METODE DE INVESTIGARE, RESTAURARE ȘI PUNERE ÎN VALOARE A PATRIMONIULUI ARHITECTURAL

Rolul tehnologiilor imersiv-interactive în gândirea vizuală a proiectanților

conf. dr. arh. Andreea Iosif

Mă definesc ca arhitect care performează în afara lumii tangibile, dar şi ca profesor menit să disciplineze nerăbdarea nativilor digitali în drumul lor de la simpli consumatori de tehnologie, la creatori de conţinut digital.

Mi-am luat diploma in Arhitectură la Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, București, unde sunt afiliată din 1995. Acum sunt conferențiar, predând cursuri de Modelare Virtuală, Imagistica Proiectarii, Vizualizari Interactive și Fabricare Digitală. Am o diplomă de master în Conservarea Patrimoniului și un doctorat în Arhitectură, cu teza „Modelul digital al edificiului de cult ortodox”.

Domeniile mele de interes sunt morfogeneza arhitecturii și modelele formale, dar cred ca principala mea preocupare se invarte in jurul ideii de a aduce laolalta vechiul si noul, de a pune tehnologia in slujba patrimoniului.

Reprezentările clasice, precum desenele, machetele și schițele, au fost întotdeauna fundamentale pentru articularea viziunii și comunicarea ideilor arhitecturale complexe. Schimbarea de paradigmă apare odată cu instrumentele digitale, dintre care, dacă facem abstracţie de inteligența artificială, cea mai notabilă a fost probabil proiectarea BIM. Aceasta a adus profesiei un control sporit al complexității, dar totodată și riscul diminuării clarității viziunii inițiale.

Pornind de la dihotomia dintre reprezentările vizuale tradiționale și tehnologiile digitale subordonate arhitecturii, articolul va explora potențialul instrumentelor imersiv-interactive de a revitaliza procesul creativ arhitectural. Acronimul XR (Extended Reality) care le însumează include realitatea virtuală

(VR), realitatea augmentată (AR) și realitatea mixtă (MR). Acestea se relevă drept modalităţi noi, imersive și dinamice, de vizualizare a proiectelor, ce permit explorarea detaliilor și înțelegerea spațiului dintr-o perspectivă profund realistă și totodată subiectiv-emoţională, depășind limitările reprezentărilor convenționale.

După definirea conceptelor şi revizuirea studiilor existente, vom discuta despre integrarea XR în pedagogia și practica arhitecturală. Vom vedea cum birourile de proiectare, dar si universităţile, pot beneficia de evoluţia generală a instrumentelor XR, inclusiv platformele Metaverse, apoi vom prezenta stadiul actual al activităţii didactice şi de cercetare asociate XR din Universitatea de Arhitectură şi Urbanism "Ion Mincu". Vom ilustra prin aceste exemple felul în care reprezentările imersive pot reînsufleți procesul creativ și pot extinde orizonturile critice și teoretice; cum pot dezvălui realități invizibile, cum facilitează înţelegerea unor cerinţe de proiectare, cum pot genera noi paradigme în cercetarea arhitecturală şi, nu în ultimul rând, cum adaugă o dimensiune temporală a proiectului "trăirea în" obiectul de arhitectură. Astfel, tehnologiile XR se relevă drept catalizator pentru o nouă formă de gândire vizuală – una care îmbrățișează complexitatea și multidimensionalitatea arhitecturii contemporane.

În concluzie, acest articol va evidenția modul în care tehnologiile imersiv-interactive pot redefini reprezentările arhitecturale și pedagogia, aducând un suflu nou și vibrant în cultura proiectării arhitecturale.

Cuvinte cheie: realitate extinsă, vizualizări de arhitectură, experienţe virtuale, învăţământ de arhitectură

Introducere

Reprezentările vizuale nu sunt doar un simplu mijloc de expresie pentru personalităţile creatoare; ele sunt, mai curând, expresia unei gândiri care caută să se întruchipeze în formă. Prin ele, un artist sau un arhitect îşi vor găsi glasul şi vor stabili punţi între ideile lor şi lume, capturând esenţa a ceea ce ar putea fi.

Dar ce este, de fapt, această „gândirea vizuală", raportată la proiectare? Informal, o percepem drept căutare a sintezei dintre idee și formă, dintre spirit și materie – un act prin care mintea transcende simpla abstractizare, devenind creatoare de lumi și structuri. Încercând să o formalizăm, distingem odată cu Moen[1] drept componente fundamentale **conștientizarea spațială**, ce reprezintă o viziune clară asupra ordinii ascunse a spațiului, şi de aici abilitatea de **recunoaștere a tiparelor**. Mai mult, cel înzestrat cu o astfel de gândire exercită o continuă **manipulare mentală**, jucându-se în imaginar cu formele și structurile. Lor le conferă o **vizualizare dinamică**[2], fapt ce adaugă temporalitate şi transformă astfel proiectarea într-un proces de devenire continuă, unde posibilitatea și realitatea se întrepătrund.

În prezent, grație tehnologiei, gândirea vizuală se extinde prin noi forme de exprimare și explorare a ideilor, aşa cum arată Safhalter[3]. Modelarea 3D face ca viziunea interioară să devină vizibilă și comunicabilă. Până când tehnologia va deveni complet integrată în actul creativ, şi prin aceasta imperceptibilă, gândirea vizuală rămâne dependentă de **abilitatea de a modela 3D** pentru a reda fidel intenția inițială a autorului.

