

RAPORT ȘTIINȚIFIC

privind implementarea proiectului

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

în perioada octombrie – decembrie 2018 (etapa nr. 1)

Cod proiect	PN-III-P1-1.1-TE-2016-2173
Nr. contract	TE 141/2018
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. 1, conform planului de realizare	3
2. STADIUL CURENT ÎN REALITATEA AUGMENTATĂ, PERCEPȚIA UMANĂ, MODELE ALE VEDERII ȘI DISPOZITIVE WEARABLE	4
Sisteme de realitate augmentată pentru augmentarea vederii	5
Percepția umană și modele ale vederii. Categori de deficiențe vizuale	7
Dispozitive și interacțiuni wearable	8
3. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI	15
REFERINȚE	17



1. REZUMATUL ETAPEI

Obiectivele proiectului

Acest proiect de cercetare are drept scop 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 distanță sau de a vedea în alte domenii ale spectrului electromagnetic în afara domeniului vizibil. Prin urmare, acest proiect își fixează următoarele obiective practice (O1-O3) privind *proiectarea, implementarea și evaluarea* de noi prototipuri și tehnici interactive pentru dispozitive wearable smart în scopul augmentării percepției vizuale pentru utilizatorii cu și fără deficiențe de vedere:

- O1. Înțelegerea nevoilor de augmentare senzorială, în special 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 pentru 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.)
3. Petruța-Paraschiva Rusu (lector univ. dr., psiholog)
4. Bogdan-Florin Gheran (drd. ing.)
5. Adrian Aiordăchioae (drd. ing.)

Obiectivele și activitățile etapei

Activitățile de cercetare-dezvoltare ale proiectului (de tip A1 - cercetare fundamentală) desfășurate în perioada octombrie – decembrie 2018 în cadrul [Laboratorului de Cercetare în Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației \(MintViz\)](#) al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava fac parte din cadrul Etapei nr. 1 de implementare a proiectului, având drept obiectiv “*Înțelegerea augmentării percepției vizuale: studii, seturi de date și metodologii*”, astfel:

Act. 1.1 – Actualizarea stadiului recent al cunoașterii în realitatea augmentată, percepția umană și dispozitive wearable

Rezultate așteptate pentru etapa nr. 1, conform planului de realizare

- Raportul științific al etapei
- Pagina web a proiectului de cercetare

2. STADIUL CURENT ÎN REALITATEA AUGMENTATĂ, PERCEPȚIA UMANĂ, MODELE ALE VEDERII ȘI DISPOZITIVE WEARABLE

Actualizarea informațiilor privind stadiul curent al domeniului reprezintă un aspect important al activității de cercetare ce se realizează pe întreaga durată a implementării proiectului și, mai ales, la demararea acestuia. Drept urmare, prima activitate este dedicată exclusiv actualizării stadiului recent al cunoașterii în trei domenii cheie pentru tematica acestui proiect de cercetare: realitatea augmentată (incluzând dispozitive de augmentare a vederii de tipul ochelarilor smart), percepția umană (privind modele ale vederii umane și aplicații ale acestora), respectiv dispozitive wearable (e.g., inele, brățări, etc.). Metodologia adoptată în cadrul acestei etape pentru actualizarea stadiului recent al cunoașterii, structurată în trei etape (definire, extragere de cunoștințe, analiză), este ilustrată vizual în Figura 1. În această secțiune prezentăm un rezumat al principalelor rezultate științifice din domeniile aflate în legătură directă cu obiectivele acestui proiect de cercetare-dezvoltare.

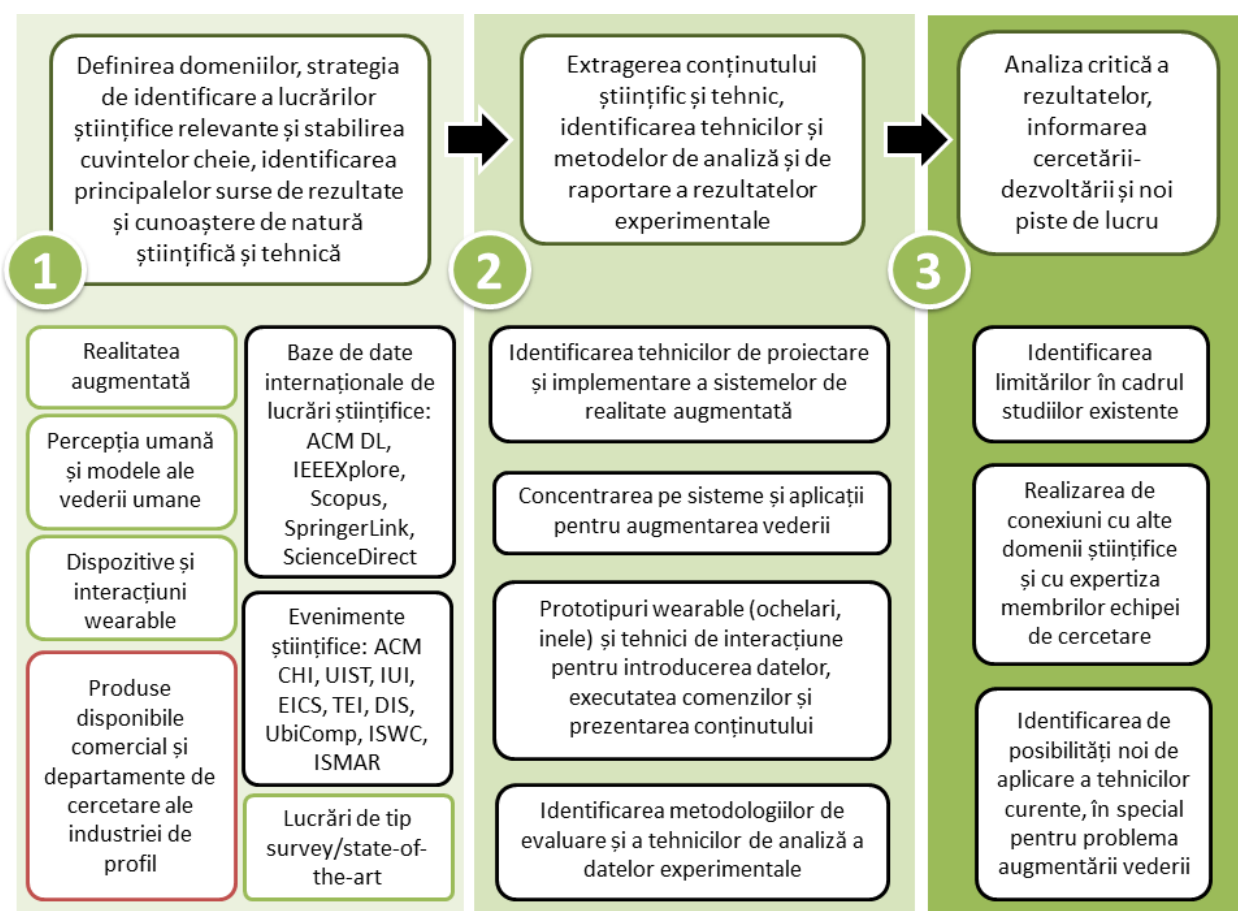


Figura 1. Metodologia adoptată pentru actualizarea stadiului curent al cunoașterii în realitatea augmentată, percepția umană, modele ale vederii umane și dispozitive wearable, conform activității 1.1 din cadrul etapei nr. 1 a planului de realizare a proiectului de cercetare-dezvoltare

Sisteme de realitate augmentată pentru augmentarea vederii

Sistemele de realitate augmentată au drept obiectiv îmbunătățirea percepției utilizatorului asupra lumii fizice înconjurătoare în vederea îndeplinirii mai eficiente a sarcinilor de efectuat. Conform Azuma (1997), un sistem de realitate augmentată trebuie să combine lumea fizică cu cea virtuală, să fie 3-D, interactiv și să răspundă în timp real. De asemenea, conform Milgram *et al.* (1995), realitatea augmentată se plasează pe linia continuă real-virtual (en.: *reality-virtuality continuum*), de-a lungul căreia pot fi instanțiate diverse tipuri de realități mixte, de la medii complet reale la cele pur virtuale, dar și medii cu elemente combinate, cum ar fi cazurile hibride ale sistemelor de realitate, respectiv virtualitate augmentată (Milgram *et al.* 1995).

