

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

Titlul proiectului: Noi modele și tehnologie software de realitate extinsă pentru medii interactive cu condiții extreme (Novel Extended Reality Models and Software Framework for Interactive Environments with Extreme Conditions)

Nr. contractului: 2BMBE/2025

Durata proiectului: 12 luni (ianuarie – decembrie 2025)

Partener român: Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava

Director de proiect: Prof. Radu-Daniel Vatavu

Partener străin: Prof. Jean Vanderdonckt, Université catholique de Louvain

Obiectivele generale urmărite: Proiectul își propune explorarea de modele și tehnologie software de realitate extinsă (XR) pentru simularea și evaluarea experienței utilizator (UX) în medii cu condiții extreme, cum ar fi cele cu constrângeri senzoriale/fizice în pregătirea misiunilor spațiale, prin combinarea expertizei partenerilor în domeniile interacțiunii om-calculator, XR și ingineriei software. În acest scop, introducem conceptul eXtreme eXtended Reality (XXR) ce vizează medii extreme, neconvenționale și pregătirea misiunilor spațiale.

Obiectivele fazei de execuție/proiectului: 1. Realizarea unei analize critice privind aplicarea tehnologiei XR în medii cu condiții extreme prin aplicarea metodei SLR pentru sistematizarea cunoașterii în comunitatea științifică. 2. Dezvoltarea unui model conceptual și spațiu de proiectare a interacțiunilor în cadrul XXR cu scopul de a contextualiza aplicarea tehnologiei XR în medii extreme cu constrângeri senzoriale/fizice bazate pe conceptul realităților senzomotorii și transferabilitatea experienței utilizator la nivel interplanetar. 3. Implementarea unei aplicații software de tip XXR pentru experiența deplasării în diverse medii gravitaționale și colaborări cu Euro Space Center, Belgia și NASA Mars Desert Research Station, Utah, USA.

Pagina web a proiectului: <https://mintviz.usv.ro/projects/XXR>

DESCRIEREA ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ, CU PUNEREA ÎN EVIDENȚĂ A REZULTATELOR FAZEI ȘI GRADUL DE REALIZARE A OBIECTIVELOR (SE VOR INDICA REZULTATELE)

Într-o primă etapă, am realizat o analiză critică a literaturii științifice privind tehnologia XR și medii cu condiții extreme în vederea adresării obiectivului nr. 1 al proiectului. În acest sens, am desfășurat un studiu folosind principiile metodologice SLR (Systematic Literature Review, conform [Siddaway et al., 2019](#)), centrat pe folosirea cuvântului cheie “extreme” în literatura științifică indexată în ACM DL, cea mai cuprinzătoare bază de date electronică din domeniul calculatoarelor și tehnologiei informației (772,070 înregistrări în ACM Full-Text Collection la momentul realizării studiului). Interogarea “query”: {Title: (extreme)} “filter”: {ACM Content: DL} a condus la 731 de rezultate, pe care le-am analizat în conformitate cu următoarele criterii de eligibilitate:

- *EC1. Disponibilitatea textului integral și evaluare expert (peer-review).* Textul integral trebuie să fie disponibil, în limba engleză și să fi fost evaluat printr-un proces de peer review, caracteristic diseminării în comunitatea științifică, e.g., articole publicate în conferințe sau reviste, dar nu rezumate, prezentări de tip keynote, paneluri, tutoriale. În urma aplicării acestui criteriu, am exclus 36 de rezultate (4,9%).
- *EC2. Specificitatea contribuțiilor științifice pentru domeniul interacțiunii om-calculator (HCI).* Am exclus lucrările în care termenul “extreme” a fost folosit în afara contextului specific domeniului HCI, de exemplu în cadrul expresiilor precum “extreme programming” sau “extreme learning machines”. În urma aplicării acestui criteriu, am exclus 656 de rezultate (89,7%).

- *EC3. Folosire explicită, fără termeni buzzword.* Am exclus lucrările în care termenul “extreme” a fost folosit doar ca element de marketing sau ca o expresie atrăgătoare; de exemplu, am exclus “Extremes of User Experience and Design Thinking: Beards and Mustaches” ([Marcus, 2016](#)), întrucât textul lucrării nu a utilizat deloc termenul căutat. În urma aplicării acestui criteriu, am eliminat 9 rezultate (1,2%).
- *EC4. Caracter distinct al contribuțiilor științifice.* Atunci când aceeași cercetare a fost publicată de aceeași autori în forme diferite, de exemplu un poster urmat de un articol complet, am păstrat doar versiunea cea mai cuprinzătoare. În urma aplicării acestui criteriu, am exclus două rezultate (0,3%).

Setul final este alcătuit din 28 de lucrări științifice publicate între anii 2000-2025, din care am extras informații privind tehnologiile și contextele aplicative caracterizate ca fiind extreme de către autori. În acest scop, am folosit cadrul teoretic propus de către [Calvary et al. \(2003\)](#) cu trei clase de entități ce definesc contextul de utilizare al sistemelor interactive (utilizatori, platforme și medii) și am scos în evidență:

- **Utilizatori extremi**, e.g., utilizatori care dobândesc abilități neobișnuite sau manifestă comportamente exagerate ce sunt facilitate de anumite platforme sau condiții de mediu.
- **Platforme extreme**, e.g., tehnologii sub formă de sisteme, dispozitive și aplicații care împing limitele proiectării sistemelor interactive, precum ar fi simulările multisenzoriale profund imersive.
- **Medii extreme**, e.g., medii caracterizate prin condiții fizice severe sau situații riscante ce pot avea un impact major asupra vieții și sănătății utilizatorilor.

Am realizat analiza literaturii științifice în legătură directă cu conotațiile termenului “extrem”, pentru care am identificat o serie de **roluri descriptive, referențiale și culturale** (figura 1) cu impact asupra fiecăruia dintre elementele contextului de utilizare a sistemelor interactive (figura 2), e.g., input vs. output pentru platforme.

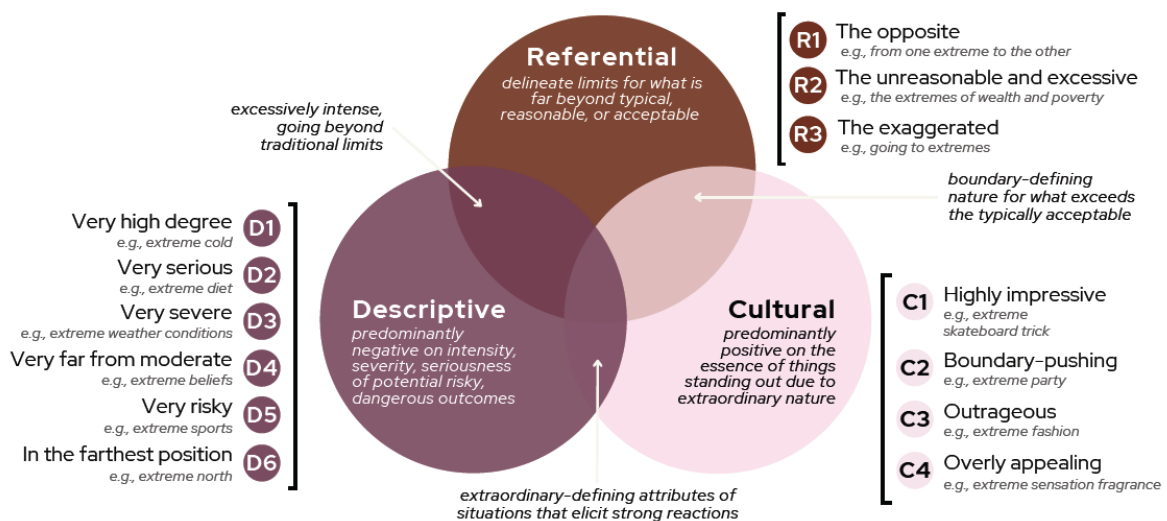


Figura 1. Conotațiile termenului “extrem” cu trei roluri: referențial, descriptiv și cultural; a se vedea figura 2 pentru aceste sensuri folosite în spațiul conceptual XXR. Alegerea unei diagrame Venn ilustrează suprapunerile semantice ale acestor roluri în limbajul cotidian. Mai multe detalii în [Vatavu și Vanderdonckt \(2025\)](#).

