon smart (stânga) și secvența de cod JavaScript pentru transmiterea imaginii către clienți conectați (dreapta).

¹⁰ https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSockets_API

¹¹ <https://socket.io/>

7. DISEMINAREA REZULTATELOR ȘTIINȚIFICE

Rezultatele obținute au fost diseminate într-un număr de 9 articole științifice în reviste (editurile ACM și IEEE) și la conferințe de profil (organizate de către ACM și IEEE), astfel:

1. Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Invisible, Inaudible, and Impalpable: Users' Preferences and Memory Performance for Digital Content in Thin Air. *IEEE Pervasive Computing* 17(4), 76-85. IEEE Press. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2018.2873856>
IF: 3.813, 5-Year IF: 4.123 (JCR 2018) | WOS:000457920900009
2. Jean Vanderdonckt, Mathieu Zen, Radu-Daniel Vatavu. (2019). AB4Web: An On-Line A/B Tester for Comparing User Interface Design Alternatives. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3 (EICS), Article 18 (June 2019), 28 pages. ACM, New York, NY, USA.
<https://doi.org/10.1145/3331160>
 **Articolul a primit distincția „Honorable Mention Award” din partea ACM SIGCHI (Special Interest Group in Computer-Human Interaction), acordată în cadrul ACM EICS 2019**
3. Adrian Aiordăchioae, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Life-Tags: A Smartglasses-based System for Recording and Abstracting Life with Tag Clouds. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3 (EICS), Article 11 (June 2019), 24 pages. ACM, New York, NY, USA. DOI:
<https://doi.org/10.1145/3331157>
4. Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Understanding Users' Preferences for Augmented Reality Television. *Proceedings of ISMAR 2019, the 18th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. IEEE Press, 397-406
A* **Conferință de rang A*, conform clasificării ARC CORE**
5. Petruta-Paraschiva Rusu, Maria-Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2019). A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. IEEE Press
6. Adrian Aiordăchioae. (2019). Eyewear-Based System for Sharing First-Person Video to Remote Viewers. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. IEEE Press
7. Nathan Magrofuoco, Paolo Roselli, Jean Vanderdonckt, Jorge Luis Pérez-Medina, Radu-Daniel Vatavu. (2019). GestMan: A Cloud-based Tool for Stroke-Gesture Datasets. *Proceedings of EICS '19, the 11th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (Valencia, Spain)*, Article 7, 6 pages. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3319499.3328227>
 **Articolul a primit distincția “Best Tech Note Award” în cadrul conferinței ACM EICS 2019**
8. Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Towards Visual Augmentation of the Television Watching Experience: Manifesto and Agenda. In *Proceedings of TVX '19, the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online*, 199-204. ACM, New York, NY, USA. **WOS:000482136600020** <https://doi.org/10.1145/3317697.3325121>



9. Radu-Daniel Vatavu. (2019). The Dissimilarity-Consensus Approach to Agreement Analysis in Gesture Elicitation Studies. In *Proceedings of CHI '19, the 37th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, Paper No. 224, 14 pages. ACM, New York, NY, USA.

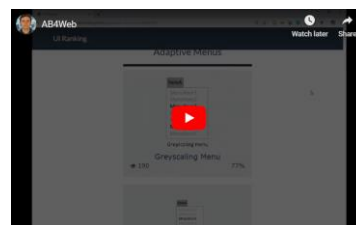
<https://doi.org/10.1145/3290605.3300454> WOS:000474467902075

A* Conferință de rang A*, conform clasificării ARC CORE

8. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI

În cadrul etapei nr. 2 de implementare a proiectului de cercetare-dezvoltare, lunile ianuarie – decembrie 2019, au fost desfășurate următoarele activități specifice de management:

- Monitorizarea îndeplinirii activităților etapei și a obținerii rezultatelor așteptate pentru proiectul de cercetare-dezvoltare cu încadrarea în timpul de implementare și bugetul alocat.
- Identificarea și folosirea optimă a echipamentelor de cercetare-dezvoltare din infrastructura [Laboratorului de Cercetare în Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației \(MintViz\)](#) din cadrul Centrului integrat MANSiD al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava, inclusiv cele achiziționate în cadrul acestui proiect, pentru desfășurarea activităților etapei.
- Implementarea activităților prevăzute în cadrul etapei cu accent pe diseminarea cu impact a rezultatelor tehnice și științifice ale proiectului în diverse comunități, astfel:
 - Diseminarea rezultatelor proiectului în cadrul unor manifestări științifice de prestigiu, cum ar fi lucrările publicate la conferințele ACM CHI 2019 (rang A*, conform clasificării ARC CORE) și IEEE ISMAR 2019 (rang A*, conform ARC CORE).
 - Diseminarea rezultatelor în comunități științifice specializate în vederea identificării de noi oportunități aplicative pentru augmentarea vizuală, cum ar fi lucrările publicate în cadrul conferințelor ACM TVX 2019 și IEEE ISMAR 2019 privind augmentarea vizuală în contextul realității augmentate/mixte pentru televiziunea interactivă/smart TV, respectiv IEEE EHB 2019 pentru adresarea contextului aplicativ e-Health.
 - Promovarea rezultatelor obținute în cadrul proiectului către un public larg prin realizarea de scurte materiale video informative, accesibile prin intermediul canalului YouTube al directorului de proiect și disponibile de pe pagina web a proiectului de cercetare-dezvoltare (Notă: imaginile de mai jos reprezintă link-uri către filme YouTube realizate în proiect.)



- Realizarea de colaborări științifice cu echipe de cercetare externe Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava având interese științifice similare în domeniul interacțiunii om-calculator în care se încadrează tematica acestui proiect de cercetare-dezvoltare, cum ar fi colaborarea realizată cu

echipa Prof. Jean Vanderdonckt din cadrul Université catholique de Louvain, Belgia privind dezvoltarea metodei AB4Web (Vanderdonckt, Zen și Vatavu, 2019) respectiv GestMan (Magrofuoco, Roselli, Vanderdonckt, Pérez-Medina și Vatavu, 2019). Aceste lucrări științifice realizate în colaborare au fost premiate în cadrul conferinței ACM EICS 2019 (the 11th ACM Symposium on Engineering Interactive Computing Systems), primind distincțiile “Honorable Mention Award” și respectiv “Best Tech Note Award” din partea ACM SIGCHI.

- Menținerea legăturii cu Liceul Special Moldova, Târgu Frumos, Iași care școlarizează elevi nevăzători și cu deficiențe de vedere din toată zona Moldovei, în vederea identificării de persoane cu dizabilități de vedere pentru derularea de studii privind înțelegerea nevoilor și dorințelor de augmentarea vizuală. De asemenea, păstrarea legăturii cu Fundația de Binefacere a Nevăzătorilor din România “Orbul Bartimeu” cu sediul în Suceava.
- Studiile cu participanți umani realizate în cadrul acestei etape au fost realizate după obținerea acordului Comisiei de Etică a Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava (nr. 12/21190 din 12.12.2018), în conformitate cu procedura operațională a universității (cod USV PO-04¹²) privind derularea de experimente științifice și colectarea de date experimentale de la subiecți umani.
- Specializarea continuă a tuturor membrilor echipei proiectului de cercetare-dezvoltare și în special încurajarea doctoranzilor în activitatea de diseminare a rezultatelor științifice în calitate de prim autori (Aiordăchioae și Vatavu, 2019; Aiordăchioae, 2019).
- Actualizarea paginii web a proiectului de cercetare-dezvoltare cu noile rezultate științifice obținute în cadrul acestei etapei: <http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/Senses++>

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele științifice obținute în perioada ianuarie – decembrie 2019 descrise în prezentul raport de cercetare, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse în cadrul acestei etape, considerăm obiectivele proiectului pentru etapa nr. 2 îndeplinite în procent de 100%.

REFERINȚE

- Aiordăchioae, 2019 Adrian Aiordachioae. (2019). Eyewear-Based System for Sharing First-Person Video to Remote Viewers. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering* (Iași, Romania). IEEE Press
- Aiordăchioae și
Vatavu, 2019 Adrian Aiordăchioae, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Life-Tags: A Smartglasses-based System for Recording and Abstracting Life with Tag Clouds. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3 (EICS), Article 11 (June 2019), 24 pages. ACM, New York, NY, USA. DOI: <https://doi.org/10.1145/3331157>
- Augment.tv, 2019 augment.tv. AR Lens for Video. <https://augmen.tv/> 2019