Cercetările și dezvoltările din domeniul realității augmentate au fost recent rezumate și analizate critic în cadrul unor lucrări de tip survey/state-of-the-art. De exemplu, Billinghurst *et al.* (2015) au realizat o evaluare cuprinzătoare a aproximativ 50 de ani de cercetare în realitatea augmentată, începând cu primele sisteme interactive implementate în anii 1960 până la aplicațiile de realitate augmentată disponibile astăzi pe dispozitive mobile smart, oferind totodată și o discuție privind definițiile adoptate în comunitatea științifică pentru a specifica și formaliza sistemele de realitate augmentată. Alte studii tip survey s-au concentrat pe anumite domenii de aplicații, cum ar fi Bekele *et al.*, (2018), care au efectuat o trecere în revistă a aplicațiilor de realitate virtuală, augmentată și realitate mixtă relevante pentru domeniul patrimoniului cultural, respectiv Thomas (2012), care a discutat sistemele de realitate augmentată pentru aplicații de *gaming*, adoptând pentru analiză și clasificare perspectiva tehnologiilor folosite de către aceste sisteme, *i.e.*, *head-mounted*, *handheld*, respectiv imersiunea spațială.

Dey *et al.* (2018), într-o evaluare a peste 300 de studii realizate între anii 2005 – 2014 privind utilizabilitatea sistemelor și aplicațiilor de realitate augmentată, au identificat următoarele caracteristici, dar și limitări, ale studiilor din literatura domeniului: (a) lipsa de studii pilot în procesul experimental, (b) numărul mic de experimente realizate în condiții naturale, majoritatea experimentelor reprezentând de fapt studii organizate în laborator, (c) utilizarea unui design experimental de tip *within-subjects* în aproximativ 73% dintre studiile existente în domeniu, a unui design experimental *between-subjects* în 15% dintre studii și a unui design factorial mixt în doar 4% din cazuri, (d) cadrul experimental utilizat a fost unul cantitativ în 25% dintre studii, calitativ în 27% și mixt în 48%, (e) sarcinile experimentale utilizate în cele mai multe studii au implicat evaluarea performanței utilizatorilor (61%), completarea de chestionare (50%), efectuarea de sarcini perceptuale (18%), interviuri (14%) și sarcini de colaborare (7%) și, respectiv, (f) majoritatea studiilor au fost realizate pe eșantioane de studenți cu vârste până în 30 de ani. Pe baza acestor rezultate din literatura domeniului și luând în considerare limitările evidențiate în literatura de specialitate, direcțiile propuse în cadrul acestui proiect de cercetare-dezvoltare în ceea ce privește utilizabilitatea tehnologiilor de augmentare senzorială pot include: (a) realizarea unui studiu pilot privind augmentarea vederii, (b) testarea utilizabilității prototipurilor de augmentare senzorială atât în condiții de laborator cât și în mediul natural al subiecților, (c) considerarea oportunității unui design experimental factorial mixt cu măsurători repetate, care să permită atât analiza modificărilor intra-subiect (en.: *within-subjects*) cât și compararea rezultatelor între grupuri (en: *between-subjects* sau

between-groups), (d) realizarea unui studiu cu un design experimental mixt, care să includă atât colectarea de date numerice, cât și date de ordin calitativ, (e) utilizarea unor măsurători diverse, cum ar fi chestionare, sarcini de evaluare a performanței, etc., respectiv (f) includerea în studiu a unor subiecți de diverse vârste, cum ar fi elevi de liceu, studenți, adulți, persoane de vârsta a treia.

În suportul implicațiilor menționate, am consultat și Kim *et al.* (2018), care au identificat cinci teme ca fiind cele mai abordate în studiile publicate în cadrul conferinței ISMAR (International Symposium on Mixed and Augmented Reality – evenimentul principal al comunității realității augmentate), și anume *mobile, reconstruction, tracking, AR applications* și *evaluation*, concluzionând cu necesitatea realizării de evaluări ale aplicațiilor prezentate. De asemenea, aceiași autori propun ca studiile care examinează diverse aspecte ale realității augmentate să ia în considerare și factori sociali, psihologici și culturali. În acest sens, Kim *et al.* (2016) au arătat că răspunsurile participanților la studii privind realitatea augmentată sunt influențate nu doar de factori externi (e.g., cei legați de tehnologia propriu-zisă), dar și de factori interni (e.g., trăsăturile de personalitate ale participanților respectivi). Pentru a exemplifica un tip de studiu și în special metodologia utilizată în cadrul studiilor de evaluare a sistemelor și aplicațiilor de realitate augmentată pentru persoane cu deficiențe de vedere, folosim exemplul oferit de către Kinatader *et al.* (2018), care au testat o aplicație software ce transformă informația spațială în tipare vizuale cu contrast ridicat. Eficacitatea aplicației a fost analizată în cadrul a două experimente controlate care au adresat localizarea persoanelor, recunoașterea pozițiilor, recunoașterea obiectelor, respectiv mobilitatea: (a) un studiu explorator realizat pe patru persoane cu deficiențe de vedere și (b) un studiu cu 48 de participanți cărora le-au fost induse dificultăți de vedere. Rezultatele studiilor au arătat faptul că utilitatea aplicației de realitate augmentată implementată în Kinatader *et al.* (2018) a variat atât în funcție de sarcinile de rezolvat, dar și de gradul de deficiență vizuală al participanților la studiu.

Pentru a adresa corespunzător ultimul aspect, sistemele și dispozitivele de realitate augmentată și-au găsit aplicații în asistarea percepției vizuale. De exemplu, Szpiro *et al.* (2016a, 2016b) au arătat că utilizatorii cu deficiențe vizuale preferă să acceseze informația mai degrabă vizual decât aural și, prin urmare, au accentuat nevoia de a dezvolta astfel de soluții. Drept răspuns, o serie de prototipuri au fost realizate în comunitatea științifică, cum ar fi CueSee, un sistem wearable care combină tehnici de viziune artificială și realitate augmentată pentru a asista utilizatorii în efectuarea de sarcini de căutare vizuală (Zhao *et al.*, 2016) sau sistemul ForeSee, dezvoltat de Zhao *et al.* (2015), care folosește o cameră video și un dispozitiv *headset* Oculus Rift pentru a reda utilizatorilor versiuni procesate ale realității vizuale, cum ar fi magnificări, contrast îmbunătățit, muchii accentuate, sau diverse facilități privind detecția și recunoașterea textului. Un alt exemplu este Chroma (Tanuwidjaja *et al.*, 2014), un sistem care permite persoanelor cu deficiențe de vedere accesul la o variantă augmentată a realității vizuale în funcție de tipul specific de daltonism. De asemenea, o serie de dezvoltări provenind din mediul industrial au fost făcute disponibile recent în această direcție. De exemplu, aplicația Seeing AI¹ pentru telefoanele smart narează lumea înconjurătoare privind textul detectat în spațiul ambiental, persoanele sau obiectele;

¹ <https://www.microsoft.com/en-us/seeing-ai/>



proiectul Microsoft Soundscape² folosește tehnologia audio pentru a permite persoanelor cu deficiențe de vedere să se orienteze mai bine și să navigheze mai eficient în spațiul public.

Augmentarea realității în vederea oferirii unei mai bune percepții asupra lumii fizice înconjurătoare sau a lumii augmentate digital nu este însă limitată la o augmentare pur vizuală. Furnizarea de feedback haptic, de exemplu prin vibrații controlate pe suprafața diverselor părți ale corpului, poate reprezenta o modalitate eficientă de a obține informații privind lumea fizică în relație cu lumea virtuală. De exemplu, Vatavu *et al.* (2016) au introdus conceptul “digital vibrons” pentru a formaliza manifestări ale obiectelor virtuale în lumea fizică concretizate în vibrații furnizate de un dispozitiv purtat de utilizator pe deget. Astfel, obiectele digitale pot fi extrase din mediul lor nativ de existență, cum ar fi reprezentarea vizuală pe ecranul unui telefon mobil smart, susținute în mână în prinderea creată de degetul mare și cel arătător și deplasate în cadrul lumii fizice. Pe toată perioada manipulării, obiectele digitale își fac simțită prezența în mâna utilizatorului prin intermediul de vibrații, a căror intensitate și periodicitate codifică tipul obiectului manipulat (Vatavu *et al.*, 2016).