Prin definiție, conceptul de “extrem” depășește ceea ce este tipic, moderat sau rezonabil și, în consecință, necesită abordări specifice pentru examinarea sa din punct de vedere științific. În cercetarea din domeniul HCI, acest lucru presupune înțelegerea comportamentului utilizatorilor care este atipic în raport cu cel al utilizatorului mediu sau obișnuit, explorarea proiectării sistemelor interactive neconvenționale față de normele și standardele

existente, precum și proiectarea interacțiunilor în medii caracterizate prin condiții fizice sau psihologice extreme. Rezultatele noastre privind utilizatorii, platformele sau mediile extreme, obținute în urma analizei sistemelor din literatura de specialitate, conturează o taxonomie pentru contexte extreme cu diverse oportunități de explorare în comunitatea științifică, pe baza căreia propunem spațiul conceptual XXR. În acest spațiu, abordarea conotațiilor negative cât și a celor pozitive ale termenului poate crește semnificativ implicațiile în HCI; de exemplu, mediile extreme, cum ar fi cele ostile, periculoase și cu nivel ridicat de risc, conduc la proiectarea de tehnologii interactive care permit utilizatorilor să își mențină eficiența în condiții limită; în același timp, funcționalitățile extreme oferite de noi dispozitive și simulatoare VR/XR permit experiențe utilizator ieșite din comun. Aceste rezultate au fost publicate în [Vatavu și Vanderdonckt \(2025\)](#), unde poate fi regăsită o discuție mai amplă.

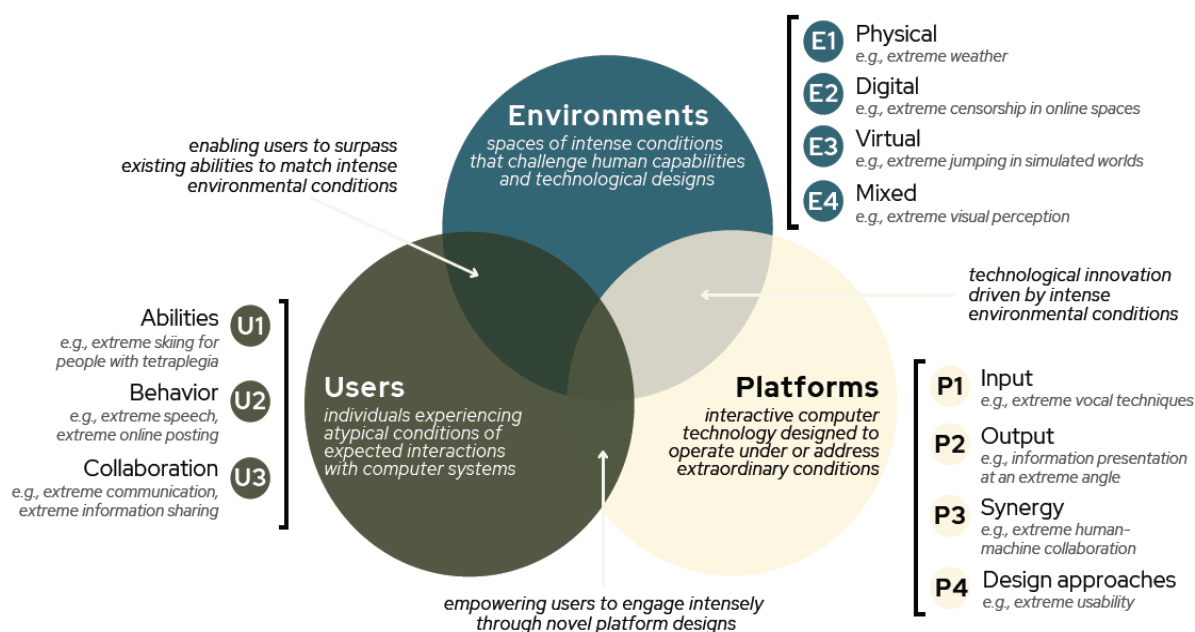


Figura 2. Spațiu conceptual cu elemente/dimensiuni ale contextului de utilizare (utilizatori, platforme și medii), cărora le sunt aplicate conotațiile termenului “extrem”. Alegerea unei diagrame Venn pentru reprezentarea spațiului permite ilustrarea intersecțiilor perechilor de dimensiuni; detalii în [Vatavu și Vanderdonckt \(2025\)](#).

Cele trei elemente ale contextului de utilizare (**utilizatori extremi, platforme extreme și medii extreme**) se constituie în dimensiuni distincte pentru spațiul conceptual XXR dedicat interacțiunilor de acest tip. Susținut de tehnologiile caracteristice realității extinse (XR), acest spațiu conceptual reprezintă totodată și un spațiu de proiectare pentru realitatea extinsă extremă (XXR), în cadrul căruia fiecare dimensiune este caracterizată prin:

- Utilizatorii extremi sunt definiți de (i) **abilitățile pe care le dobândesc**, e.g., ski extrem pentru persoane cu tetraplegie, (ii) **comportamentul pe care îl afișează**, e.g., discurs extrem sau postări extreme în mediul online, respectiv (iii) **colaborare extremă**, e.g., comunicarea și partajarea informației în situații extreme. De exemplu, pentru a sprijini persoanele cu tetraplegie în a participa la sporturi extreme, [Alsalem et al. \(2019\)](#) au proiectat Tetra-Ski, un scaun de schi ce poate fi controlat cu un joystick sau un dispozitiv Sip-and-Puff, fie independent fie colaborativ alături de un schior partener. Discursul extrem, examinat în [Panda et al. \(2020\)](#), precum și conținutul emoțional ce generează sentimente extreme ([Pais et al., 2020](#)) pot conduce la victime în mediul online, instigări la ură, cazuri de depresie sau chiar tendințe suicidare ([Thareja, 2024](#)); de asemenea, comportamentul online extrem se reflectă în

activitatea de postare a anumitor utilizatori caracterizată prin creșteri și scăderi bruște ca răspuns la evenimente critice ([Samuels și Taylor, 2020](#)) sau o activitate de postare neobișnuit de intensă ([Zheng și Gupta, 2019](#)). Colaborări extreme au fost reflectate de Ajna ([Wilchek et al., 2025](#)), un sistem portabil de realitate augmentată proiectat pentru situații de urgență când trebuie menținută o colaborare eficientă dintre persoane activând în domeniile apărării, salvării și căutării, respectiv gestionării infrastructurii.

- Platformele extreme sunt specificate prin **(i) modalitățile și tehnicile de intrare/input**, e.g., tehnici vocale extreme, **(ii) modalitățile și tehnicile de ieșire/output**, e.g., prezentarea informației pe un ecran dintr-o perspectivă extremă, **(iii) sinergia dintre intrare și ieșire**, e.g., colaborări extreme om-calculator, **(iv) strategii de proiectare**, e.g., utilizabilitate extremă. De exemplu, [Holzinger et al. \(2024\)](#) au prezentat o soluție bazată pe rețele neuronale pentru feedback în timp interactiv asupra tehnicilor vocale extreme, cum ar fi țipete de tip False-Cord/Fry cu cerințe fizice ce presupun un control ridicat al corzilor vocale și al respirației. Configurații spațiale extreme au fost abordate de [Sandnes \(2022\)](#), care a explorat vizualizarea informațiilor sub diverse distorsiuni perceptuale, respectiv în [Kirshenbaum et al. \(2019\)](#) privind lucrul colaborativ pe ecrane mari cu utilizatori poziționați la marginile extreme, ceea ce determină o vizibilitate redusă. În ceea ce privește sinergia input-output, proiectul TransVision realizat de [Li et al. \(2018\)](#) cuprinde mașini perceptuale ce oferă vedere hipersensibilă, hiperconcentrată și hiper-comodizată, punând accent pe modul în care percepția vizuală este influențată de mediile digitale. În final, strategiile de proiectare includ utilizabilitatea extremă ([Burns și Formosa, 2003](#)) sau proiectarea extremă ([Silva et al., 2006](#)), ce combină prototipare și schițare în interacțiunile om-calculator.
- Mediile extreme sunt specificate de natura acestora, care poate fi **(i) fizică**, e.g., vreme extremă, **(ii) virtuală**, e.g., sărituri extreme într-o lume virtuală, **(iii) digitală**, e.g., cenzură extremă în mediul online, respectiv **(iv) mixtă**, e.g., percepție vizuală extremă. De exemplu, pentru utilizatorii care activează în medii cu caracteristici fizice severe, cum ar fi pompierii, expunerea la diverse riscuri a fost abordată printr-o proiectare tehnologică specifică, cum ar fi proiectarea de echipamente de protecție cu senzori pentru monitorizarea datelor fiziologice ([Salim et al., 2014](#)) și a nivelului de stres ([Scheuermann et al., 2020](#)) în vederea creșterii siguranței operaționale. În mediile digitale, [Lu et al. \(2017\)](#) au examinat accesul utilizatorilor la servicii legale de Internet, precum Google Scholar, dar în condiții de cenzură extremă. De asemenea, utilizarea excesivă a platformelor tehnologice, cum ar fi telefoanele inteligente, duce la medierea tuturor interacțiunilor cu lumea fizică într-un grad extrem ([Faiola și Srinivas, 2014](#)), ceea ce afectează starea psihologică, activitatea fizică și implicarea cu mediul fizic înconjurător.