¹² http://www.usv.ro/calitate/pagini/proceduri/proceduri_generale/PO-04%20Comisia%20de%20etica%20in%20cercetare.pdf



- Billinghurst *et al.*, 2015 Mark Billinghurst, Adrian Clark, and Gun Lee. 2015. A Survey of Augmented Reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. 8, 2-3 (March 2015), 73-272. <http://dx.doi.org/10.1561/11000000049>
- Bradley și Terry, 1952 Ralph Allan Bradley and Milton E. Terry. 1952. Rank Analysis of Incomplete Block Designs: I. The Method of Paired Comparisons. *Biometrika* 39, 3/4 (1952), 324–345. <http://www.jstor.org/stable/2334029>
- Chowdhury *et al.*, 2016 Soumyadeb Chowdhury, Md Sadek Ferdous, and Joemon M Jose. 2016. Bystander Privacy in Lifelogging. In *Proceedings of the 30th International BCS Human Computer Interaction Conference: Companion Volume (HCI '16)*. BCS Learning & Development Ltd., Swindon, UK, Article 15, 3 pages. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2016.62>
- Clarifai, 2019 Clarifai. 2019. About Clarifai. Transforming how we see the world. <https://clarifai.com/about>
- Dey *et al.*, 2018 Dey, A., Billinghurst, M., Lindeman, R. W., & Swan, J. E. 2018. A Systematic Review of 10 Years of Augmented Reality Usability Studies: 2005 to 2014. *Frontiers in Robotics and AI*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00037>
- Dingler *et al.*, 2018 Tilman Dingler, Rufat Rzayev, Alireza Sahami Shirazi, and Niels Henze. 2018. Designing Consistent Gestures Across Device Types: Eliciting RSVP Controls for Phone, Watch, and Glasses. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*. ACM, New York, NY, USA, Paper 419, 12 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3173574.3173993>
- Dodge și Kitchen, 2007 Martin Dodge and Rob Kitchen. 2007. 'Outlines of a World Coming into Existence': Pervasive Computing and the Ethics of Forgetting. *Environment and Planning B: Planning and Design* 34, 3 (2007), 431–445. <https://doi.org/10.1068/b32041t>
- Gheran *et al.*, 2018a Bogdan-Florin Gheran, Jean Vanderdonckt, and Radu-Daniel Vatavu. 2018. Gestures for Smart Rings: Empirical Results, Insights, and Design Implications. In *Proceedings of the 2018 Designing Interactive Systems Conference (DIS '18)*. ACM, New York, NY, USA, 623-635. DOI: <https://doi.org/10.1145/3196709.3196741>
- Gheran *et al.*, 2018b Bogdan-Florin Gheran, Radu-Daniel Vatavu, and 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 (DIS '18 Companion)*. ACM, New York, NY, USA, 117-122. DOI: <https://doi.org/10.1145/3197391.3205422>
- Google Clips, 2019 Google Clips. 2019. Google Clips Specifications. <https://support.google.com/googleclips/answer/7545447?hl=en>
- Guerit *et al.*, 2019 Robin Guérit, Alessandro Cierro, Jean Vanderdonckt, Jorge Luis Pérez-Medina.