Percepția umană și modele ale vederii. Categori de deficiențe vizuale

Modelele curente ale vederii umane din literatura științifică pot fi clasificate în trei categorii în funcție de perspectiva folosită pentru modelare: neurobiologică, cognitivă, respectiv neurocognitivă.

Abordarea neurobiologică consideră structurile anatomice responsabile pentru conversia spectrului electromagnetic din domeniul vizibil în reprezentări potrivite procesării interne în cadrul creierului. De exemplu, Hubel și Wiesel (1968, 2004) au arătat faptul că neuronii care îndeplinesc aceeași funcție cu caracter vizual sunt grupați într-o structură ierarhică, în cadrul căreia fiecare nivel al ierarhiei furnizează cortexului vizual o serie de caracteristici specifice pentru a caracteriza informația vizuală receptată privind lumea fizică. Percepția vizuală reprezintă rezultatul interacțiunilor dintre diverse regiuni corticale (Bar *et al.*, 2001) conectate structural ierarhic (Crick, 1984). Perspectiva cognitivă asupra vederii umane organizează percepția vizuală sub forma unui set de module de procesare (Marr, 1982) care transformă un *input* (*i.e.*, două matrice 2-D cu valori corespunzând razelor luminoase care ating retina fiecărui ochi) într-un *output* (*i.e.*, un model intern 3-D al realității vizuale). În acest sens, modelul Marr (1982) face distincția dintre procesarea primară activată în faza pre-atențională a vederii reprezentată de primele 200 ms, centrată pe caracteristici cum ar fi muchii, texturi, culori, locații și viteze, și procesarea secundară necesară efectuării de sarcini complexe, cum ar fi identificarea obiectelor, pentru care este nevoie de stabilirea unei legături cu memoria de lungă durată. Perspectiva neurocognitivă mediază cele două abordări anterioare conectând modelul de procesare *input-output* cu structurile anatomice ale sistemului vizual (Kosslyn, 1999).

Modelele vederii au fost examinate în literatură pentru sarcini interactive. De exemplu, Schipor și Vatavu (2017a, 2017b) au analizat diverse modele ale vederii din perspectiva aplicabilității pentru studiul interacțiunilor cu ecrane sensibile la atingere pentru persoane cu deficiențe de vedere și au scos în

² <https://www.microsoft.com/en-us/research/product/soundscape/>

evidență o serie de conexiuni relevante între caracteristicile vizuale ale informației afișate pe ecrane (cum ar fi mărimea, forma, culoarea, contrastul, etc.) și capacitatea diverselor modele ale vederii umane de a explica performanțele utilizatorilor în condiții de manipulare experimentală a caracteristicilor menționate (Schipor și Vataavu, 2017a). Estimăm faptul că o abordare similară va fi posibilă și pentru tematica acestui proiect de cercetare-dezvoltare privind tehnicile de augmentare a vederii folosind dispozitive wearable smart.

În continuarea acestei secțiuni, prezentăm pe scurt o serie de aspecte privind încadrarea dizabilităților de ordin vizual. Dizabilitatea vizuală reprezintă o abilitate diminuată a unei persoane de a vedea într-un grad care determină probleme ce nu pot fi rezolvate prin mijloace corective, cum ar fi prescrierea de ochelari. La nivel internațional, afecțiunile vederii sunt clasificate de către IDC-11, versiunea 11 a International Classification of Diseases³. La nivel național, statul român recunoaște patru categorii de deficiențe de vedere (referite drept handicap de vedere), conform MO nr. 885 bis/27.12.2007: handicap ușor, mediu, accentuat și grav. De exemplu, handicapul ușor presupune existența unor semne de probleme vizuale, însă vederea aproape normală poate fi restaurată prin intermediul purtării de ochelari de corecție. Handicapul mediu presupune necesitatea utilizării de luche de putere scăzută sau folosirea de font-uri mari pentru citire, persoanele din această categorie putând efectua totuși activități lucrative care nu se bazează prioritar pe stimulii vizuali. Handicapul accentuat se aplică persoanelor care întâmpină probleme în orientarea spațială sau în acomodarea la diverse niveluri de luminozitate, în timp ce handicapul grav cuprinde dificultăți considerabile de orientare spațială, precum și nevoia de asistență, informația fiind obținută exclusiv prin surse non-vizuale, *i.e.*, cărți audio, limbajul Braille, etc. Vataavu (2017) prezintă o discuție amplă asupra dizabilității vizuale, centrată în special pe folosirea dispozitivelor smart de către persoane cu deficiențe de vedere. Pentru a completa discuția din această secțiune și pentru a ilustra efectele diverselor tipuri de deficiențe vizuale, Figura 2 prezintă rezultatele obținute cu ajutorul unei aplicații software de simulare (Impairment Simulation Software, University of Cambridge, aplicație software disponibilă online la adresa web⁴) privind degenerescenta maculară, retinopatia diabetică, glaucom, daltonism, cataractă, respectiv pierderea acuității vizuale.

Dispozitive și interacțiuni wearable

Dispozitivele wearable folosite pentru implementarea sistemelor de realitate augmentată sunt reprezentate de ochelarii smart, *e.g.*, Microsoft Hololens⁵, Magic Leap⁶, respective Vuzix Blade⁷, pentru a menționa doar câteva exemple. Ochelarii smart conțin lentile ce reflectă imaginile proiectate de către un dispozitiv de redare. Dintre caracteristicile acestor dispozitive putem aminti funcționalități de fotografiere și filmare, ceas și calendar, senzori încorporați (*e.g.*, compas, altimetru, barometru, senzor de lumină, etc.), funcții de detectare și urmărire a privirii, oferirea de acces la servicii de telefonie

³ <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http%3a%2f%2fid.who.int%2fid%2fentity%2f868865918>

⁴ <http://www.inclusivedesign toolkit.com/simsoftware/simsoftware.html>

⁵ <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

⁶ <https://www.magicleap.com/>

⁷ <https://www.vuzix.com/products/blade-enterprise>



mobilă prin conexiune Bluetooth cu un telefon smart, navigație GPS, redare de conținut multimedia, monitorizarea activității și a stării de sănătate a utilizatorului (*e.g.*, calorii consumate, puls, etc.), păstrarea conexiunii cu rețelele sociale, etc. Din perspectiva aplicațiilor existente astăzi pentru ochelarii smart, putem identifica trei categorii: (i) aplicații legate de spațiul de muncă și creșterea eficienței activităților lucrative, (ii) aplicații contextuale, respective (iii) aplicații destinate sportului, socializării sau recreerii. De exemplu, Wang *et al.* (2018) au descris o tehnică pentru ochelari smart în vederea îmbunătățirii comunicării pentru persoanele cu deficiențe de vedere; Popleteev *et al.* (2015) au introdus Colorizer, o aplicație dezvoltată pentru a crea contraste puternice între culori în vederea asistării vederii pentru persoanele cu discromatopsie; Xu *et al.* (2015) au implementat un sistem eficient de recunoaștere a persoanelor pe baza fețelor folosind ochelari smart; Bobin *et al.* (2016) au dezvoltat SyMPATHy pentru monitorizarea stării de sănătate și oferirea de informații relevante pacienților cu probleme vasculatorii; Hellmund *et al.*, (2018) au propus o aplicație de recunoaștere facială care se bazează pe algoritmi de inteligență artificială și calcul tip fog computing.



Figura 2. Simulare a diverselor tipuri de deficiențe de vedere: (a) imaginea originală, (b) degenerescență maculară, (c) retinopatie diabetică, (d) glaucom, (e) daltonism, (f) cataractă, (g,h) pierderea acuității vizuale. Imagini produse folosind simulatorul Impairment Simulation Software.