Ținând cont de diversitatea naturii mediilor implicate, de la fizic la digital, virtual și mixt, spațiul XXR permite adresarea într-o manieră unitară a condițiilor extreme din medii diferite. Dimensiunea utilizatorilor extremi, cu condiții specifice privind abilitățile, comportamentul și colaborarea, se află în legătură directă cu principiile realității sensorimotorii ([Vatavu, 2022](#)), unde tehnologia mediază abilitățile. Dimensiunea platformelor extreme presupune reutilizarea tehnologiei dezvoltate în condiții terestre pentru spații extraterestre, conform principiilor transferabilității la nivel interplanetar ([Vanderdonck et al., 2024](#)). De asemenea, granularitatea spațiului XXR ($3 \times 4 \times 4 = 48$ combinații) permite explorarea unei game largi de interacțiuni extreme, e.g., utilizatori cu abilități extreme ce folosesc modalități extreme de ieșire în medii de realitate mixtă. Aceste rezultate reprezintă atingerea obiectivului nr. 2 al proiectului. Pentru a demonstra oportunitățile oferite de spațiul XXR, am continuat în cadrul etapei cu activități de implementare software și am dezvoltat o aplicație pentru simularea experienței deplasării

în medii cu diverse condiții gravitaționale. Din considerente de portabilitate a aplicației pentru rulare pe diferite platforme, am ales pentru implementare tehnologii și standarde web, precum TypeScript, biblioteca three.js¹ pentru crearea și redarea de grafică 3D și lumi virtuale cu compatibilitate WebGL, Blender și Webpack pentru transpunerea codului TypeScript într-un cod comprimat JavaScript și execuție eficientă. Elementele specifice mediului gravitațional au fost simulate folosind un algoritm de vizualizare a deplasării ca răspuns la acțiunile utilizatorului de a alerga și sări în spațiul virtual. Tranziția între diverse condiții a fost realizată prin schimbarea texturilor și caracteristicilor fizice ale mediilor implicate. Figura 3 prezintă două capturi de ecran din timpul deplasării în condiții de gravitație corespunzătoare planetei Marte (3.71m/s^2) și Lunii (1.62m/s^2).

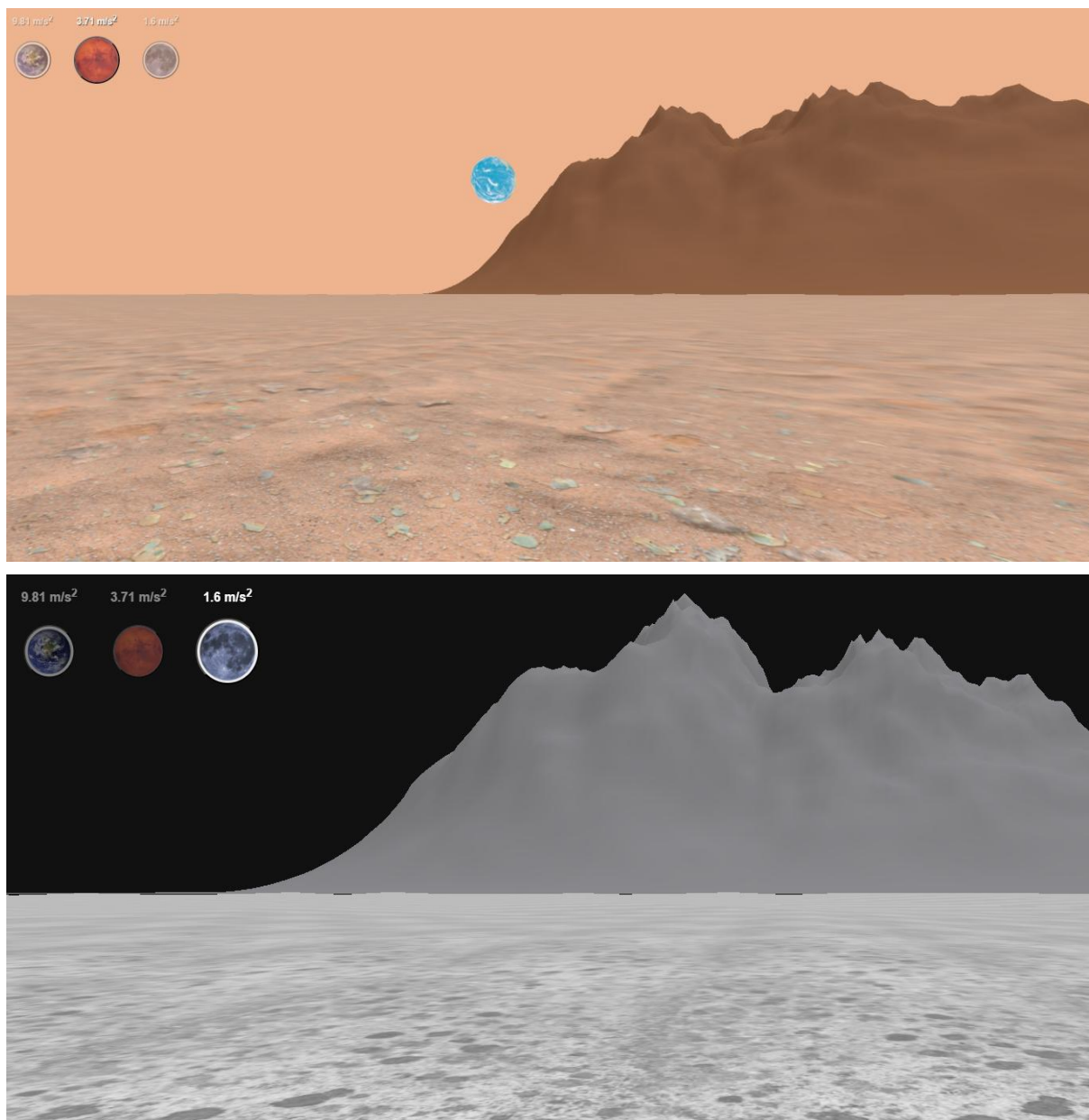


Figura 3. Capturi de ecran din aplicația dezvoltată în cadrul etapei pentru simularea deplasării în diverse medii gravitaționale. Deplasarea este realizată prin acțiuni de alergare și sărituri a căror rezultat este determinat de caracteristicile gravitaționale ale mediului traversat. O demonstrație este disponibilă pe pagina proiectului.

¹ <https://threejs.org/>

Codul sursă al aplicației software este disponibil pentru descărcare în regim open-source sub o licență New BSD License de pe pagina web a proiectului de cercetare-dezvoltare.

Am continuat cu evaluarea experienței utilizator (UX) în medii caracterizate de condiții fizice extreme, pentru care am realizat experimente și studii. Rezultatele au fost publicate în trei lucrări științifice: [Vanderdonckt et al. \(2025a\)](#), [Vanderdonckt et al. \(2025b\)](#) și [Hilgers et al. \(2025\)](#). În continuare, prezentăm pe scurt câteva rezultate experimentale din cadrul acestor studii, obținute în misiunile efectuate la Mars Desert Research Station (MDRS), Utah, USA² (o fotografie reprezentativă este prezentată în figura 4).