Astfel, lumea modernă, în goana ei neostoită către conectivitate și digitalizare, aduce în scenă proiectarea BIM[4]. Arhitectul primește o putere nemaivăzută asupra complexității – dar, odată cu ea, și riscul de a pierde din vedere simplitatea originară a viziunii. În designul de produs, lucrurile se petrec similar[5]. Asemenea unui val care acoperă adâncurile unui lac, tehnologia poate estompa contururile gândirii. În fața acestui paradox, soluția nu rezidă în repudierea tehnologiei, ci în îmbrățișarea ei cu discernământ. Nu este vorba despre a înlocui un mod de a vedea cu altul, ci despre a descoperi un echilibru nou, în care vechiul și noul să conviețuiască într-o armonie reînnoită.

În aceste condiţii, tehnologiile imersiv-interactive constituie portalul către o înțelegere mai profundă și mai vie a spațiului arhitectural. Realitatea tangibilă nu mai este unica experienţă posibilă. Avem la dispoziţie un continuum real-virtual, în care gradul de "realitate" e tot mai diluat de la Augmented Reality către Virtual Reality, cu o balanţă am zice perfectă în ceea ce se numeşte azi Mixed Reality[6]. Cu asemenea extinderi ale realităţii, nu ne mai limităm să privim arhitectura, ci ajungem să păşim în ea, să o simțim, să o trăim. Astfel, XR (eXtended Reality) se arată a fi o extensie a gândirii vizuale, una care nu doar privește, ci atinge esența arhitecturii, explorând-o în toată complexitatea ei multidimensională.

Integrarea acestor tehnologii în educația și practica proiectării deschide noi căi de explorare, precum și noi posibilități de a regândi însăși esența creației. Reprezentările imersive ne invită să privim dincolo de suprafață, să pătrundem în adâncurile invizibile ale spațiului, să înțelegem mai bine densitatea urbană şi dinamica socială, ba chiar și utopia[7]. Ele nu sunt simple instrumente; sunt



Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display.

provocări și promisiuni, oferind un suflu nou pedagogiei și teoriei arhitecturale. În cele ce urmează, le vom explora împreună şi vom vedea cum tehnologiile imersiv-interactive se pun în slujba gândirii vizuale pentru a reînnoi cultura proiectării și a da vocii proiectantului o nouă, vibrantă profunzime.

Concepte

Ideea de a recrea lumea fizică în sfera virtuală a calculatoarelor își are originile în anii ’60, când Ivan E. Sutherland a imaginat un “afișaj final”[8]. El descria un spațiu în care un computer ar putea controla existența materiei într-o asemenea măsură încât obiectele proiectate acolo ar fi percepute ca fiind reale, până la nivelul în care ar putea deveni palpabile, constrângătoare sau chiar letale. Această viziune prefigura un tărâm fantastic, asemănător celui al lui Alice din „Țara Minunilor”, dar realizat prin programare computerizată.

Ulterior, Sutherland și-a extins ideile[9] bazându-se pe mecanismele retinei umane și pe capacitatea acesteia de a fi indusă în eroare prin imagini computerizate, astfel încât percepția bidimensională să fie percepută ca tridimensională. În anii ’70 și ’80, Lanier a introdus termenul de “realitate virtuală”[10] pentru a desemna eforturile de a recrea realitatea prin tehnologie digitală, aducând o nouă dimensiune ontologică posibilităților emergente.

Aceste eforturi de conceptualizare au fost îmbogățite prin contribuțiile lui Robinett[11], care a propus o taxonomie a ceea ce numea “experiența

sintetică", și Milgram[12], care a dezvoltat noțiunea de "continuum real-virtual". Cu toate acestea, mulţi autori au observat ulterior că termenul MR, în sensul lui Milgram, este o umbrelă prea largă pe scara acestui continuumul, ceea ce a condus la redefinirea lui. Ji şi colab[13] subliniază că MR se distinge de AR prin capacitatea sa de a gestiona ocluzia realistă între obiecte, utilizând tehnologii avansate de detectare a adâncimii și algoritmi de potrivire stereo. Această abordare permite ca obiectele virtuale și reale să fie vizibile sau ascunse unul de celălalt în funcție de pozițiile lor relative față de privitor, oferind astfel o integrare mai profundă și realistă a celor două lumi. Totodata, Evangelidis şi colab[14] introduc conceptul de "Mixed Object", care combină proprietăți fizice și digitale, permițând interacțiuni naturale și precise între lumea reală și cea virtuală. Aceasta înseamnă că MR nu este doar o suprapunere de elemente virtuale peste lumea reală, ci o integrare coerentă care se bazează pe tehnologii geospațiale și modalități de legătură spațială.

Astfel, termenii de "realitate augmentată", "realitate virtuală" și "realitate mixtă" au început să fie fundamentali în explorările din continuumul virtual-real. Să reţinem aceste trei trepte majore:

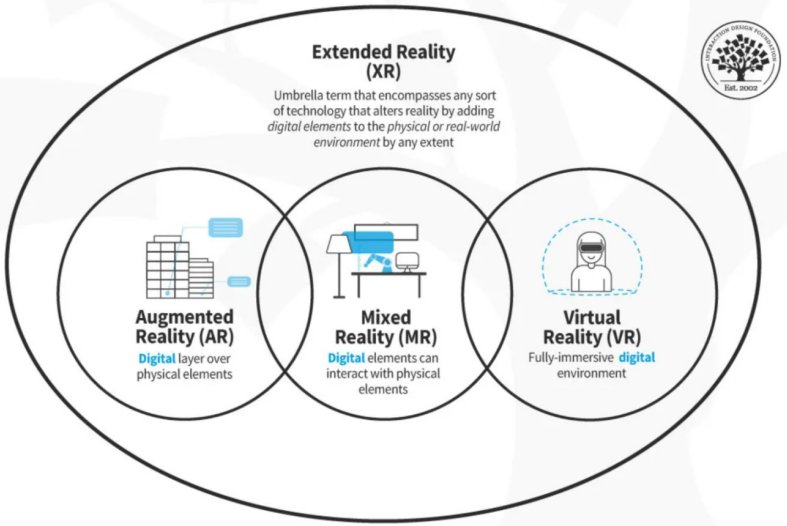
• **Realitatea augmentată (AR)** intensifică percepția umană, îmbogățind realitatea tangibilă cu straturi de informație digitală ce se suprapun lumii concrete.