2019. Gesture Elicitation and Usability Testing for an Armband Interacting with Netflix and Spotify. In *Proceedings of ICITS 2019, the International Conference on Information Technology & Systems*, pp. 625-637. Springer, Cham
https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_60
- Gurrin et al., 2014 Cathal Gurrin, Alan F. Smeaton, and Aiden R. Doherty. 2014. LifeLogging: Personal Big Data. *Foundations and Trends in Information Retrieval* 8, 1 (June 2014), 1–125.
<https://doi.org/10.1561/15000000033>
- InAir, 2019 InAiR. The complete TV experience. <https://www.inair.tv>, 2019
- Jones et al., 2013 B. R. Jones, H. Benko, E. Ofek, and A. D. Wilson. 2013. IllumiRoom: Peripheral projected illusions for interactive experiences. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*, pp. 869–878. ACM, NY, USA, 2013. <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2466112>
- Jones et al., 2014 B. Jones, R. Sodhi, M. Murdock, R. Mehra, H. Benko, A. Wilson, E. Ofek, B. MacIntyre, N. Raghuvanshi, and L. Shapira. 2014. RoomAlive: Magical experiences enabled by scalable, adaptive projector-camera units. In *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '14)*, pp. 637–644. ACM, New York, NY, USA, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1145/2642918.2647383>
- Kim et al., 2018 Kim, K., Billingham, M., Bruder, G., Duh, H. B.-L., & Welch, G. F. (2018). Revisiting Trends in Augmented Reality Research: A Review of the 2nd Decade of ISMAR (2008–2017). *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(11), 2947–2962. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868591>
- Koelle et al., 2015 Marion Koelle, Matthias Kranz, and Andreas Möller. 2015. Don't Look at Me That Way!: Understanding User Attitudes Towards Data Glasses Usage. In *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 362–372.
<https://doi.org/10.1145/2785830.2785842>
- Koelle et al., 2018 Marion Koelle, Swamy Ananthanarayan, Simon Czupalla, Wilko Heuten, and Susanne Boll. 2018. Your smart glasses' camera bothers me!: exploring opt-in and opt-out gestures for privacy mediation. In *Proceedings of the 10th Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI '18)*. ACM, New York, NY, USA, 473-481. DOI: <https://doi.org/10.1145/3240167.3240174>
- Kohavi și Longbotham, 2017 Ron Kohavi and Roger Longbotham. 2017. Online Controlled Experiments and A/B Testing. Springer US, 922–929. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7687-1_891
- Lyubomirsky and Lepper, 1999 S. Lyubomirsky, H. S. Lepper. 1999. A Measure of Subjective Happiness: Preliminary Reliability and Construct Validation. *Soc. Indic. Res.*, vol. 46, no. 2, pp. 137–155, Feb. 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1006824100041>



- Machajdik *et al.*, 2011 J. Machajdik, A. Hanbury, A. Garz, and R. Sablatnig. 2011. Affective Computing for Wearable Diary and Lifelogging Systems: An Overview. In *Proceedings of the 35th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition*. Austrian Computer Society. <https://www.ec.tuwien.ac.at/node/6421>
- Magrofuoco *et al.*, 2019 Nathan Magrofuoco, Paolo Roselli, Jean Vanderdonckt, Jorge Luis Pérez-Medina, Radu-Daniel Vatavu. (2019). GestMan: A Cloud-based Tool for Stroke-Gesture Datasets. *Proceedings of EICS '19, the 11th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems* (Valencia, Spain), Article 7, 6 pages. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3319499.3328227>
- MeCam, 2019 MeCam. 2019. High definition video camera | Best life logging device | Mini video camera - MeCam. <https://mecam.me/products/mecam-hd>
- Narrative, 2019 Narrative. 2019. The World's Most Wearable HD Video Camera | Narrative Clip 2. <http://getnarrative.com/>
- Popovici și Vatavu, 2019a Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Understanding Users' Preferences for Augmented Reality Television. *Proceedings of ISMAR 2019, the 18th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (Beijing, China). IEEE Press, 397-406
- Popovici și Vatavu, 2019b Irina Popovici, Radu-Daniel Vatavu. (2019). Towards Visual Augmentation of the Television Watching Experience: Manifesto and Agenda. In *Proceedings of TVX '19, the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video* (Manchester, UK), 199-204. ACM, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3317697.3325121>
- Rusu *et al.*, 2019 Petruta-Paraschiva Rusu, Maria-Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2019). A Lead-In Study on Well-Being, Visual Functioning, and Desires for Augmented Reality Assisted Vision for People with Visual Impairments. *Proceedings of EHB '19, the 7th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. IEEE Press
- Saeghe *et al.*, 2019 Pejman Saeghe, Sarah Clinch, Bruce Weir, Maxine Glancy, Vinoba Vinayagamoorthy, Ollie Pattinson, Stephen Robert Pettifer, and Robert Stevens. 2019. Augmenting Television With Augmented Reality. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video* (TVX '19). ACM, New York, NY, USA, 255-261. DOI: <https://doi.org/10.1145/3317697.3325129>
- Schipor și Vatavu, 2018 Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Invisible, Inaudible, and Impalpable: Users' Preferences and Memory Performance for Digital Content in Thin Air. *IEEE Pervasive Computing* 17(4), 76-85. IEEE Press. <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2018.2873856>
- Sellen and Abigail J. Sellen and Steve Whittaker. 2010. Beyond Total Capture: A Constructive