În ceea ce privește interacțiunea cu conținutul afișat de ochelarii de realitate augmentată, o serie de tehnici au fost propuse în literatura domeniului, clasificate de către Tung *et al.* (2015) în trei categorii: interacțiune folosind dispozitive externe, interacțiune tactilă, respectiv interacțiune non-tactilă. Folosirea dispozitivelor externe ochelarilor smart, cum ar fi telefonul mobil, trackpad-uri, butoane, etc., reutilizează eficient experiența utilizatorilor de a interacționa cu sistemele informatice clasice. De

exemplu, ochelarii Sony SmartEyeglass⁸ și Epson Moverio⁹ se încadrează în această categorie. De asemenea, pentru introducerea de text, un dispozitiv extern permite utilizatorilor să opereze un cursor și să selecteze caractere de pe o tastatură virtuală. Microsoft Hololens oferă un astfel de suport. Diverse tipuri de tastaturi virtuale și moduri de poziționare a caracterelor pentru ochelarii smart au fost considerate și evaluate în literatură, cum ar fi Dasher (Ward *et al.*, 2000), AZERTY și QWERTY (McCall *et al.*, 2015). Interacțiunea tactilă cu ochelarii smart, folosind atingeri efectuate pe ramele ochelarilor, reprezintă o altă modalitate populară pentru a efectua selecții, introduce text (folosind spre exemplu acțiunea de glisare, vezi Grossman *et al.*, 2015), respectiv pentru a confirma comenzi. De exemplu, rezultatele experimentale raportate de către Yu *et al.* (2016) au arătat o rată de introducere a textului de 19 cuvinte pe minut (WPM). O altă abordare în scopul introducerii de text este reprezentată de tastarea acestuia pe un alt dispozitiv conectat cu ochelarii smart la care accesul este mai facil. Abordând această perspectivă, Ahn *et al.* (2017) au propus folosirea unui ceas smart pentru introducerea textului. O altă modalitate de a interacționa cu conținutul redat de ochelarii smart este reprezentată de gesturi executate în aer, respectiv mișcări ale capului și corpului. De exemplu, Yu *et al.* (2015) au propus diverse comenzi gestuale pentru selectarea unui obiect virtual, rotirea, modificarea dimensiunii, respectiv schimbarea proprietăților de afișare a obiectului respectiv. Un alt exemplu este tastatura virtuală operată prin gesturi propusă de către Jung *et al.* (2014).

Dintre dispozitivele wearable de intrare, putem aminti haine, brățări, sau inele smart. Dintre acestea, inelele smart, în special, au cunoscut recent o atenție sporită atât în comunitatea științifică cât și în mediul industrial. Inelele smart permit utilizatorilor să controleze aplicații și sisteme interactive folosind o gamă diversă de comenzi gestuale implementate sub forma gesturilor de atingere (en.: *touch gestures* sau *stroke-gestures*), gesturi executate în aer (en.: *mid-air gestures*), gesturi pe suprafața fizică a inelului (en.: *surface gestures*), respectiv combinații ale acestora (Ashbrook *et al.*, 2011; Colley *et al.*, 2017; Gheran *et al.*, 2018a; Gheran *et al.*, 2018b; Gheran *et al.*, 2018c; Ghosh *et al.*, 2016; Kienzle și Hinckley, 2014). O varietate de astfel de dispozitive interactive wearable a început să fie disponibilă comercial relativ recent, iar multe alte prototipuri sub forma de proiecte orientate pe strângerea de fonduri publice au fost active pe platformele de *crowdfunding* sau sunt în acest moment în curs de desfășurare. Exemple notabile includ inelele smart Blinq (Blinq, 2018) și Wave (Wave, 2018). Datorită varietății componentelor electronice incorporate în aceste dispozitive, cum ar fi microcontrolere, accelerometre, giroscopuri, butoane sensibile la atingere sau chiar camere video miniaturale (Ashbrook *et al.*, 2011; Chan *et al.*, 2015; Jing *et al.*, 2013; Nanayakkara *et al.*, 2012; Yoon *et al.*, 2016), inelele smart au devenit atractive pentru dezvoltatorii de aplicații și proiectanții de interfețe utilizator pentru o gamă largă de scenarii interactive și contexte de utilizare. De exemplu, inelul EyeRing (Nanayakkara *et al.*, 2012) conține o cameră video miniaturală care oferă asistență utilizatorilor cu deficiențe de vedere în realizarea diverselor sarcini. O serie de metode de proiectare a gesturilor executate cu inele smart au fost introduse și evaluate în literatura domeniului (Colley *et al.*, 2017; Shilkrot *et al.*, 2015), dar acestea

⁸ <https://developer.sony.com/develop/smarteyeglass-sed-e1/>

⁹ <https://moverio.epson.com/>



s-au concentrat exclusiv pe contexte interactive cu un singur inel. Recent, Gheran *et al.* (2018a, 2018b) au extins direcția de cercetare către scenarii interactive pentru care gesturile bimanuale, achiziționate cu două inele smart purtate simultan de către utilizator, se dovedesc utile și eficiente. Rezultatele studiilor au arătat însă un grad scăzut de consens între utilizatori privind preferințele pentru comenzi gestuale pe care aceștia ar dori să le efectueze cu inele smart. În acest sens, o direcție de cercetare relevantă este reprezentată de crearea de seturi de gesturi potrivite, intuitive, ușor de executat, învățat și reamintit, pentru scenarii interactive presupunând utilizarea de inele smart.

O serie de tehnici de interacțiune au fost propuse în literatura domeniului pentru inelele smart. De exemplu, Colley *et al.* (2017) au identificat un număr de 12 gesturi distincte ce pot fi executate cu un inel, pe care le-au clasificat în funcție de amplasarea inelului pe deget, mișcările ce pot fi realizate cu inelul, operațiile efectuate (*e.g.*, punerea sau scoaterea inelului de pe deget), respectiv privind funcționalități determinate de obiecte externe, cum ar fi executarea unei comenzi prin punerea inelului în contact cu o suprafață. Gheran *et al.* (2018a) au studiat preferințele utilizatorilor privind comenzi gestuale ce pot fi efectuate cu un inel (*i.e.*, gesturi unimanuale) sau folosind două inele smart (*i.e.*, gesturi bimanuale) prin realizarea unui experiment de tip participativ (en.: *gesture elicitation study*) în conformitate cu metodologia (Wobbrock *et al.*, 2009; Vatavu și Wobbrock, 2015). Analiza realizată în urma acestui studiu a scos în evidență un nivel scăzut al consensului între participanți (N=24 persoane, pentru care a fost raportată o valoare medie a consensului de .112), similar rezultatelor obținute pentru alte scenarii interactive cu dispozitive ce permit utilizatorilor efectuarea de comenzi gestuale cu un număr mare de grade de libertate, cum ar fi rezultatele raportate de (Liang *et al.*, 2012; Seyed *et al.*, 2012; Vatavu și Zaiți, 2014). De asemenea, în literatura domeniului au fost investigate oportunitățile interactive oferite de o varietate de tehnologii pentru inele smart. Câteva dintre acestea folosesc modificarea câmpurilor electrice sau magnetice (Ashbrook *et al.*, 2011; Wilhelm *et al.*, 2015; Yoon *et al.*, 2016), reflexia în domeniul infraroșu (Ogata *et al.*, 2012), tehnici de procesare video cu camere încorporate în interiorul inelelor smart (Chan *et al.*, 2015; Nanayakkara *et al.*, 2012), sau furnizarea feedback-ului vibrotactil (Schönauer *et al.*, 2015; Vatavu *et al.*, 2016). Un studiu cuprinzător privind posibilitățile de augmentare a degetelor a fost realizat de către Shilkrot *et al.* (2015).

În continuare, prezentăm o clasificare a dispozitivelor interactive de tip inele smart considerând criterii cum ar fi aplicațiile implementate și funcționalitățile oferite (tabelul 1), modurile de operare și de interacțiune suportate (tabelul 2), respectiv tehnicile de intrare și ieșire oferite (tabelul 3).