• **Realitatea virtuală (VR)**, pe de altă parte, urmărește să ne transpună într-un mediu generat de calculator, fără a avea posibilitatea de a interacționa cu lumea reală sau de a o vedea.

• **Realitatea mixtă (MR)** este la cumpăna celor anterioare.

Aici, granițele dintre realitate și virtualitate se dizolvă, dând naștere unui spațiu comun unde lumea tangibilă și codul digital interacționează liber. Este expresia unei viziuni mai înalte, unde tehnologia nu doar imită sau îmbunătățește, ci colaborează cu realitatea, creând noi posibilități de experiență și existență.

Pentru a grupa aceste concepte particulare într-o formă generală și unitar-descriptivă, vom folosi în continuarea articolului un termen-umbrelă, deja uzual în literatura de specialitate: **Realitatea eXtinsă (XR)**.



Termenul XR include orice tehnologie care îmbină lumea fizică cu cea digitală. © Laia Tremosa și Interaction Design Foundation[15]

Revizuirea literaturii

Pe plan mondial, folosirea tehnologiilor imersiv-interactive în educație, artă și proiectare a suscitat un asemenea interes încât, la ora actuală, o revizuire sistematică a literaturii ar fi neputință de făcut. Întorcându-ne în trecut, aflăm că Schkolne și Keefe[16] discutau încă din 2001 modul în care realitatea virtuală permite artiștilor să creeze modele noi și flexibile, prefigurând astfel evoluția actuală a instrumentelor VR de pictură 3D.

Continuând cu VR, în 2003, John Messner[17] a prezentat cercetări timpurii pentru utilizarea tehnologiei în scopul educației în domeniul construcțiilor și a introdus noțiunea de CAD 4D (3D plus timp). Ulterior, Schnabel et al.[18] au comparat înțelegerea volumului spațial prin VR versus mediile convenționale, demonstrând avantajele semnificative ale celei dintâi.

Alți cercetători s-au preocupat de depășirea limitărilor tehnice ale VR, precum Bruder et al.[19], care au creat software-ul Arch-Explore, gândit pentru explorarea modelelor 3D ale clădirilor prin intermediul mersului real natural, pentru a permite vizitarea unor spații virtuale mai mari decât spațiul disponibil în camera de testare. Aceste artificii tehnice sunt poate greu de urmărit, dar sunt esențiale pentru corelarea gândirii vizuale cu percepția senzorială, fără de care experimentul VR poate fi sortit eșecului. Atacând problema percepției vis-a-vis de designul de produs, Chu și colaboratorii[20] revizuiesc tehnologiile XR pentru sistemele de fabricație în industrie, inclusiv feedbackul haptic (senzorial) pentru sarcini manuale în cadrul unor sesiuni de antrenament în VR.

Pentru celălalt capăt al spectrului real-virtual – realitatea augmentată – Hajirasouli şi colab. fac o revizuire sistematică a publicaţiilor academice din 2010 până la mijlocul anului 2021[21], aducând o viziune cuprinzătoare a aplicaţiilor AR pentru învăţământul superior în cadrul industriilor AEC. Vorbind despre educaţia de arhitectură, Chimay[22] evidenţiază o tranziţie semnificativă de la predarea tradiţională către metode mai interactive, discutând implicaţiile folosirii realităţii augmentate (AR) ca instrument de vizualizare interactivă pentru design.

La mijlocul distanţei dintre VR şi AR, realitatea mixtă (MR) se prezintă ca o soluţie matură care asigură atât percepţia coerentă a amestecului de realităţi, cât şi interacţiunea participativă pentru indivizi prezenţi simultan în acelaşi spaţiu. Dan şi colab. prezintă o manieră de utilizare a tehnologiei MR[23], pentru a depăşi provocările existente în proiectarea planificării comunitare. Ei introduc în acest scop un software de suport pentru proiectare în realitatea mixtă (MR-DSS) special conceput pentru vizualizarea 3D interactivă la faţa locului a obiectelor de design virtual.

Complexitatea realităţilor ce pot fi recreate digital a condus treptat la ideea de lumi virtuale şi, de aici, la Metavers. Lv şi colab.[24] vorbesc despre posibilitatea agregării unui Metavers din entităţi bine corelate cu lumea tangibilă – aşa-numiţii "gemenii digitali". Ideea este aprofundată[25], care, după ce revizuieşte literatura despre imersivitate şi BIM colaborativ, îndeamnă la depăşirea limitărilor şi adoptarea tehnologiei imersive în sectorul AEC.

De fapt, proiectarea colaborativă începe cu educaţia proiectării prin binecunoscutele corecturi la panou – pentru care Hsu şi Chang oferă o foarte

interesantă alternativă cu suport VR[26]. Ei introduc un sistem multi-utilizator, cu conectare online, în care corectura făcută de profesor este înregistrată odată cu adnotările şi schiţele sale tridimensionale, precum şi cu discuţiile suscitate între studenţi – totul cu posibilitate de arhivare şi revizitare ulterioară.

Integrarea XR în proiectare

Industria

In industriile de profil, vizualizările de arhitectură au fost primele care au beneficiat de noile tehnologii. Preluând tehnici specifice jocurilor video şi ideea de storytelling din artele spectacolului, o mână de arhitecţi cu o gândire profund antrenată vizual a intuit şi a deschis calea aşa-numitei "arhitecturi trăite" care poate fi experimentată atât imersiv cât şi participativ. Ca exemplu, Collider Visual[27], o mică firmă românească de arhitectură ce a debutat în deceniul trecut, livrează acum prezentări imersiv-interactive pentru real-estate şi birouri de arhitectură din întreaga lume, dar e angrenată şi în proiecte culturale precum cele de la muzeul Astra-Sibiu, sau Mina Museum.