Figura 4. Fotografie realizată cu ocazia unei misiuni la Mars Desert Research Station redând un mediu caracterizat prin condiții extreme și izolare, ce pot afecta starea fizică și psihologică. De remarcat peisajul pustiu, lumina puternică a soarelui, echipamentul voluminos. În acest cadru, am realizat studii privind experiența utilizator în interacțiunea cu diverse sisteme informatice, având ca reper un mediu convențional de laborator.

În cadrul unui prim experiment, șase participanți (trei bărbați și trei femei cu vârste cuprinse între 26 și 31 de ani, $M=26.6$ ani) au petrecut două săptămâni la MDRS. Înainte de a ajunge la stație, toți membrii echipajului au urmat proceduri speciale de antrenament fizic, cum ar fi exerciții de rezistență în condiții de microgravitație sau gravitație diferită prin simulări pe Marte cu ajutorul unei instalații XR (figura 5) la Euro Space Center.

Pentru evaluarea UX, am adoptat metoda și instrumentul UEQ+,³ o extindere modulară a chestionarului UEQ⁴ (User Experience Questionnaire), care acoperă dimensiuni pragmatice și hedonice ale experienței percepute:

- **Atractivitatea:** Care este impresia generală asupra sistemului? Utilizatorilor le place sau nu?
- **Eficiența:** Pot utilizatorii să-și îndeplinească sarcinile fără efort inutil? Reacționează sistemul rapid?
- **Perspiciacitatea:** Cât de ușoară este de învățat utilizarea sistemului?
- **Fiabilitatea:** Ce impresie oferă sistemul privind controlul asupra interacțiunii?
- **Stimularea:** Este folosirea sistemului interesantă și motivantă? Este sistemul distractiv?
- **Noutatea:** Este designul sistemului creativ? Captează interesul utilizatorilor?

² <https://mars-desert-research-station.raiselysite.com/>

³ UEQ+. A Modular Extension of the User Experience Questionnaire <https://ueqplus.ueq-research.org/>

⁴ UEQ, User Experience Questionnaire. <https://www.ueq-online.org/>

- **Încrederea:** Ce cred utilizatorii despre securitatea datelor din cadrul sistemului, precum și despre riscul ca acestea să fie folosite abuziv?
- **Adaptabilitatea:** Ce impresie oferă sistemul privind capacitatea de a se adapta preferințelor personale?
- **Utilitatea:** Oferă utilizarea sistemului avantaje reale?
- **Valoarea:** Transmite designul sistemului o impresie profesională și de înaltă calitate?
- **Estetica:** Este sistemul atractiv?
- **Folosirea intuitivă:** Poate fi folosit sistemul imediat, fără instruire sau asistență?
- **Experiența haptică:** Care este senzația generată de atingerea și manipularea fizică a sistemului?
- **Încrederea în conținut:** Ce impresie oferă sistemul privind calitatea informațiilor furnizate?

Procedura experimentală a presupus organizarea a patru sesiuni (S1-S4), desfășurate pe parcursul celor două săptămâni ale misiunii (figura 6). Prima sesiune, reprezentând condiția de control, a avut loc în condiții tipice de lucru iar restul au fost realizate la MDRS la intervale de 4 (S2), 8 (S3) și 12 zile (S4). Figura 7 prezintă scorurile medii și importanța asociată pentru dimensiunile UX, cu sesiunea S1 utilizată ca și condiție de control și S4 reprezentând condiția cea mai extremă a experimentului. De exemplu, două dintre dimensiuni încep cu o ușoară tendință negativă în sesiunea S1, Perspicacitatea ($M=-0,22$, $SD=1,36$) și Estetica ($M=-0,34$, $SD=1,63$), însă ambele se regăsesc în zona neutră $[-0,8;0,8]$, în conformitate cu recomandările de interpretare din UEQ+. Restul dimensiunilor încep cu scoruri pozitive în sesiunea S1, dintre care opt ($8/14=57,1\%$) depășesc pragul de 0,8. Dimensiunile UX cu cele mai mari scoruri înregistrate în condiția extremă reprezentată de sesiunea S4 au fost, în ordine, Noutatea ($M=1,88$, $SD=0,48$), Încrederea ($M=1,66$, $SD=0,77$) și Fiabilitatea ($M=1,63$, $SD=1,14$). Pentru mai multe detalii, a se vedea lucrarea [Vanderdonckt et al. \(2025a\)](#).



Figura 5. Facilități utilizate pentru antrenamentul participanților la studiile organizate în medii cu condiții extreme, incluzând exerciții de rezistență în condiții de microgravitație într-un mediu acvatic (stânga și mijloc) și experiențe simulate de mers pe Marte folosind o instalație de realitate extinsă (fotografia din dreapta).

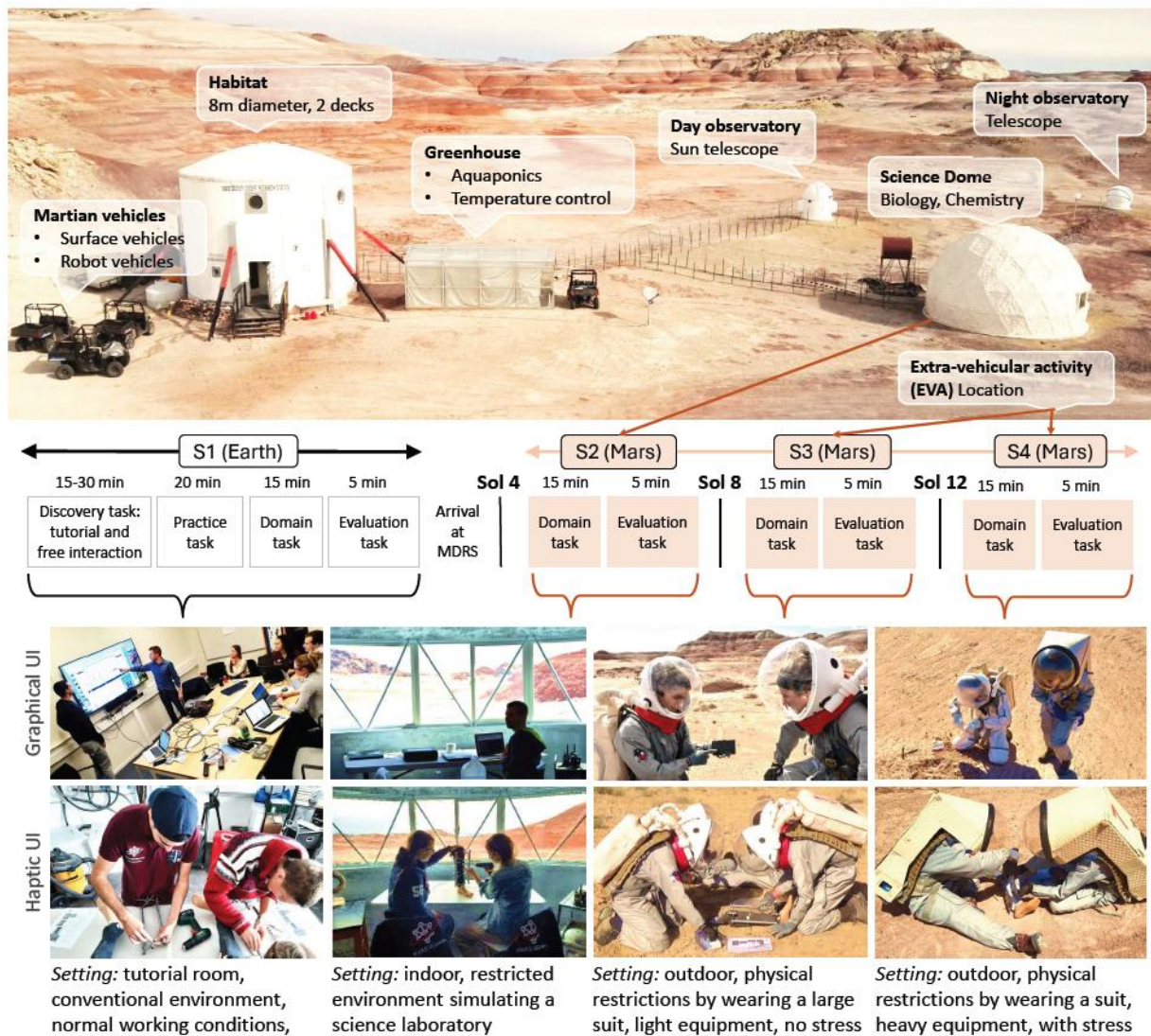


Figura 6. Partea de sus: Mars Desert Research Station, unde au avut loc sesiunile S2-S4 ale experimentului.