Tabelul 1 ilustrează cinci domenii principale de aplicații pentru inele smart, cum ar fi: inelele smart ca și dispozitive NFC (*e.g.*, folosite pentru autentificare sau efectuarea de plăți), monitorizarea activității și a parametrilor de sănătate a utilizatorului (fitness), notificarea privind apariția diverselor evenimente, protecția personală, respectiv efectuarea de comenzi generice folosind gesturi. Un al doilea criteriu de clasificare permite gruparea inelelor smart în funcție de modul lor de operare (*i.e.*, inelul funcționează independent sau conectat la un alt dispozitiv smart, cum ar fi un telefon mobil), respectiv modul de interacțiune (*e.g.*, interacțiuni care necesită contactul fizic cu inelul, cum ar fi atingerea sa sau apăsarea

unui buton, respectiv interacțiuni care sunt realizate în jurul inelului în imediata sa vecinătate, detectabile spre exemplu prin modificarea unui câmp magnetic sau electric); vezi tabelul 2.

Model inel smart	NFC	Monitorizare, aplicații pt. sănătate	Mesaje, notificări	Buton panică	Control prin gesturi
Ares (2018), EyeRing (Nanayakkara <i>et al.</i> , 2012), Frictio (Han <i>et al.</i> , 2017), ORII (2018), Ringly (2018)			✓		
ChiTronic Magic (2018), Jakcom R3 (2018), Kerv (2018), Keydex (2018), NFC Ring (2018)	✓				
CyclopsRing (Chan <i>et al.</i> , 2015), eRing (Wilhelm <i>et al.</i> , 2015), iRing (Ogata <i>et al.</i> , 2012), LightRing (Kienzle și Hinckley, 2014), Magic Ring (Jing <i>et al.</i> , 2013), Nanya (Ashbrook <i>et al.</i> , 2011), Nod Ring (2018), OctaRing (Lim <i>et al.</i> , 2016), Ring Zero (2018), Ringteration (Ghosh <i>et al.</i> , 2016), TypingRing (Nirjon <i>et al.</i> , 2015), FingOrbits (Zhang <i>et al.</i> , 2017), Talon Ring (2018)					✓
Helios (2018), Moodmetric (2018), Motiv (2018), Oura (2018)		✓			
Nimb (2018), Siren (2018)				✓	

Tabelul 1. O clasificare a inelelor smart din literatură în funcție de facilitățile oferite

Model inel smart	Tip de operare		Context de interacțiune			Mod de interacțiune		
	Independent	Interconectat cu un alt dispozitiv	Independent	Bazat pe context	Ambele	Asupra dispozitivului	În apropiere	Ambele
Ares (2018), Helios (2018)		✓				✓		
ChiTronic Magic (2018), NFC Ring (2018)	✓			✓			✓	
CyclopsRing (Chan <i>et al.</i> , 2015)		✓		✓				✓
eRing (Wilhelm <i>et al.</i> , 2015), LightRing		✓	✓				✓	

(Kienzle și Hinckley, 2014)								
EyeRing (Nanayakkara <i>et al.</i> , 2012), Magic Ring (Jing <i>et al.</i> , 2013)		✓			✓			✓
Frictio (Han <i>et al.</i> , 2017), Siren (2018)	✓		✓			✓		
iRing (Ogata <i>et al.</i> , 2012)	✓		✓					
Jakcom R3 (2018), Kerv (2018), Keydex (2018)	✓			✓			✓	
Moodmetric (2018), Motiv (2018), Nimb (2018), OctaRing (Lim <i>et al.</i> , 2016), Oura (2018)		✓	✓			✓		
Nenya (Ashbrook <i>et al.</i> , 2011)		✓	✓					✓
Nod Ring (2018), Ring Zero (2018), Talon Ring (2018)		✓			✓			✓
ORII (2018)		✓			✓			
Ringly (2018), Ringteration (Ghosh <i>et al.</i> , 2016)		✓	✓			✓		
TypingRing (Nirjon <i>et al.</i> , 2015), VibRing (Bianchi și Je, 2017), FingOrbits (Zhang <i>et al.</i> , 2017)		✓		✓			✓	

Tabelul 2. O clasificare a inelelor smart din literatură în funcție de modul de operare și interacțiune

Considerând tehnicile de intrare și ieșire, inelele smart pot fi clasificate în continuare după cum urmează. În funcție de modalitățile disponibile pentru intrare (*e.g.*, introducerea datelor, executarea comenzilor, etc.), putem avea gesturi (de atingere, executate în aer, sau chiar gesturi cu referire la diverse părți ale corpului), acțiuni detectate de o cameră video încorporată, introducerea de comenzi prin aplicarea de diferențe de presiune pe suprafața inelului, acțiuni detectate prin intermediul modificărilor câmpurilor electrice și magnetice sau colectarea de date biometrice/EDA¹⁰. De asemenea, modalitățile de ieșire (output) pot fi vizuale (*e.g.*, semnale luminoase redată prin intermediul LED-uri încorporate), auditive, respectiv haptice (vibrații, forță). Tabelul 3 prezintă această clasificare.

Model inel smart	Modalitate de intrare							Modalitate de ieșire					
	Gest	Camera	Presiune	Câmp electric / magnetic	Atingere	Vibrații	Date biometrice	LED-uri	Vibrații	Sunet	Forță	Feedback propriu	Feedback dispozitiv interconectat
Ares (2018)					✓			✓	✓				
ChiTronic Magic (2018)				✓								✓	
CyclopsRing (Chan <i>et al.</i> , 2015)		✓			✓								✓
eRing (Wilhelm <i>et al.</i> , 2015), FingOrbits (Zhang <i>et al.</i> , 2017)	✓			✓									✓
EyeRing (Nanayakkara <i>et al.</i> , 2012)		✓			✓								✓
Frictio (Han <i>et al.</i> , 2017)			✓		✓						✓		
Helios (2018)							✓						✓
iRing (Ogata <i>et al.</i> , 2012)	✓		✓		✓								✓
Jakcom R3 (2018), Kerv (2018), Keydex (2018), NFC Ring (2018)				✓								✓	
LightRing (Kienzle și Hinckley, 2014)	✓												✓
Magic Ring (Jing <i>et al.</i> , 2013)	✓				✓							✓	✓
Moodmetric (2018), Motiv (2018), Oura (2018)							✓						✓
Nenya (Ashbrook <i>et al.</i> , 2011)				✓									✓
Nimb (2018), Siren (2018)					✓					✓			
Nod Ring (2018), Ring Zero (2018), Talon Ring	✓							✓	✓				



(2018)															
OctaRing (Lim et al., 2016)			✓		✓										✓
ORII (2018)						✓				✓					✓
Ringly (2018)					✓				✓	✓					✓
Ringteration (Ghosh et al., 2016)	✓				✓										✓
TypingRing (Nirjon et al., 2015)		✓													✓
VibRing (Bianchi și Je, 2017)						✓				✓					

Tabelul 3. Clasificarea inelelor smart în funcție de modalitățile de intrare și ieșire suportate

Analiza stadiului actual a scos în evidență o serie de limitări ale studiilor utilizator și experimentelor controlate din literatura domeniului realității augmentate privind evaluarea sistemelor și aplicațiilor (Kim *et al.* 2016, 2018; Dey *et al.* 2018) ce informează activitățile de proiectare și derulare a experimentelor științifice programate pentru etapa următoare a proiectului, respectiv direcții interesante de explorare privind aplicarea modelelor vederii umane (Schipor și Vataavu, 2017a, 2017b) pentru analiza sistemelor de augmentare senzorială / augmentare a vederii, precum și posibilități de obținere de noi date, informații și cunoștințe relevante pentru proiectarea de comenzi gestuale pentru operarea aplicațiilor de augmentare a vederii folosind dispozitive wearable smart, în special unele interactive. Aceste direcții vor fi considerate în cadrul activităților de proiectare, implementare și evaluare ale etapei următoare a proiectului de cercetare-dezvoltare aferentă anului 2019.