Pe plan internaţional, câteva firme mari care dispun de resurse adecvate oferă deja servicii de realizare şi găzduire a unor platforme dedicate lucrului colaborativ din industriile AEC. Ce înseamnă aceasta? Să ne imaginăm, pentru o clipă, că în loc de discuţii la planşetă sau monitor, membrii echipei de proiectare ar avea posibilitatea să se adune în sau în jurul obiectului proiectat, să îl discute, să îl adnoteze şi chiar să schiţeze tridimensional schimbările propuse, iar toate acestea ar fi arhivate şi ar rămâne accesibile ulterior pentru urmărirea evoluţiei proiectului. Ei bine, acest deziderat a ieşit deja din sfera

imaginarului, fiind concretizat în așa-numitele metaversuri pentru proiectare colaborativă. El este, în fond, alternativa corecturii la panou propusă de Hsu şi Chang[28], însă mutată din educaţie în zona industriei. Tabelul (T1) prezintă caracteristicile celor mai relevante 6 dintre ele la 1 noiembrie 2024. O menţiune specială se cuvine pentru ultima înregistrare – WorldViz – care, pe lângă serviciile destinate profeşioniştilor, susţine şi realizarea laboratoarelor XR pentru universităţi, de la proiectare la execuţie, oferind chiar şi consultanţă pentru obţinerea de granturi academice pentru finanţare.

Educaţia

In educaţie, asimilarea tehnologiilor XR cu uneltele proiectării este încă ezitantă. Au existat instituţii "vizionare" care le-au acordat atenţie timpurie, cum ar fi Colegiul de Design, Arhitectură, Artă și Planificare (DAAP) de la Universitatea din Cincinnati, care în 2017 investea deja in tehnologii VR şi avea în curriculă un curs dedicat relaţiei dintre realitatea virtuală și arhitectura fizică[29].

Un salt important s-a făcut prin constrângere, în timpul pandemiei COVID-19, când multe universităţi au căutat soluţii alternative pentru corecturi şi proiectare colaborativă la distanţă, precum şi accesul virtual la practica de şantier. Ca să luăm un singur exemplu, cursul de licență Minor in Design and Heritage de la TU DELFT a fost adaptat în semestrul de toamnă al anului 2020, integrând în predare tehnologiile imersive, cum ar fi geo-jocurile serioase și realitatea virtuală. De Andrade si Loddo arată că adaptarea programului a făcut ca 85% dintre studenții care au intrat în contact cu tehnologia imersivă

să îi aprecieze potențialul de a experimenta virtual spațiile înainte sau în timpul construcției[30].

În mediul academic românesc există un interes punctual pentru utilizarea tehnologiilor XR la câteva centre universitare care au introdus mastere de profil[31,32,33], însă niciunul pentru arhitectură ori design. În privința dotărilor universitare cu tehnologii XR, există laboratoare XR la: UNATC (CiNETIC), UBB (UBB-EON-XR), Universitatea Ovidius Constanţa (Cerva), UMF Bucureşti (Laboratorul de Realitate Extinsă, UMF Mureş (Centrul Naţional de Realitate Virtuală Aplicată în Medicină) şi UAUIM (Atelierul Experimental "Mac Popescu" - @Mac).

Tehnologiile XR în UAUIM

În UAUIM, stadiul actual al cercetării în domeniul XR include proiecte culturale precum Muzeul Anastase Simu, Ansamblul fortificat de la Dealu Frumos, VRtransFORM şi OutsideVR, la care se adaugă experimentele ExpoUAUIM si CasaMINCU publicate în Metaverse[34.] Universitatea participă şi la un proiect european în curs de desfăşurare – DiVIRTUE – care propune dezvoltarea de training VR pentru familiarizarea studenţilor cu execuţia clădirilor nZEB[35].

În zona educaţională, de la înfiinţarea Aelierului @MAC (2021) curricula şcolară a fost suplimentată sau adaptată aşa încât să ofere acces la tehnologiile imersiv-interactive unui număr rezonabil de studenţi. Astfel,

– *Practica* Anului 1 Design a fost adaptată de către îndrumătorul de atelier al grupei, dr. dsg. Roland Vasiliu. Studenţii au avut ocazia să experimenteze un

nou gen de pictură – virtuală – reproducând tablouri celebre pe un canvas imaterial şi tridimensional.