Jos: cronologia diferitelor etape ale procedurii experimentale: descoperire, exersare și repetări ale unei sarcini, urmate de evaluarea acestora în cadrul fiecărei sesiuni S1-S4. Detalii în [Vanderdonckt et al. \(2025a\)](#).

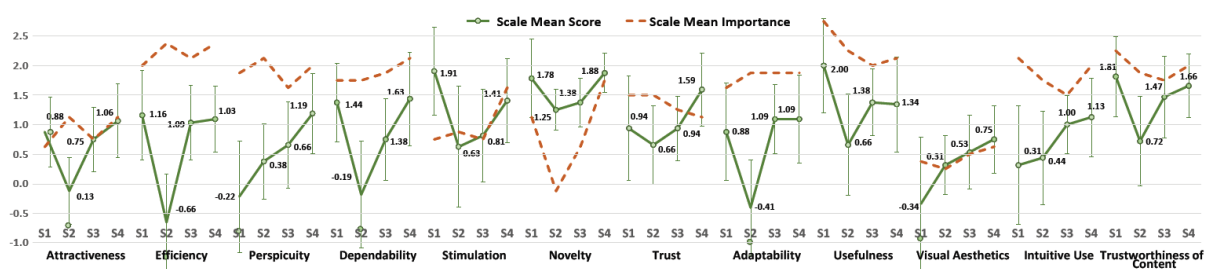


Figura 7. Diagramă a dimensiunilor UX evaluate pentru interacțiunea cu un sistem cu interfață grafică, care prezintă scorurile medii (linii continue) și importanța dimensiunilor (linii punctate) pentru sesiunile S1-S4.

Barele de eroare indică intervale de încredere de 95%. Detalii se află în [Vanderdonckt et al. \(2025a\)](#).

Într-un al doilea experiment, publicat în lucrarea [Hilgers et al. \(2025\)](#), am analizat interacțiunea cu sisteme conversaționale avansate ce integrează modele lingvistice de tip LLM. Procedura experimentală a fost similară, implicând aceleași dimensiuni UX și aceeași structură a experimentului cu patru sesiuni S1-S4 (figura 8).

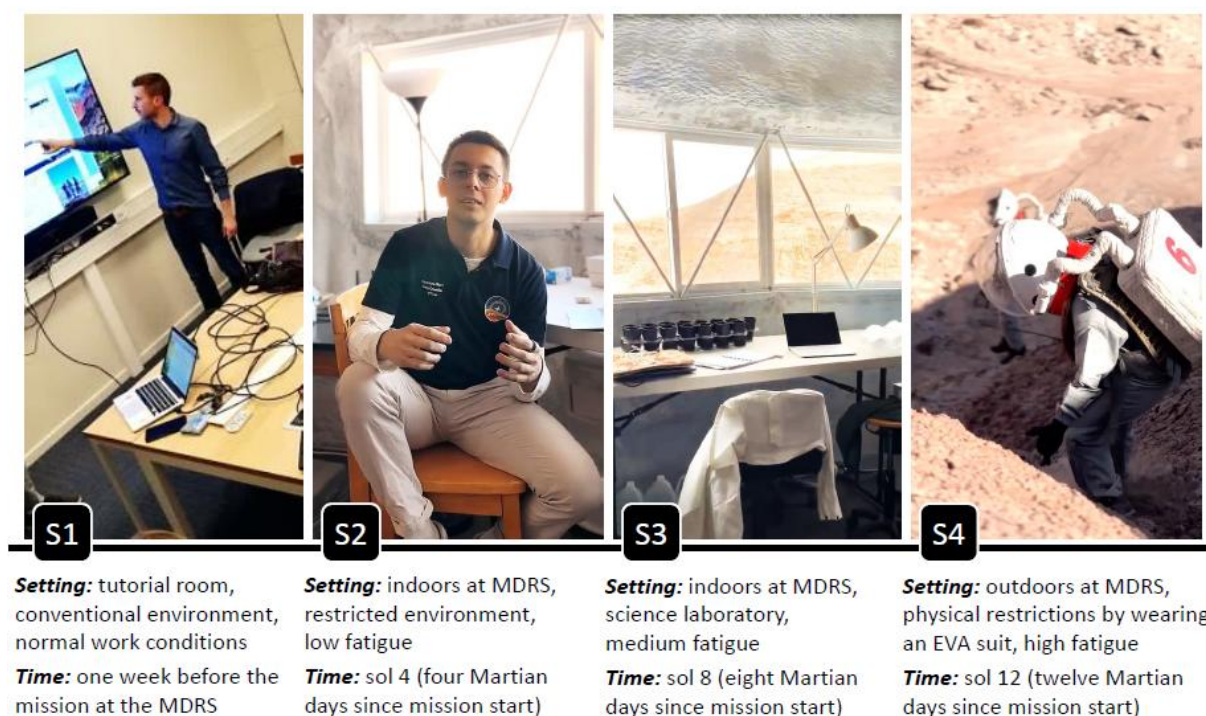


Figura 8. Cronologia celui de-al doilea experiment cu sesiuni desfășurate înainte (S1) și în timpul misiunii efectuate în cadrul MDRS (S2–S4). Detalii în lucrarea [Hilgers et al. \(2025\)](#).

Consultând literatura științifică, am definit o serie de contexte de utilizare asociate cu situații și întrebări corespunzătoare pentru modelul LLM/AI, de exemplu *asistență medicală în caz de accident* („colegul tău și-a luxat umărul în timpul misiunii; formulează o întrebare către AI pentru a afla cum să reacționezi și ce măsuri de prim-ajutor să aplici”), *comunicarea cu un coleg străin în timpul misiunii* („întâlnești un nou coleg și ai dificultăți de comunicare; consultă AI pentru sfaturi de traducere sau comunicare”), *purificarea apei în caz de problemă tehnică* („o problemă tehnică afectează aprovizionarea cu apă; întreabă AI ce metode alternative de purificare poți aplica”) sau *recunoașterea/tratarea hipotermiei* („te afli în condiții extrem de reci și suspectezi hipotermie; întreabă AI cum să identifici simptomele și ce tratament să aplici cu mijloacele disponibile”). Rezultatele sunt prezentate în figura 9 pentru dimensiunile UX evaluate. În general, scorurile se află în zona experienței pozitive, peste pragul de 0,8 dar, deși intervalele rămân în mare parte similare între sesiuni, dimensiunile UX cu scoruri minime și maxime diferă: Estetica (M=1,25, SD=1,02) și Atractivitatea (M=2,18, SD=0,71) definesc S3, în timp ce Adaptabilitatea (M=1,32, SD=1,39), Atractivitatea (M=2,18, SD=0,80) și Stimularea (M=2,18, SD=0,66) descriu experiența percepută în interacțiunile ce au avut loc în timpul sesiunii S4.

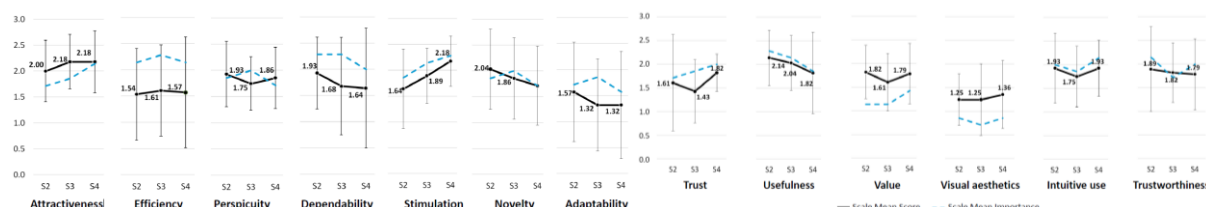


Figura 9. Dimensiunile UX evaluate în cadrul experimentului prezentând scoruri medii (linii continue) și importanța asociată (linii punctate). Barele de eroare indică 95% CIs. Detalii în lucrarea [Hilgers et al. \(2025\)](#).