3. ALTE ACTIVITĂȚI DESFĂȘURATE ÎN CADRUL ETAPEI

În cadrul etapei nr. 1 de implementare a proiectului de cercetare-dezvoltare, lunile octombrie – decembrie 2018, au fost desfășurate următoarele activități specifice de management:

- Îndeplinirea formalităților legale pentru întocmirea contractelor de muncă pentru membrii echipei proiectului de cercetare-dezvoltare. Echipa proiectului constă în 5 membri, dintre care 3 dețin titlul de doctor (iar un membru are calitatea de conducător de doctorat în domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației) și doi doctoranzi în Calculatoare și Tehnologia Informației având teme de cercetare în acord cu tematica acestui proiect, și anume *“Interfețe utilizator gestuale pentru dispozitive mobile și wearable”* (drd. Ing. Bogdan-Florin Gheran), respectiv *“Tehnici de realitate augmentată pentru asistarea senzorială și cognitivă a utilizatorului”* (drd. ing. Adrian Aiordăchioae). Un membru al echipei este psiholog, doctor în psihologie.

- 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 din Suceava pentru desfășurarea activităților prevăzute în proiect.
- Îndeplinirea formalităților privind achiziția de dispozitive de ultimă generație necesare pentru implementarea activităților prevăzute în proiect pentru perioada următoare și obținerii de rezultate științifice relevante în acord cu scopul proiectului de cercetare-dezvoltare privind augmentarea vederii, constând în: camere de termoviziune (de tip Therm-App Basic 9Hz¹¹) pentru augmentarea vederii în alte domenii ale spectrului electromagnetic decât cel vizibil, drone dotate cu camere video de diverse rezoluții pentru augmentarea vederii sub forma de vedere la distanță prin intermediul ochelarilor accesorii de tip FPV – first-person view (de tip Parrot BEPOP 2 FPV¹² și Parrot MAMBO FPV¹³), respectiv ochelari cu microcamere video wireless încorporate (de tip SS-IP 13). De asemenea, în suportul acestor echipamente de cercetare au fost achiziționate în cadrul proiectului o serie de dotări sub forma de routere wireless pentru interconectarea dispozitivelor (drone, ochelari wireless) cu comunicație în rețele fără fir, respectiv o cameră video și carduri de memorie aferente pentru filmarea rezultatelor proiectului în vederea diseminării eficiente a acestor rezultate în comunitatea științifică, respectiv către publicul larg.
- Monitorizarea îndeplinirii activităților etapei și a obținerii rezultatelor așteptate pentru proiectul de cercetare-dezvoltare cu încadrarea în timpul de implementare și bugetul alocat.
- Pregătirea și redactarea documentației necesare în vederea obținerii acordului Comisiei de Etică a Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava, în conformitate cu procedura operațională USV PO-04 privind derularea de experimente științifice și colectarea de date experimentale de la subiecți umani, în special de la persoane cu dizabilități de vedere, adresate în mod direct în cadrul acestui proiect de cercetare-dezvoltare.
- Inițierea de colaborări 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 inițiată în această perioadă cu Prof. Jean Vanderdonckt (Université catholique de Louvain, Belgia) privind proiectarea unei taxonomii a cazurilor de augmentare a vederii bazată pe variabilele vizuale descrise în (Bertin, 1983; Bertin, 2010), respectiv (Carpendale, 2001), cum ar fi forma, culoarea, intensitatea culorii, textura, etc.
- Stabilirea legăturii cu Fundația de Binefacere a Nevăzătorilor din România “Orbul Bartimeu” (<http://orbulbartimeu.ro>), cu sediul în Suceava, în vederea identificării de persoane cu dizabilități de vedere pentru programarea și derularea de studii utilizator privind augmentarea vizuală. De

¹¹ <https://therm-app.com/product/therm-app-device-19mm-lens/>

¹² <https://www.parrot.com/us/drones/parrot-bebop-2-fpv>

¹³ <https://www.parrot.com/eu/drones/parrot-mambo-fpv>



asemenea, stabilirea legăturii cu Liceul Special Moldova, Târgu Frumos, Iași, care școlarizează elevi nevăzători și cu deficiențe de vedere din toată zona Moldovei (<http://liceulmoldova.ro>).

- Realizarea site-ului web al proiectului de cercetare-dezvoltare, funcțional și disponibil la adresa: <http://www.eed.usv.ro/mintviz/projects/Senses++>

În conformitate cu activitățile desfășurate, rezultatele științifice obținute în perioada octombrie – decembrie 2018 descrise în prezentul raport de cercetare, precum și în conformitate cu activitățile de management întreprinse în această etapă, considerăm obiectivele proiectului pentru etapa nr. 1 îndeplinite în procent de 100%.

REFERINȚE

- Ahn *et al.*, 2017 Sunggeun Ahn, Seongkook Heo, and Geehyuk Lee. 2017. Typing on a Smartwatch for Smart Glasses. In *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces (ISS '17)*. ACM, New York, NY, USA, 201-209. <https://doi.org/10.1145/3132272.3134136>
- Ashbrook *et al.*, 2011 Daniel Ashbrook, Patrick Baudisch, and Sean White. 2011. NENYA: subtle and eyes-free mobile input with a magnetically-tracked finger ring. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11)*. ACM, New York, NY, USA, 2043-2046. DOI: <https://doi.org/10.1145/1978942.1979238>
- Ares, 2018 Ares Smart ring, <http://www.buysmartrings.com/product/7-ares-smart-ring-silverpink/>
- Azuma, 1997 Ronald T. Azuma. 1997. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bar *et al.*, 2001 Bar M., Tootell R.B., Schacter D.L., Greve D.N., Fischl B., Mendola J.D., Rosen B.R., Dale A.M. 2001. Cortical mechanisms specific to explicit visual object recognition. *Neuron*. 2001 Feb;29(2):529-35. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11239441>
- Bekele *et al.*, 2018 Mafkereseb Kassahun Bekele, Roberto Pierdicca, Emanuele Frontoni, Eva Savina Malinverni, and James Gain. 2018. A Survey of Augmented, Virtual, and Mixed Reality for Cultural Heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage* 11, 2, Article 7 (March 2018), 36 pages. <https://doi.org/10.1145/3145534>
- Bertin, 1983 Jacques Bertin. 1983. *Semiology of Graphics*. University of Wisconsin Press. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1095597>
- Bertin, 2010 Jacques Bertin. 2010. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*, 1st

Edition. Esri Press

- Bianchi și Je, 2017 Andrea Bianchi and Seungwoo Je. 2017. Disambiguating touch with a smart-ring. In *Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference (AH '17)*. ACM, New York, NY, USA, Article 27, 5 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3041164.3041196>
- 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>
- Blinq, 2018 Blinq Smart Ring. 2018. <https://www.kickstarter.com/projects/904651122/blinq-smart-jewelry-worlds-1st-fine-jewelry-wearab/>
- Bobin *et al.*, 2016 Maxence Bobin, Margarita Anastassova, Mehdi Boukallel, and Mehdi Ammi. 2016. SyMPATHy: smart glass for monitoring and guiding stroke patients in a home-based context. In *Proceedings of the 8th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS '16)*. ACM, New York, NY, USA, 281-286. <https://doi.org/10.1145/2933242.2935870>
- Carpendale, 2001 Sheelagh Carpendale. 2001. Considering Visual Variables as a Basis for Information Visualisation. Technical Report 2008-02-27T16:50:21Z, University of Calgary. <https://prism.ucalgary.ca/handle/1880/45758>
- Chan *et al.*, 2015 Liwei Chan, Yi-Ling Chen, Chi-Hao Hsieh, Rong-Hao Liang, and Bing-Yu Chen. 2015. CyclopsRing: Enabling Whole-Hand and Context-Aware Interactions Through a Fisheye Ring. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST '15)*. ACM, New York, NY, USA, 549-556. DOI: <https://doi.org/10.1145/2807442.2807450>
- ChiTronic, 2018 ChiTronic Magic Smart Ring – IoT – Internet of Things, <https://iot.do/devices/chitronic-magic-smart-ring>
- Colley *et al.*, 2017 Ashley Colley, Virve Inget, Tuomas Lappalainen, and Jonna Häkkinä. 2017. Ring form factor: a design space for interaction. In *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '17)*. ACM, New York, NY, USA, 178-179. DOI: <https://doi.org/10.1145/3123021.3123055>
- Crick, 1984 Crick, F. 1984. Function of the thalamic reticular complex: the searchlight hypothesis. In *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. July 81(14):4586-4590. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6589612>
- 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>
- Gheran *et al.*, Bogdan-Florin Gheran, Jean Vanderdonckt, and Radu-Daniel Vatavu. 2018.