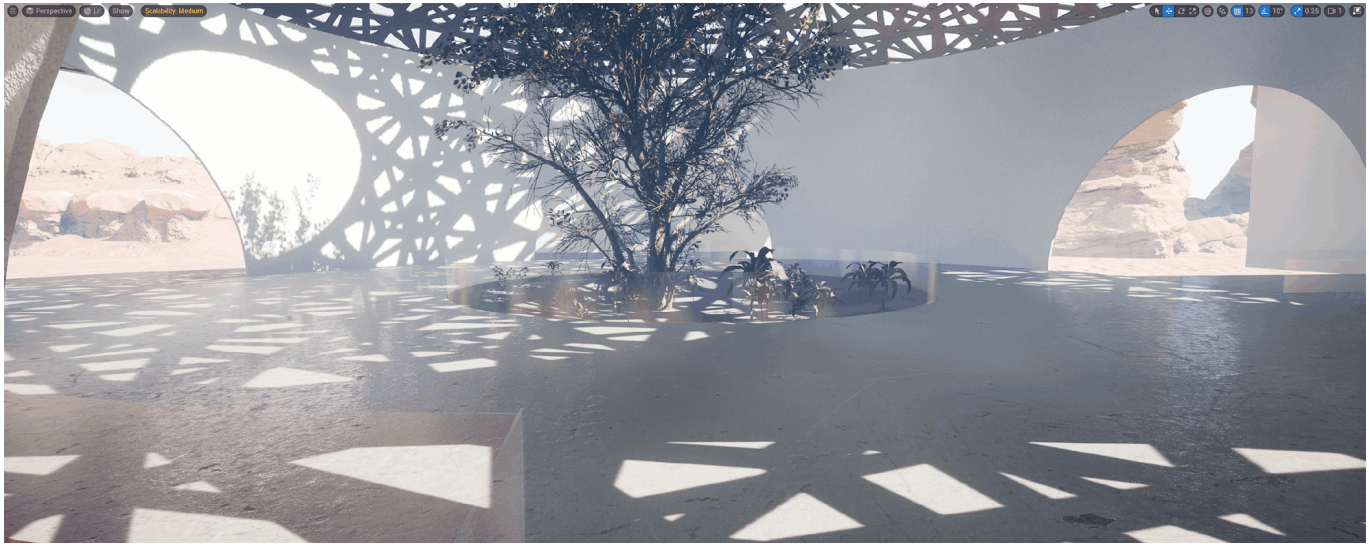


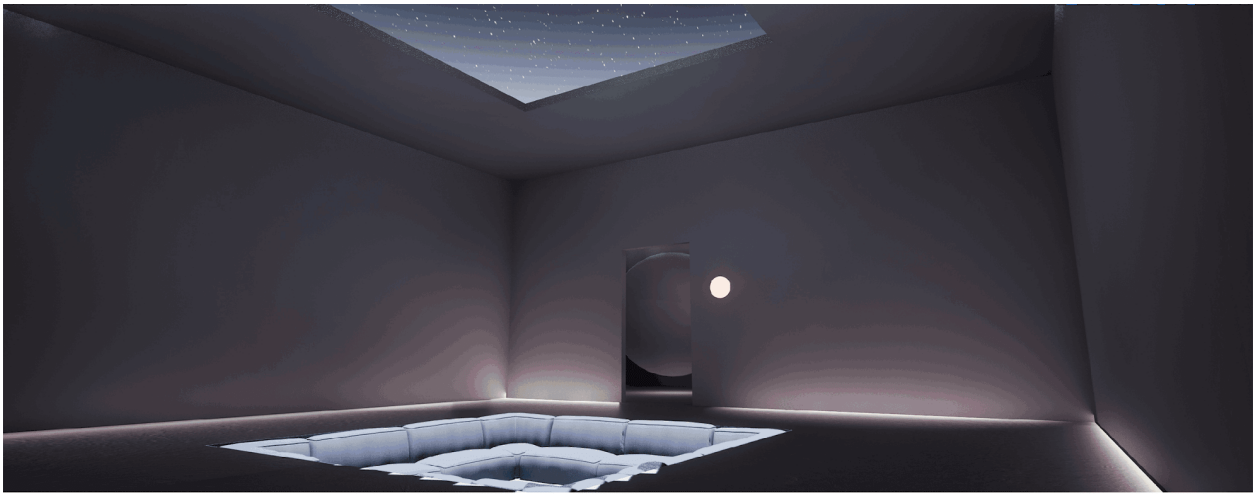
Practica Design anul I, F.A.I. 2022

– *Curricula opţională* a fost adaptată sau completată cu două cursuri de XR: Vizualizări Interactive (Facultatea de Arhitectură, titular dr. arh. M. Chisărău) şi Imagistica Proiectării Contemporane (Facultatea de Arhitectură de Interior, titular dr. arh. Andreea Iosif). In 2023-2024 au fost înscrişi la aceste cursuri 127 studenţi, din care au finalizat în sesiunea curentă 106 studenţi (32 de la anul 4 Arhitectură + 47 de la anul 3 Interior + 27 de la anul 4 Design). Ei au elaborat in echipe de 2-4 oameni un număr de 38 de proiecte. Interacţiunea autorilor cu proiectele lor, în această manieră imersiv-interactivă, s-a dovedit un suport esenţial pentru gândirea vizuală a tinerilor proiectanţi (în special

prin corelarea scării spaţiului cu realitatea). S-a remarcat însă un decalaj semnificativ între studenţii deja familiarizaţi cu modelarea 3D şi ceilalţi, atât în privinţa interesului pentru curs cât şi în cea a rezultatelor.

O notă importantă se cuvine a fi făcută aici: instantaneele prezentate în această secţiune sunt doar cu titlu informativ. Nicio imagine statică, printată, nu va putea reda vreodată spaţialitatea imersivă ori capacitatea de a interacţiona cu lumea virtuală.







Imagistica proiectarii contemporane - F.A.I. 2024

– *Proiecte de diplomă:* începând cu acest an avem primele diplome care la susţinere au prezentat, pe lângă materialele tradiționale, vizualizări AR pentru smartphone: arh. stagiar Mădălina Stănăşel, dsg. stagiar Cristian Cucuianu şi arh. stagiar Matei Popovici (cele dintâi vor putea fi vizualizate în expoziţia CULTRAISER 2024).

Avantajele şi limitările integrării tehnologiilor XR în proiectare

În urma experienţei de lucru, atât didactică cât şi de cercetare, putem spune că această nouă "imagistică a proiectării" are, ca orice tehnologie de frontieră, atât avantaje majore, cât şi limitări considerabile. Le vom trece în revistă aici în ideea de a oferi o bază realistă pentru orice viitoare intenţie de integrare a XR în atelierele de proiectare.