- Whittaker, 2010 Critique of Lifelogging. *Communications of the ACM* 53, 5 (May 2010), 70–77. <https://doi.org/10.1145/1735223.1735243>
- SnapCam, 2019 SnapCam. 2019. iON USA | SnapCam. <https://usa.ioncamera.com/snapcam/>
- Tung *et al.*, 2015 Ying-Chao Tung, Chun-Yen Hsu, Han-Yu Wang, Silvia Chyou, Jhe-Wei Lin, Pei-Jung Wu, Andries Valstar, and Mike Y. Chen. 2015. User-Defined Game Input for Smart Glasses in Public Space. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 3327–3336. DOI: <https://doi.org/10.1145/2702123.2702214>
- Vanderdonckt *et al.*, 2019 Jean Vanderdonckt, Mathieu Zen, and Radu-Daniel Vatavu. 2019. AB4Web: An On-Line A/B Tester for Comparing User Interface Design Alternatives. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3, EICS, Article 18 (June 2019), 28 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3331160>
- Vatavu, 2013a R.-D. Vatavu. 2013. Point & Click Mediated Interactions for Large Home Entertainment Displays. *Multimedia Tools and Applications*, 59(1):113–128, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-010-0698-5>
- Vatavu, 2013b R.-D. Vatavu. There's a world outside your TV: Exploring interactions beyond the physical TV screen. In *Proceedings of the 11th European Conference on Interactive TV and Video (EuroITV '13)*, pp. 143–152. ACM, New York, NY, USA, 2013. <http://dx.doi.org/10.1145/2465958.2465972>
- Vatavu și Wobbrock, 2015 Radu-Daniel Vatavu and Jacob O. Wobbrock. 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>
- Vatavu și Wobbrock, 2016 Radu-Daniel Vatavu and Jacob O. Wobbrock. 2016. Between-Subjects Elicitation Studies: Formalization and Tool Support. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 3390–3402. DOI: <https://doi.org/10.1145/2858036.2858228>
- Vatavu, 2019 Radu-Daniel Vatavu. 2019. The Dissimilarity-Consensus Approach to Agreement Analysis in Gesture Elicitation Studies. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19)*. ACM, New York, NY, USA, Paper 224, 13 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300454>
- Vinayagamoorthy *et al.*, 2018 Vinoba Vinayagamoorthy, Maxine Glancy, Paul Debenham, Alastair Bruce, Christoph Ziegler, and Richard Schäffer. 2018. Personalising the TV Experience with Augmented Reality Technology: Synchronised Sign Language Interpretation. In *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video (TVX '18)*. ACM, New York, NY, USA, 179–184.



DOI: <https://doi.org/10.1145/3210825.3213562>

- Vinayagamoorthy et al., 2019 Vinoba Vinayagamoorthy, Maxine Glancy, Christoph Ziegler, and Richard Schäffer. 2019. Personalising the TV Experience using Augmented Reality: An Exploratory Study on Delivering Synchronised Sign Language Interpretation. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19)*. ACM, New York, NY, USA, Paper 532, 12 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300762>
- Wobbrock et al., 2005 Jacob O. Wobbrock, Htet Htet Aung, Brandon Rothrock, and Brad A. Myers. 2005. Maximizing the guessability of symbolic input. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '05)*. ACM, New York, NY, USA, 1869-1872. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/1056808.1057043>
- Wobbrock et al., 2009 Jacob O. Wobbrock, Meredith Ringel Morris, and Andrew D. Wilson. 2009. User-defined gestures for surface computing. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09)*. ACM, New York, NY, USA, 1083-1092. DOI: <https://doi.org/10.1145/1518701.1518866>
- Zhao et al., 2015 Yuhang Zhao, Sarit Szpiro, and Shiri Azenkot. 2015. ForeSee: A Customizable Head-Mounted Vision Enhancement System for People with Low Vision. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility (ASSETS '15)*. ACM, New York, NY, USA, 239-249. DOI: <https://doi.org/10.1145/2700648.2809865>
- Zhao et al., 2016 Yuhang Zhao, Sarit Szpiro, Jonathan Knighten, and Shiri Azenkot. 2016. CueSee: exploring visual cues for people with low vision to facilitate a visual search task. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '16)*. ACM, New York, NY, USA, 73-84. DOI: <https://doi.org/10.1145/2971648.2971730>

Director proiect,

Radu-Daniel VATAVU