În al treilea experiment, publicat în lucrarea [Vanderdonckt et al. \(2025b\)](#), am analizat interacțiuni în mediul exterior, reprezentate de explorarea spațiului și controlul unei drone (figura 10). O echipă alcătuită din opt membri (patru bărbați și patru femei cu vârste cuprinse între 21 și 31 de ani, $M=24.8$ ani) a petrecut două săptămâni la MDRS, după ce a trecut prin etapa de antrenare și pregătire. Am folosit drona Parrot ANAFI USA, cu specificații tehnice care o fac potrivită pentru misiuni și operarea în medii extreme (e.g., design compact 500g și $252 \times 104 \times 84$ mm, viteză orizontală de 14,7 m/s, operare până la 5000m deasupra nivelului mării, funcționare într-un interval larg de temperaturi, de la -36°C la 50°C). Drona este operată printr-un controler care integrează un dispozitiv mobil și rulează aplicația FreeFlight6, ce permite accesarea și controlul de la distanță a sistemului video al dronei. Următoarele sarcini, adoptate din literatura științifică privind interacțiunea om-dronă, au fost realizate de fiecare participant: *decolare și aterizare* (funcții de control de bază), efectuarea unui *tur de zbor* (o succesiune de acțiuni de navigare centrate pe astronaut), realizarea unei *călătorii dus-întors* (o succesiune de acțiuni de navigare în raport cu poziția astronautului) și *urmărirea unui traseu și întoarcere* (o sarcină mai complexă, implicând navigarea printre obstacole). Rezultatele sunt prezentate în figura 11.

Pe baza tuturor acestor rezultate, am formulat o serie de concluzii privind realizarea de experimente științifice în medii caracterizate de condiții extreme, care au fost publicate în revista Romanian Journal of Information Science and Technology a Academiei Române, cu rang Q1 și $IF=3.7$, după cum urmează ([Vatavu et al., 2025](#)):

- **Desfășurarea experimentelor HCI în contexte extreme.** Spre deosebire de mediile tradiționale și controlate din laborator, un context extrem introduce noi provocări fizice și psihologice ce afectează relația dintre utilizatori, platformele cu care aceștia interacționează și mediile în care au loc aceste interacțiuni, conform spațiului conceptual XXR. Prin urmare, rezultatele empirice trebuie interpretate din perspectiva vieții și muncii în condiții extreme. Planificarea riguroasă a experimentelor necesită izolarea variabilității induse de factori interni și externi, asigurarea considerentelor etice privind siguranța și bunăstarea participanților, precum și înțelegerea corectă asupra validității datelor colectate.
- **Reproducerea rezultatelor empirice.** Faptul că dimensiunea eșantionului este limitată (de exemplu, șase sau opt participanți în experimentele noastre din cauza constrângerilor de cazare la MDRS) și efortul necesar pentru instruirea membrilor echipajului este semnificativ (figura 5), reproducerea rezultatelor este mai dificilă și mai costisitoare prin comparație cu studiile în medii convenționale. Mai mult, rezultatele experimentelor desfășurate pe Pământ, chiar și în cadrul simulărilor realiste cu facilități de cercetare complexe, cum ar fi MDRS, pot să nu fie direct transferabile în medii extraterestre.
- **Utilitatea spațiilor conceptuale existente privind interacțiunea om-calculator și necesitatea creării altora noi.** Planificarea riguroasă a experimentelor științifice în contexte cu condiții extreme necesită o fundație teoretică solidă care este insuficient dezvoltată în comunitatea științifică. Modelele existente, cum ar fi interacțiunea bazată pe lumea fizică (en.: reality-based interaction, [Jacob et al., 2008](#)) sau realitățile senzomotorii ([Vatavu, 2022](#)), pot oferi o soluție, dar trebuie adaptate condițiilor unice ale mediilor extreme pentru a ține cont de limitările senzoriale și provocări psihologice. Spațiul nostru conceptual și de proiectare XXR reprezintă un bun punct de plecare pentru dezvoltări teoretice viitoare.



Figura 10. Un mediu caracterizat de constrângeri fizice extreme poate afecta starea fizică și psihologică a utilizatorilor. Aceste fotografii, realizate în timpul misiunii la MDRS, ilustrează cum constrângerile fizice pot face controlul unei drone o operațiune dificilă. Detalii în [Vanderdonckt et al. \(2025b\)](#).

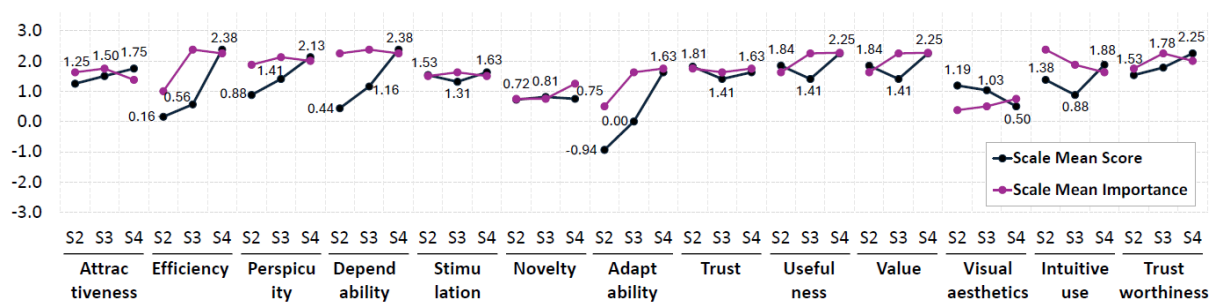
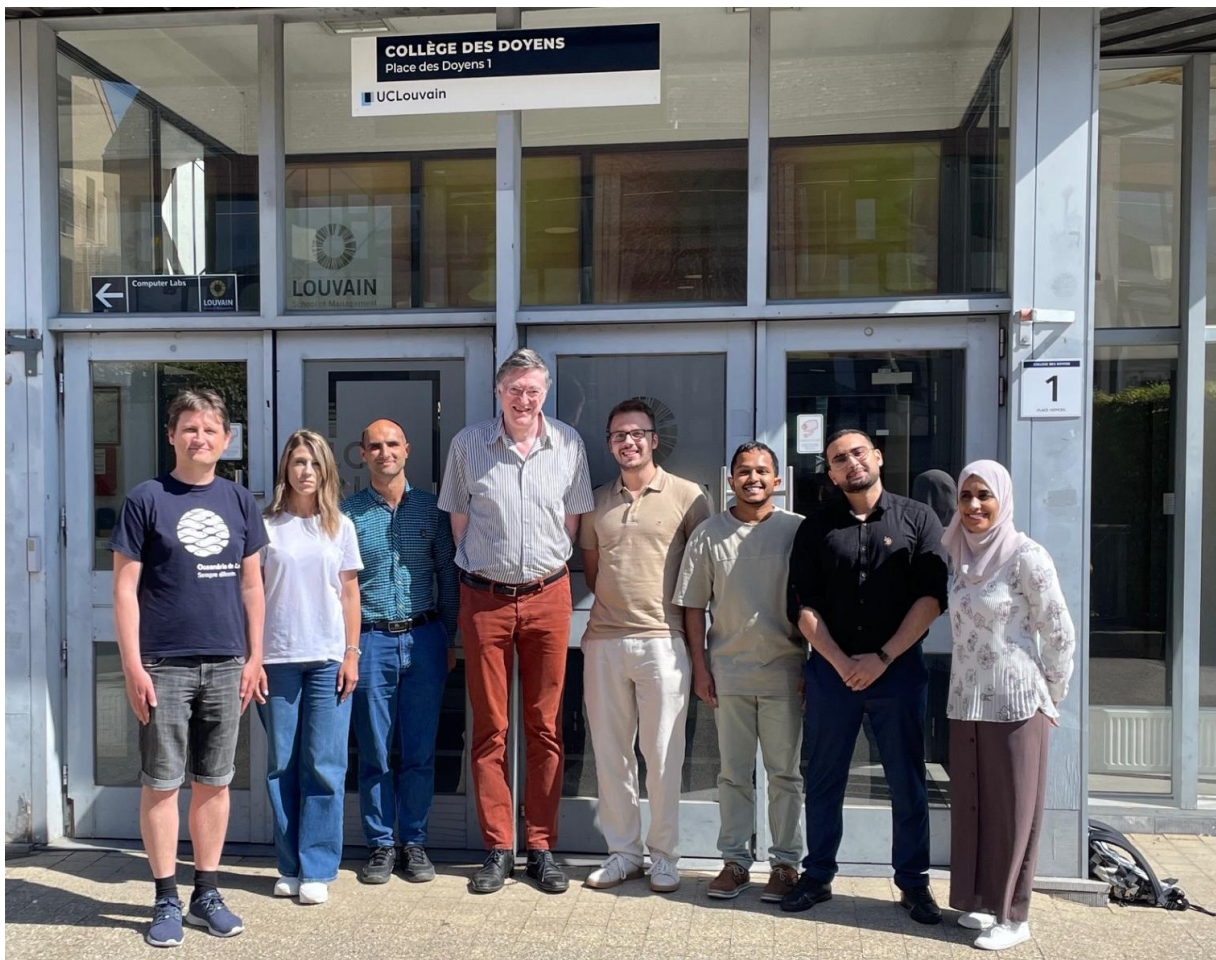