- 2018a 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>
- Gheran et al., 2018c Bogdan-Florin Gheran, Ovidiu-Ciprian Ungurean, Radu-Daniel Vatavu. (2018). Toward Smart Rings as Assistive Devices for People with Motor Impairments: A Position Paper. In *Proceedings of RoCHI '18, 15th International Conference on Human-Computer Interaction*. Matrix Rom, 99-106. <https://dblp.org/rec/conf/rochi/GheranUV18>
- Ghosh et al., 2016 Sarthak Ghosh, Hyeong Cheol Kim, Yang Cao, Arne Wessels, Simon T. Perrault, and Shengdong Zhao. 2016. Ringteraction: Coordinated Thumb-index Interaction Using a Ring. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '16)*. ACM, New York, NY, USA, 2640-2647. DOI: <https://doi.org/10.1145/2851581.2892371>
- Grossman et al., 2015 Tovi Grossman, Xiang Anthony Chen, and George Fitzmaurice. 2015. Typing on Glasses: Adapting Text Entry to Smart Eyewear. In *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 144-152. <https://doi.org/10.1145/2785830.2785867>
- Han et al., 2017 Teng Han, Qian Han, Michelle Annett, Fraser Anderson, Da-Yuan Huang, and Xing-Dong Yang. 2017. Frictio: Passive Kinesthetic Force Feedback for Smart Ring Output. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '17)*. ACM, New York, NY, USA, 131-142. DOI: <https://doi.org/10.1145/3126594.3126622>
- Helios, 2018 Helios e-Senses, <https://e-senses.com/>
- Jakcom, 2018 Jakcom Smart Ring R3 R3F, http://www.jakcom.com/R3_eng.html
- Jing et al., 2013 Lei Jing, Zixue Cheng, Yinghui Zhou, Junbo Wang, and Tongjun Huang. 2013. Magic Ring: a self-contained gesture input device on finger. In *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '13)*. ACM, New York, NY, USA, Article 39, 4 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/2541831.2541875>
- Jung et al., 2014 Jinki Jung, Jinwoo Jeon, Hyeopwoo Lee, Kichan Kwon, Jamal Zemerly, and Hyun

- Seung Yang. 2014. Augmented keyboard: a virtual keyboard interface for smart glasses. In *Proceedings of the 13th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI '14)*. ACM, New York, NY, USA, 159-164. DOI: <https://doi.org/10.1145/2670473.2670482>
- Kerv, 2018 The Kerv contactless payment ring, <https://kerv.com/en>
- Keydex, 2018 Keydex, <http://www.keydex.com.tw/en/products/NFC-RING-DATA.aspx>
- Kienzle și Hinckley, 2014 Wolf Kienzle and Ken Hinckley. 2014. LightRing: always-available 2D input on any surface. In *Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '14)*. ACM, New York, NY, USA, 157-160. DOI: <https://doi.org/10.1145/2642918.2647376>
- Kosslyn, 1999 Kosslyn, S.M. 1999. If neuroimaging is the answer, what is the question?. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. July 29; 354(1387): 1283–1294. <https://dx.doi.org/10.1098%2Frstb.1999.0479>
- Hellmund et al., 2018 Till Hellmund, Andreas Seitz, Juan Haladjian, and Bernd Bruegge. 2018. IPRA: Real-Time Face Recognition on Smart Glasses with Fog Computing. In *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers (UbiComp '18)*. ACM, New York, NY, USA, 988-993. <https://doi.org/10.1145/3267305.3274122>
- Hubel și Wiesel, 1968 Hubel, D.H., Wiesel, T.N. 1968. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *Journal of Physiology*. Mar;195(1):215-43. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4966457>
- Hubel și Wiesel, 2004 D.H. Hubel and T.N. Wiesel. 2004. Brain and visual perception: the story of a 25-year collaboration. Oxford University Press
- Kim et al., 2016 Kim, K., Bruder, G., Maloney, D., & Welch, G. (2016). The Influence of Real Human Personality on Social Presence with a Virtual Human in Augmented Reality. The Eurographics Association. <https://doi.org/10.2312/egve.20161443>
- 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>
- Kinateder et al., 2018 Kinateder, M., Gualtieri, J., Dunn, M. J., Jarosz, W., Yang, X.-D., & Cooper, E. A. (2018). Using an Augmented Reality Device as a Distance-based Vision Aid-Promise and Limitations. *Optometry and Vision Science: Official Publication of the American Academy of Optometry*, 95(9), 727–737. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001232>
- Liang et al., 2012 Hai-Ning Liang, Cary Williams, Myron Semegen, Wolfgang Stuerzlinger, and



- Pourang Irani. 2012. User-defined surface+motion gestures for 3d manipulation of objects at a distance through a mobile device. In *Proceedings of the 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction (APCHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 299-308. DOI: <https://doi.org/10.1145/2350046.2350098>
- Lim et al., 2016 Hyunchul Lim, Jungmin Chung, Changhoon Oh, SoHyun Park, and Bongwon Suh. 2016. OctaRing: Examining Pressure-Sensitive Multi-Touch Input on a Finger Ring Device. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16 Adjunct)*. ACM, New York, NY, USA, 223-224. DOI: <https://doi.org/10.1145/2984751.2984780>
- Marr, 1982 D. Marr. 1982. Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. MIT Press
- McCall et al., 2015 R. McCall, B. Martin, A. Popleteev, N. Louveton, and T. Engel. 2015. Text entry on smart glasses. In *Proceedings the 8th International Conference on Human System Interaction (HSI 2015)*. 195–200. <https://doi.org/10.1109/HSI.2015.7170665>
- Milgram et al., 1995 Paul Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino. 1995. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Proceedings of Telemanipulator and Telepresence Technologies*. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Moodmetric, 2018 The Moodmetric ring and app, <http://www.moodmetric.com/>
- Motiv Ring, 2018 Motiv Ring 24/7 Smart ring Fitness + Sleep tracking, <https://mymotiv.com/>
- Nanayakkara et al., 2012 Suranga Nanayakkara, Roy Shilkrot, and Pattie Maes. 2012. EyeRing: an eye on a finger. In *Proceedings of the CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '12)*. ACM, New York, NY, USA, 1047-1050. DOI: <https://doi.org/10.1145/2212776.2212382>
- NFC Payment Ring, 2018 NFC Payment Ring – Infineon Technologies <https://www.infineon.com/cms/en/product/promopages/nfc-payment-ring>
- Nimb, 2018 Nimb: Smart Ring with a panic button, <https://nimb.com/>
- Nirjon et al., 2015 Shahriar Nirjon, Jeremy Gummeson, Dan Gelb, and Kyu-Han Kim. 2015. TypingRing: A Wearable Ring Platform for Text Input. In *Proceedings of the 13th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys '15)*. ACM, New York, NY, USA, 227-239. <https://doi.org/10.1145/2742647.2742665>
- Nod, 2018 Nod, <https://nod.com/products>
- Ogata et al., 2012 Masa Ogata, Yuta Sugiura, Hirotaka Osawa, and Michita Imai. 2012. iRing: intelligent ring using infrared reflection. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '12)*. ACM, New York,