Avantaje

Tehnologia XR se arată a fi o poartă spre o nouă lume a gândirii vizuale, o cale prin care arhitectul sau designerul nu doar că vede şi reprezintă, ci și concepe în mod profund și organic. Este o invitație la un dialog direct și nemijlocit cu obiectul creației, în care:

- proiectantul descoperă noi mijloace de expresie, unde chiar şi datele considerate tradiţional drept non-vizuale capătă formă și culoare;

- controlul asupra geometriilor complexe, organice şi intricate, devine acum posibil;

- echipa de proiectare se bucură de un mediu comun de lucru în care ideile sunt transmise nu doar prin cuvinte, ci prin experiențe vizuale și haptice imediate;

- XR deschide o perspectivă ce îmbină realismul profund al construcției cu acea notă subiectiv-emoțională ce dă viață unui proiect (o putem înțelege ca pe un realism poetic al arhitecturii care, dincolo de formă și funcție, începe a vorbi despre simțiri și trăire);

- XR aduce un nou nivel de cunoaștere și înțelegere, în care testarea ergonomiei și funcționalității nu mai este doar o măsură a distanțelor și proporțiilor, ci o experiență imediată și revelatoare;

- prin toate cele de mai sus, proiectul capătă o formă comprehensibilă chiar şi pentru nespecialişti, făcând din tehnologiile XR un excelent mijloc de comunicare cu beneficiarii.

Limitări

În susţinerea gândirii vizuale prin tehnologia XR se întâlnesc destule piedici, căci această întâlnire a noului cu vechiul nu e lipsită de provocări. Astfel:

- trupul și mintea nu sunt întotdeauna în armonie cu constructul virtual; în special în VR, unde lumea fizică este înlocuită vizual, dar nu şi auditiv ori motric, conflictul simțurilor duce adesea la confuzie sau oboseală;

- în prezent, cunostinţele tehnice necesare pentru realizarea unei bune experienţe XR depăşesc cu mult abilitatea de a desena sau de a modela, căci proiectantul trebuie să devină și tehnician, și programator, și artist digital (iar în cursul acestui efort poate apărea denaturarea conceptului iniţial sau reducerea lui la ceea ce tehnologia poate reda, nu la ceea ce mintea ar fi dorit să exprime);

- proiectantul devine dependent de echipamente, de software, de tehnicieni apţi să medieze între el și mașinării;

- impactul negativ al preconcepţiei că „tehnologia face totul” subminează adesea bunele intenţii iniţiale, ignorând eforturile de virtualizare a proiectului, ceea ce conduce la termene de predare nerealiste ori experienţe virtuale eşuate, cu implicaţiile de rigoare asupra aprecierii şi finanţării proiectului;

- așteptările utilizatorilor de a „juca” în spațiul arhitectural devin o povară pentru proiectantul ce nu are la îndemână instrumentele de „gamificare” pe care doar specialiștii în alte domenii le-ar putea crea. Astfel se creează o tensiune între ceea ce este posibil și ceea ce este cerut, o tensiune ce poate împiedica înțelegerea profundă a proiectului în sine.

Trebuie să fim conştienţi că limitările actuale sunt o fază inerentă în maturizarea tehnologiei. Pe măsură ce obstacolele vor fi depăşite, nivelul de acceptare a unor astfel de reprezentări va creşte, iar adaptarea va da măsura succesului de piaţă pentru multe dintre birourile de proiectare.

Concluzii

Tehnologiile imersiv-interactive cuprinse sub termenul-umbrelă Extended Reality — realitatea virtuală (VR), augmentată (AR) și mixtă (MR) — au potențialul de a revoluționa modul în care arhitecții și proiectanții vizualizează și conceptualizează spațiul. Cu ajutorul lor proiectanţii nu se mai rezumă la reprezentarea prin desen, ci devin exploratori ai profunzimilor spațiale și interpreți ai unor dinamici nevăzute, facilitând astfel o gândire vizuală aptă să stăpânească vastitatea contemporană a proiectării.

Introducerea acestor tehnologii în locurile unde se modelează mințile viitorilor proiectanți — fie ele universități, fie ateliere de proiectare — deschide

prilejul unei învățături ce nu mai e doar transmisă, ci trăită. Așa cum ne-au relevat exemplele de față, utilizarea realităţii extinse în predare și cercetare poate îmbunătăți capacitatea de conceptualizare ale studenţilor și poate stimula inovația prin simulări imersive și explorări virtuale.

Într-un univers unde proiectarea depăşeşte reprezentarea secvenţială prin planuri și vederi, granițele dintre creație și interpretare se topesc, deschizând calea unei comuniuni înțelese deopotrivă de arhitecți și de cei ce primesc arhitectura. În acest spațiu nou, comunicarea devine mai limpede, barierele de înțelegere se risipesc, și un consens al voințelor și al viziunilor începe să se cristalizeze în lumina unei lucrări comun împărtășite.

Totuși, ca orice născut din zbuciumul progresului, și aceste tehnologii întâmpină piedici. De la confuzia senzorială din realitatea virtuală, la exigențele tehnice și dependențele de aparaturi și tehnicieni iscusiți, ne dăm seama că drumul către desăvârșirea lor nu este fără opreliști. Însă tocmai aceste încercări ne cheamă la o adaptare necontenită a instrumentelor și a metodologiilor noastre, și la o înțeleaptă pregătire a celor ce vor să păşească pe această cale.

Pe măsură ce tehnologiile XR — aceste veritabile artefacte ale contemporaneității — vor deveni tot mai pătrunzătoare și accesibile, integrarea lor în gândirea și practica arhitecturală se va face nu doar ca un pas firesc, ci ca un salt necesar. Cercetările viitoare și metodologiile pedagogice inovatoare, care să îmbine rigoarea tradiției cu libertatea explorării imersive, vor fi fundamentale pentru a înțelege și cultiva impactul acestor tehnologii asupra gândirii vizuale a proiectantului, oferind astfel o nouă deschidere către zările creativității umane.