Figura 11. Rezultatele evaluării experienței UX în timpul misiunii la MDRS; [Vanderdonckt et al. \(2025b\)](#)

Considerând rezultatele obținute și publicațiile realizate, considerăm gradul de îndeplinire a obiectivelor proiectului de 100%. În plus, multiplele evaluări realizate în cadrul MDRS depășesc cu mult obiectivele propuse.

VIZITE DE LUCRU ȘI IMPLEMENTAREA COLABORĂRII DINTRE PARTENERI

În cadrul unei vizite efectuate în perioada 18-22 august 2025 la Université catholique de Louvain au participat Mihail Terenti, Laura-Bianca Bilius și Radu-Daniel Vatavu (din partea Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava), care au avut întâlniri cu Prof. Jean Vanderdonckt, Nacera Latreche, Alaa Sahraoui, Nuwan Attygalle, Mehdi Ousmer și Nicolas Szelagowski (Université catholique de Louvain). Vizita a permis interacțiunea directă a celor două echipe de cercetare, realizarea de prezentări, demonstrații de prototipuri interactive în cadrul Louvain Interaction Lab, discuții față în față, precum și evaluarea de experiențe interactive la Euro Space Center, conform obiectivelor proiectului. Câteva fotografii reprezentative sunt prezentate în continuare.





De asemenea, colaborarea dintre parteneri, monitorizarea progresului și a îndeplinirii obiectivelor științifice ale proiectului au fost susținute și prin intermediul întâlnirilor online între cei doi responsabili de proiect:



DISEMINAREA REZULTATELOR

În decursul a unui singur an de implementare, am reușit publicarea a **cinci articole științifice**, dintre care două articole în reviste ISI (inclusiv o revistă Q1), două la conferințe de rang A/B din domeniul interacțiunii om-calculator și un articol publicat în cadrul singurei conferințe dedicate tehnologiei interactive pentru spațiu (SpaceCHI). Toate articolele sunt indexate în baze de date internaționale (ACM Digital Library, DBLP, Scopus), trei sunt indexate Web of Science iar două au fost realizate în colaborare cu NASA Ames Research Center.

1. Radu-Daniel Vatau, Jean Vanderdonckt, Julie Manon, Michael Saint-Guillain, Philippe Lefevre, Romain Maddox, Jessica J. Marquez. (2025). Conducting Human-Computer Interaction Scientific Experiments in Extreme Environments: Insights from Analog Mars Missions. *Romanian Journal of Information Science and Technology*. Romanian Academy, 247-259.
<http://dx.doi.org/10.59277/ROMJIST.2025.3.01>
WOS:001565907000001 | IF: 3.9 | 5-Year IF: 2.2 (Q1 în Computer Science, Theory & Methods)
2. Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatau, Romain Maddox. (2025). Between Bulky Suits and Isolated, Deserted Landscape: Measuring the User Experience of Astronaut-Drone Interaction. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 9(5). ACM, New York, NY, USA, Article no. MHCI005, 20 pages. <https://doi.org/10.1145/3743712>
WOS:001575057300008

3. Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu, Julie Manon, Romain Maddox, Michael Saint-Guillain, Philippe Lefevre, Jessica J. Márquez. (2025). UX, but on Mars: Exploring User Experience in Extreme Environments with Insights from a Mars Analog Mission. *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference*. ACM, NY, USA, 3235-3250. <https://doi.org/10.1145/3715336.3735706>
WOS:001555741000193 (conferință de rang A, conform ARC CORE)
4. Radu-Daniel Vatavu, Jean Vanderdonckt. (2025). What is Extreme in Human-Computer Interaction Research? *Adjunct Proceedings of the 27th International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*. ACM, New York, NY, USA, Article. no. 17, 1-7 <https://doi.org/10.1145/3737821.3749561>
(conferință de rang B, conform ARC CORE)
5. Hippolyte Hilgers, Jean Vanderdonckt, Radu-Daniel Vatavu. (2025). Human-AI Interaction in Space: Insights from a Mars Analog Mission with the Harmony Large Language Model. *Proceedings of SpaceCHI '25, Advancing Human-Computer Interaction for Space Exploration*. Open Access Series in Informatics. Dagstuhl, Article no. 1, 20 pages. <https://doi.org/10.4230/OASICS.SpaceCHI.2025.1>
(singura conferință specializată în interacțiunea om-calculator și tehnologiile spațiale)

Pe lângă diseminarea rezultatelor în comunitatea științifică, am realizat acțiuni de informare și promovare în comunitatea profesională prin intermediul rețelei LinkedIn, după cum urmează:

- *When studying interactions between humans and computers, we are often intrigued by users, extreme mean in #HCI?* https://www.linkedin.com/posts/radu-daniel-vatavu-1ab85798_hci-hci-activity-7387407652613705728-KXEt (Octombrie 2025)
- *Between Bulky Suits and Isolated, Deserted Landscape: Measuring the User Experience of Astronaut-Drone Interaction.* https://www.linkedin.com/posts/radu-daniel-vatavu-1ab85798_hci-ux-mobilehci-activity-7380487061600043008-gOKZ (Octombrie 2025)
- *I feel so privileged to take part in amazing human-computer interaction research imagining humanity's future on other planets.* https://www.linkedin.com/posts/radu-daniel-vatavu-1ab85798_hci-activity-7364378855865749505--jPa (August 2025)
- *Poster presented at MobileHCI '25.* https://www.linkedin.com/posts/jeanvdd_what-is-extreme-in-human-computer-interaction-activity-7374740220694511616-9KN4/ (Septembrie 2025)

care au adunat **peste 10,000 de vizualizări** la momentul redactării acestui raport (câteva capturi de ecran sunt prezentate pe pagina următoare). De asemenea, în cadrul emisiunii “Lumea în care trăim” la postul TV Plus, prof. Radu-Daniel Vatavu a vorbit despre rezultatele acestui proiect și tematica evaluării UX în medii cu condiții extreme. Înregistrarea emisiunii este disponibilă la adresa <https://www.youtube.com/watch?v=1MR9KcDVONg>:



Radu-Daniel Vatavu • You
Professor of Computer Science
1w • 🌐

When studying interactions between humans and computers, we are often intrigued by users, prototypes, and contexts that deviate from the conventional and push toward the “**extreme**.” But what does “**extreme**” mean in #HCI? We examined how HCI researchers have characterized their work as extreme and found that: (1) **extreme platforms** are those that facilitate input and output modalities that foster deep synergy between users and computers, (2) **extreme environments** are typically defined by severe or risky conditions, and (3) **extreme users** are those that exhibit exaggerated behaviors or acquire extraordinary abilities. Across #HCI, the term “**extreme**” has been used to describe what is excessively intense, highly impressive, exaggerated, very risky, or very severe. But other connotations equally exist and are waiting to be explored; find out more here: <https://lnkd.in/dmYKrtb> Work in progress, together with Jean Vanderdonckt.