- NY, USA, 131-136. DOI: <https://doi.org/10.1145/2380116.2380135>
- Orii, 2018 ORII, The Voice Powered Smart Ring, <https://www.orii.io/>
- Oura Ring, 2018 Oura Ring, the most accurate sleep and activity tracker, <https://ouraring.com/>
- Popleteev *et al.*, 2015 Andrei Popleteev, Nicolas Louveton, and Roderick McCall. 2015. Colorizer: Smart Glasses Aid for the Colorblind. In *Proceedings of the 2015 workshop on Wearable Systems and Applications (WearSys '15)*. ACM, New York, NY, USA, 7-8. <http://dx.doi.org/10.1145/2753509.2753516>
- Ring Zero, 2018 Ring Zero, <https://logbar.jp/en> Available at <https://web.archive.org/web/20170309191236/http://ringzero.logbar.jp>
- Ringly, 2018 Ringly, Smart Jewelry and Accessories, <https://ringly.com/>
- Schipor și Vatavu, 2017a Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. 2017a. Neurobiological and Neurocognitive Models of Vision for Touch Input on Mobile Devices. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. IEEE Press, 353-356. <https://doi.org/10.1109/EHB.2017.7995434>
- Schipor și Vatavu, 2017b Maria Doina Schipor, Radu-Daniel Vatavu. 2017b. Coping Strategies of People with Low Vision for Touch Input: A Lead-in Study. In *Proceedings of EHB '17, the 6th IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering*. IEEE Press, 357-360. <http://dx.doi.org/10.1109/EHB.2017.7995435>
- Schönauer *et al.*, 2015 Christian Schönauer, Annette Mossel, Ionut-Alexandru Zaiti, Radu-Daniel Vatavu. (2015). Touch, Movement & Vibration: User Perception of Vibrotactile Feedback for Touch and Mid-Air Gestures. In *Proceedings of INTERACT'15, the 15th IFIP TC.13 International Conference on Human-Computer Interaction*. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-22723-8_14
- Seyed *et al.*, 2012 Teddy Seyed, Chris Burns, Mario Costa Sousa, Frank Maurer, and Anthony Tang. 2012. Eliciting usable gestures for multi-display environments. In *Proceedings of the 2012 ACM international conference on Interactive tabletops and surfaces (ITS '12)*. ACM, New York, NY, USA, 41-50. <https://doi.org/10.1145/2396636.2396643>
- Siren, 2018 Siren. Beautiful, powerful, smart. Siren ring, <https://sirenring.com/>
- Shilkrot *et al.*, 2015 Roy Shilkrot, Jochen Huber, Jürgen Steimle, Suranga Nanayakkara, and Pattie Maes. 2015. Digital Digits: A Comprehensive Survey of Finger Augmentation Devices. *ACM Comput. Surv.* 48, 2, Article 30 (November 2015), 29 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/2828993>
- Szpiro *et al.*, 2016a Sarit Felicia Anais Szpiro, Shafeka Hashash, Yuhang Zhao, and Shiri Azenkot. 2016. How People with Low Vision Access Computing Devices: Understanding Challenges and Opportunities. In *Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '16)*. ACM, New York, NY, USA,



- 171-180. <https://doi.org/10.1145/2982142.2982168>
- Szpiro *et al.*, 2016b Sarit Szpiro, Yuhang Zhao, and Shiri Azenkot. 2016. Finding a store, searching for a product: a study of daily challenges of low vision people. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '16)*. ACM, New York, NY, USA, 61-72.
<https://doi.org/10.1145/2971648.2971723>
- Talon, 2018 TALON, <https://www.talonring.com/>
- Tanuwidjaja *et al.*, 2014 Enrico Tanuwidjaja, Derek Huynh, Kirsten Koa, Calvin Nguyen, Churen Shao, Patrick Torbett, Colleen Emmenegger, and Nadir Weibel. 2014. Chroma: a wearable augmented-reality solution for color blindness. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '14)*. ACM, New York, NY, USA, 799-810.
<https://doi.org/10.1145/2632048.2632091>
- Thomas, 2012 Bruce H. Thomas. 2012. A survey of visual, mixed, and augmented reality gaming. *Computers in Entertainment* 10, 1, Article 3 (December 2012), 33 pages.
<http://dx.doi.org/10.1145/2381876.2381879>
- Vatavu și Zaiți, 2014 Radu-Daniel Vatavu and Ionut-Alexandru Zaiti. 2014. Leap gestures for TV: insights from an elicitation study. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video (TVX '14)*. ACM, New York, NY, USA, 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1145/2602299.2602316>
- 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 *et al.*, 2016 Radu-Daniel Vatavu, Annette Mossel, and Christian Schönauer. 2016. Digital vibrons: understanding users' perceptions of interacting with invisible, zero-weight matter. In *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 217-226. DOI: <https://doi.org/10.1145/2935334.2935364>
- Vatavu, 2017 Radu-Daniel Vatavu. 2017. Visual Impairments and Mobile Touchscreen Interaction: State-of-the-Art, Causes of Visual Impairment, and Design Guidelines. *International Journal of Human-Computer Interaction* 33 (6). Taylor & Francis, 486-509. <http://dx.doi.org/10.1080/10447318.2017.1279827>
- Wave, 2018 Wave – control sounds with motion. 2018.
<https://www.indiegogo.com/projects/wave-control-sounds-with-motion-music->

[technology#/](#)

- Wilhelm *et al.*, 2015 Mathias Wilhelm, Daniel Krakowczyk, Frank Trollmann, and Sahin Albayrak. 2015. eRing: multiple finger gesture recognition with one ring using an electric field. In *Proceedings of the 2nd international Workshop on Sensor-based Activity Recognition and Interaction (iWOAR '15)*. ACM, New York, NY, USA, Article 7, 6 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/2790044.2790047>
- 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>
- Ward *et al.*, 2000 David J. Ward, Alan F. Blackwell, and David J. C. MacKay. 2000. Dasher—a data entry interface using continuous gestures and language models. In *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '00)*. ACM, New York, NY, USA, 129-137. <http://dx.doi.org/10.1145/354401.354427>
- Wang *et al.*, 2018 Chen Wang, Xintong Zhu, Xiguang Wang, Xiaomeng Yan, Zhenzheng Wang, Yong Wang, Jing Ju, and Yusong Yang. 2018. Monitoring the Emotional Flow of Blind People by Using Physiological Sensors and Smart Glasses. In *Proceedings of the 2018 ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive Systems (DIS '18 Companion)*. ACM, New York, NY, USA, 339-342. <https://doi.org/10.1145/3197391.3205401>
- Xu *et al.*, 2015 Weitao Xu, Yiran Shen, Neil Bergmann, and Wen Hu. 2015. Poster: Robust and Efficient Sensor-assisted Face Recognition System on Smart Glass. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '15)*. ACM, New York, NY, USA, 379-380. <https://doi.org/10.1145/2809695.2817873>
- Yoon *et al.*, 2016 Sang Ho Yoon, Yunbo Zhang, Ke Huo, and Karthik Ramani. 2016. TRing: Instant and Customizable Interactions with Objects Using an Embedded Magnet and a Finger-Worn Device. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16)*. ACM, New York, NY, USA, 169-181. DOI: <https://doi.org/10.1145/2984511.2984529>
- Yu *et al.*, 2015 Chih-Hsiang Yu, Wen-Wei Peng, Shys-Fan Yang-Mao, Yuan Wang, Winyu Chinthammit, and Henry Been-Lirn Duh. 2015. A hand gesture control framework on smart glasses. In *SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications (SA '15)*. ACM, New York, NY, USA, Article 16, 4 pages. <https://doi.org/10.1145/2818427.2818444>
- Yu *et al.*, 2016 Chun Yu, Ke Sun, Mingyuan Zhong, Xincheng Li, Peijun Zhao, and Yuanchun Shi. 2016. One-Dimensional Handwriting: Inputting Letters and Words on Smart



- Glasses. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*. ACM, New York, NY, USA, 71-82.
<https://doi.org/10.1145/2858036.2858542>
- Zhang *et al.*, 2017 Cheng Zhang, Xiaoxuan Wang, Anandghan Waghmare, Sumeet Jain, Thomas Ploetz, Omer T. Inan, Thad E. Starner, and Gregory D. Abowd. 2017. FingOrbits: interaction with wearables using synchronized thumb movements. In *Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '17)*. ACM, New York, NY, USA, 62-65. DOI: <https://doi.org/10.1145/3123021.3123041>
- 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.
<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