Declaraţie de conformitate

Acest articol a fost redactat cu asistența modelului de inteligență artificială generativă ChatGPT de la OpenAI. Utilizarea acestui instrument a fost limitată exclusiv la trierea datelor şi la redactarea textului fără a influența conținutul științific, interpretările sau concluziile prezentate în acest articol. Toate ideile, interpretările și concluziile sunt ale autorului, care își asumă întreaga responsabilitate pentru acuratețea și integritatea acestora.

Note

1. Moen, K.C., Beck, M.R., Saltzmann, S.M. et al. (2020). Strengthening spatial reasoning: elucidating the attentional and neural mechanisms associated with mental rotation skill development. Cogn. Research 5, 20 https://doi.org/10.1186/s41235-020-00211-y
2. Ishikawa, T. (2021). Spatial thinking, cognitive mapping, and spatial awareness. Cogn Process 22 (Suppl 1), 89–96 https://doi.org/10.1007/s10339-021-01046-1
3. Šafhalter, A., Glodež, S., Šorgo, A. et al. Development of spatial thinking abilities in engineering 3D modeling course aimed at lower secondary students. Int J Technol Des Educ 32, 167–184 (2022). https://doi.org/10.1007/s10798-020-09597-8
4. Balin S, Bolognesi CM, Borin P. (2023) Integration of Immersive Approaches for Collaborative Processes with Building Information Modeling (BIM) Methodology for the AEC Industry: An Analysis of the Current State and Future Challenges. Virtual Worlds 2(4):374-395. https://doi.org/10.3390/virtualworlds2040022
5. Chu, C., Bernstein, W., Zhang, Y. “., Krishnamurthy, V. R., and Ma, J. (2024). Special Issue: Extended Reality in Design and Manufacturing. ASME. J. Comput. Inf. Sci. Eng. March 2024; 24(3): 030301.
6. Milgram, P. & Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies. https://doi.org/10.1117/12.197321

7. Dan Y, Shen Z, Zhu Y, Huang L. (2021). Using Mixed Reality (MR) to Improve On-Site Design Experience in Community Planning. Applied Sciences. 11(7):3071.
8. Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. Articol prezentat în Proceedings of IFIP Congress.
9. Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. Articol prezentat în Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, part I.
10. Lanier, J., & Biocca, F. (1992). An insider's view of the future of virtual reality. Journal of Communication, 42(4), 150-172.
11. Robinett, W. (1992). Synthetic experience: A proposed taxonomy. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 1(2), 229-247.
12. Milgram, P. & Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies. https://doi.org/10.1117/12.197321
13. Ji, N., Zhang, F., Zhang, H. et al. (2023). Mixed reality depth contour occlusion using binocular similarity matching and three-dimensional contour optimisation. Virtual Reality 27, 887–901 (2023).
14. Evangelidis, Konstantinos & Papadopoulos, Theofilos & Sylaiou, Stella. (2021). Mixed Reality: A Reconsideration Based on Mixed Objects and Geospatial Modalities. Applied Sciences. 11. 2417. https://doi.org/10.3390/app11052417
15. Interaction Design Foundation - IxDF. (2022, January 24). What is Extended Reality (XR)?. Interaction Design Foundation - IxDF. Accesata la 1 sept 2024. https://www.interaction-design.org/literature/topics/extended-reality-xr
16. Schkolne, S. & Keefe, D. (2001) Visual Space After Virtual Reality. In Proceedings of Young VR 2001 https://www.researchgate.net/publication/2894579_Visual_Space_After_Virtual_Reality
17. Messner, J.I.; Yerrapathruni, S.C.; Baratta, A.J.; Whisker, V.E. (2003) Using virtual reality to improve construction engineering education. În Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Nashville, TN, SUA, 22-25 iunie 2003. https://peer.asee.org/11970
18. Schnabel, M.A.; Kvan, T. (2003) Spatial understanding in immersive virtual environments.

Int. J. Archit. Comput. 2003, 1, 435-448. https://doi.org/10.1260/147807703773633455
19. Bruder, G.; Steinicke, F.; Hinrichs, K.H. (2009) Arch-explore: A natural user interface for immersive architectural walkthroughs.. În Proceedings of the 2009 IEEE Symposium on 3D User Interfaces, Lafayette, LA, SUA, 14-15 martie 2009; pp. 75-82.
20. Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. Articol prezentat în Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, part I.
21. Hajirasouli, A., Banihashemi, S. (2022). Augmented reality in architecture and construction education: state of the field and opportunities. Int J Educ Technol High Educ 19, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00343-9
22. Ayer, S. K., Messner, J. I., & Anumba, C. J. (2016). Augmented reality gaming in sustainable design education. Journal of Architectural Engineering, 22(1) https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000195
23. Dan Y, Shen Z, Zhu Y, Huang L. (2021). Using Mixed Reality (MR) to Improve On-Site Design Experience in Community Planning. Applied Sciences. 11(7):3071. https://doi.org/10.3390/app11073071
24. Lv, Z., Xie, S., Li, Y., Hossain, M. S., & El Saddik, A. (2022). Building the metaverse using digital twins at all scales, states, and relations. Virtual Reality & Intelligent Hardware, 4(6), 459-470.
https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.06.005
25. Balin S, Bolognesi CM, Borin P. (2023) Integration of Immersive Approaches for Collaborative Processes with Building Information Modeling (BIM) Methodology for the AEC Industry: An Analysis of the Current State and Future Challenges. Virtual Worlds 2(4):374-395. https://doi.org/10.3390/virtualworlds2040022
26. Chang H-M, Hsu T-W, Tsai M-H, Babu SV, Chuang J-H. (2024). Design and Evaluation of an Asynchronous VR Exploration System for Architectural Design Discussion Content. Virtual Worlds 3(1):1-20. https://doi.org/10.3390/virtualworlds3010001
27. Collider Visuals SRL. Accesat la 1 sept. 2024 https://collidervisuals.com/
28. Chang H-M, Hsu T-W, Tsai M-H, Babu SV, Chuang J-H. (2024). Design and Evaluation of an Asynchronous VR Exploration System for Architectural Design Discussion Content. Virtual Worlds 3(1):1-20. https://doi.org/10.3390/virtualworlds3010001
29. Pascale, 4 May 2017, Architecture News. Accesat la 30 aug. 2024. https://studyarchitecture.com/blog/architecture-news/university-cincinnati-explores-virtual-reality-architecture/
30. Andrade, B., & Loddo, M. (2021). Immersive Technologies for Education in Heritage & Design: An online program adapted for the Architecture track in times of COVID-19. In CHNT 2021: 26th Conference on Cultural Heritage and New Technologies: The World's Heritage in the Digital Age–New Technologies towards Sustainable Research, Conservation and Communication. Propylaeum. https://research.tudelft.nl/en/publications/immersive-technologies-for-education-in-heritage-amp-design-an-on