👥 Alin CALINCIUC and 32 others

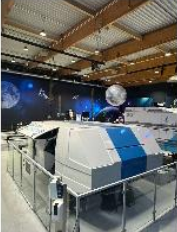
Reactions

👍 Like 💬 Comment 🔄 Repost ➦ Send

📊 1,147 impressions 🔍 View analytics

Radu-Daniel Vatavu • You
Professor of Computer Science
2mo • 🌐

I feel so privileged to take part in amazing human-computer interaction research imagining humanity's future on other planets. We've had a wonderful time this week with Jean Vanderdonckt and his team at the **Université catholique de Louvain**, discussing user experience on Mars, gesture-based interaction, radar sensing, distributed user interfaces, smart buildings and smart mobility, in-vehicle interactions, engaging in experiments, and delivering an invited lecture on the role of AI in enabling new forms of natural interaction. #HCI Laura-Bianca BILIUȘ Mihail TEREŢI



👥 Eugen COCA and 159 others 3 comments • 2 reposts

👍 Like 💬 Comment 🔄 Repost ➦ Send

📊 3,332 impressions 🔍 View analytics

Radu-Daniel Vatavu • You
Professor of Computer Science
3w • 🌐

Between Bulky Suits and Isolated, Deserted Landscape: Measuring the User Experience of Astronaut-Drone Interaction. An exciting collaboration with **Université catholique de Louvain**, continuing our exploration into the user experience of **extreme environments**. In this study, the specific experience of wearing a heavy astronaut suit and operating in an unwelcoming deserted environment, while staying agile enough to fly a drone. Our findings are available here: <https://lnkd.in/d95C4R39> Thank you, Jean Vanderdonckt and Romain Maddox. #HCI #UX #MobileHCI



👥 Otilia Clipa and 71 others 6 comments

Reactions

👍 Like 💬 Comment 🔄 Repost ➦ Send

📊 1,969 impressions 🔍 View analytics

Radu-Daniel Vatavu • You
Professor of Computer Science
4mo • 🌐

Heading to #SpaceCHI or #DIS soon? Don't miss out on our latest research on the user experience #UX of interacting with computer systems in extraplanetary environments, such as on #Mars. Work led by Jean Vanderdonckt with support from M.A.R.S. #UCLouvain, the Mars Desert Research Station and NASA Ames Research Center, within the bilateral cooperation between **Université catholique de Louvain** and **Stefan cel Mare University of Suceava**, where we explore Extreme Extended Reality #XER.

#DIS: UX, but on Mars: Exploring User Experience in Extreme Environments with Insights from a Mars Analog Mission
<https://lnkd.in/dZA-ikh9>

#SpaceCHI: Human-AI Interaction in Space: Insights from a Mars Analog Mission with the Harmony Large Language Model, <https://lnkd.in/dXHYXvy>



👥 Pavel Manakhov and 79 others 11 comments

👍 Like 💬 Comment 🔄 Repost ➦ Send

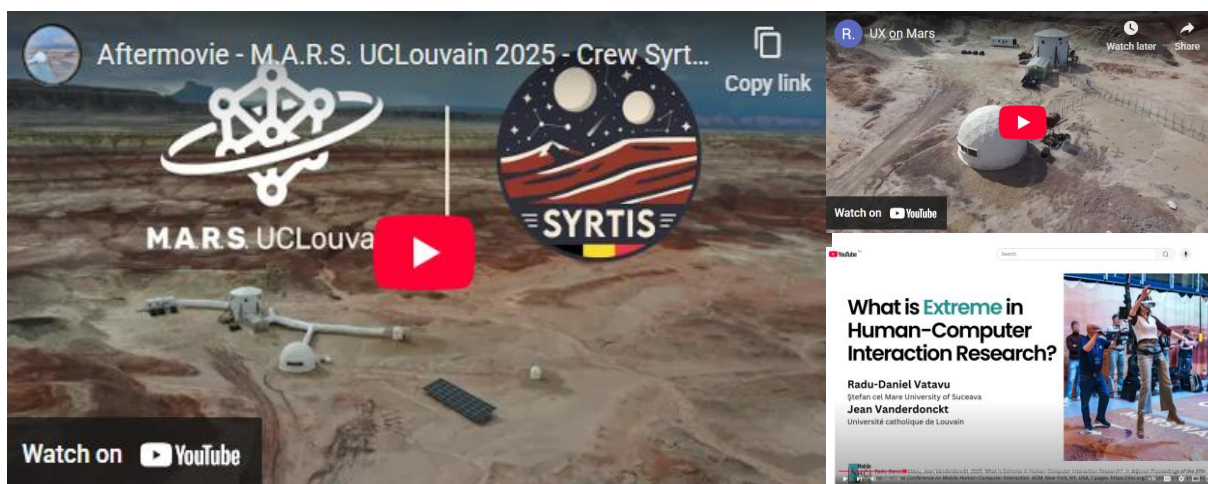
📊 3,741 impressions 🔍 View analytics

Audiența atinsă prin informările în cadrul platformei LinkedIn a fost una profesională din domeniul cercetării și industriei software, e.g., 29.5% software development, 15.1% IT services and consulting, 9.3% servicii de cercetare respectiv 30% din audiență a fost reprezentată de companii mari cu +10.000 și 1001-5000 de angajați:

Company size		Industry	
10,001+ employees	15.6%	Software Development	29.5%
1001-5000 employees	14.3%	IT Services and IT Consulting	15.1%
201-500 employees	12.9%	Higher Education	10.3%
11-50 employees	9.2%	Research Services	9.3%
51-200 employees	8.5%	Technology, Information and Internet	3.1%

Comunicarea către publicul larg a fost realizată și prin intermediul platformei YouTube, după cum urmează:

- Aftermovie MARS. UCLouvain 2025 <https://youtu.be/0vIJPSrSAQ>
- MARS UCLouvain Presentation Syrtis Crew https://youtu.be/_0ua63jhpQA
- What is extreme in Human-computer Interaction research? <https://youtu.be/uR4ZubHir9c>



POSSIBILITĂȚI DE VALORIFICARE ECONOMICĂ A REZULTATELOR OBTINUTE

Interesul observat pentru rezultatele științifice obținute în cadrul proiectului conduc la bune posibilități de valorificare economică în viitor. În special, contextul dezvoltării tehnologiilor spațiale este unul extrem de benefic, reprezentat de o piață a industriei spațiale evaluată la nivel mondial la 630 de miliarde USD în anul 2023 cu predicții de triplare până în anul 2035,⁵ respectiv cu investiții majore la nivel european, e.g., bugetul European Space Agency (ESA) este de 7.7 miliarde EUR în anul 2025.⁶ De asemenea, conceptul propus în cadrul proiectului nostru, eXtreme eXtended Reality (XXR), împreună cu spațiul conceptual și de proiectare aferent, pot fi valorificate pentru noi tehnologii XR pentru care piața la nivel global a fost de 40.4 miliarde USD în anul 2024.⁷ Pe termen scurt și mediu, cei doi parteneri urmăresc continuarea cercetărilor începute în cadrul acestui proiect cu extinderea parteneriatului și aplicarea în programe Horizon/MSCA.

⁵ https://www.statista.com/topics/5049/space-exploration/?srsltid=AfmBOopYDM_N_HrvgMBFMUShr6QmLyU-hTRV2eLl3mGfR9rYAd98wbPj#topicOverview

⁶ https://www.statista.com/topics/13455/space-industry-europe/?srsltid=AfmBOorLWvJXrf4BaZNNL9AnHfpC8uVrqaMdV03_Eb114LjszaS6h167#topicOverview

⁷ <https://www.statista.com/topics/6072/extended-reality-xr/?srsltid=AfmBOorOkGgvM3ANphsIwNoO7T-acTtdjLCUJig8pxtAH1IzP2e0dMKA#topicOverview>

Indicatori de realizare a etapei/proiectului

Tipul indicatorilor	Denumirea indicatorilor	UM/an	Valoare
Indicatori de rezultat	Articole publicate in reviste indexate ISI	Nr.	2
	Articole acceptate in reviste indexate ISI	Nr.	
	Articole in evaluare in reviste indexate ISI	Nr.	
	Articole publicate in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	
	Articole acceptate in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	
	Articole in evaluare in reviste indexate in baze de date internationale	Nr.	
	Brevete (sau cereri de brevet) Nationale	Nr.	
	Brevete (sau cereri de brevet) Internationale	Nr.	
	Participari conferinte	Nr.	3
	Carti	Nr.	
	Capitole de carte	Nr.	
	Produse	Nr.	
	Produse Informatice	Nr.	
	Tehnologii	Nr.	
	Servicii	Nr.	
	Servicii Informatice	Nr.	
	Studii	Nr.	
	Alte Rezultate	Nr.	