31. Pagina UNATC pentru masterul: Interactive Technologies for Performing and Media Arts, accesata la 1 sept. 2024: https://itpma.notion.site/Interactive-Technologies-for-Performing-and-Media-Arts-MA-cd956fc088f242638d627561f9d65a61
32. Pagina UBB pentru masterul: Digital Interactive Arts, accesata la 1 sept. 2024: https://teatrufilm.ubbcluj.ro/cinema-media-romana/master/digital-interactive-arts/
33. Pagina UPB pentru masterul: Grafică, Multimedia și Realitate Virtuală (GMRV), accesată la 1 sept. 2024 (not secure): https://3d.pub.ro/master/
34. Atelier Experimental "Mac Popescu", UAUIM 2020. Accesata la 1 sept. 2024. https://atelier-macpopescu.wixsite.com/uauim/proiecte
35. DiVIRTUE (2024-2027) Development of Training Schemes with Application of Virtual Reality towards Implementation of Decarbonized New and Existing Buildings. Accesat la 1 sept 2024. https://www.elke.ntua.gr/en/research_project/life23-cet-divirtue-development-of-training-schemes-with-application-of-virtual-reality-towards-implementation-of-decarbonized-new-and-existing-buildings-2/

Webografie

Collider Visuals SRL. Accesat la 1 sept. 2024
https://collidervisuals.com/

Pascale, 4 May 2017, Architecture News. Accesat la 30 aug. 2024.
https://studyarchitecture.com/blog/architecture-news/university-cincinnati-explores-virtual-reality-architecture/

Andrade, B., & Loddo, M. (2021). Immersive Technologies for Education in Heritage & Design: An online program adapted for the Architecture track in times of COVID-19. In CHNT 2021: 26th Conference on Cultural Heritage and New Technologies: The World's Heritage in the Digital Age–New Technologies towards Sustainable Research, Conservation and Communication. Propylaeum.
https://research.tudelft.nl/en/publications/immersive-technologies-for-education-in-heritage-amp-design-an-on

Pagina UNATC pentru masterul: Interactive Technologies for Performing and Media Arts, accesata la 1 sept. 2024:
https://itpma.notion.site/Interactive-Technologies-for-Performing-and-Media-Arts-MA-cd956fc088f242638d627561f9d65a61

Pagina UBB pentru masterul: Digital Interactive Arts, accesata la 1 sept. 2024:
https://teatrufilm.ubbcluj.ro/cinema-media-romana/master/digital-interactive-arts/

Pagina UPB pentru masterul: Grafică, Multimedia și Realitate Virtuală (GMRV), accesată la 1 sept. 2024 (not secure):
https://3d.pub.ro/master/Atelier Experimental "Mac Popescu", UAUIM 2020. Accesata la 1 sept. 2024.

https://ateliermacpopescu.wixsite.com/uauim/proiecte

DiVIRTUE (2024-2027) Development of Training Schemes with Application of Virtual Reality towards Implementation of Decarbonized New and Existing Buildings. Accesat la 1 sept 2024.

https://www.elke.ntua.gr/en/research_project/life23-cet-divirtue-development-of-training-schemes-with-application-of-virtual-reality-towards-implementation-of-decarbonized-new-and-existing-buildings-2/

TABELUL 1

Şase platforme Metaverse pentru proiectare colaborativă în industriile AEC (Architecture, Engineering, Construction)

platforma	link	descriere generala	compatibilitate dispozitive	unelte de personalizare	acces si securitate	interactiune sociala
IrisVR	https://irisvr.com/	Platformă VR destinată industriei de arhitectură, inginerie și construcții, oferind uneltele necesare pentru revizuirea modelelor BIM.	IrisVR este compatibilă cu majoritatea headset-urilor VR populare, inclusiv Oculus și HTC Vive, precum și cu dispozitivele Windows Mixed Reality. Cu toate acestea, pentru a funcționa, IrisVR necesită conectarea la un sistem desktop Windows	IrisVR permite deschiderea și editarea fișierelor 3D în formate populare precum Navisworks, Revit și Rhino. Acestea sunt disponibile ca plugin-uri directe și recrează metadatele elementelor într-un mediu VR fără pierderi. Suportă integrarea fișierelor 3D.	Utilizează măsuri moderne de securitate; permite gestionarea accesului și permisiunilor utilizatorilor; oferă acces facil prin intermediul browserului și suportă diverse dispozitive. Necesită abonament, cu planuri de la 225 USD / lună	Permite organizarea de întâlniri multi-utilizator pentru revizuirea fișierelor BIM. Utilizatorii pot fi reprezentați prin avatare stilizate și pot naviga liber prin spațiul VR, adăugând adnotări spațiale și marcând elementele de design.
Nvidia Holodeck	https://www.nvidia.com/en-us/industries/aec/	O platformă VR avansată destinată colaborării și simulărilor fotorealiste. A fost conceputa pentru a sprijini diverse industrii, de la arhitectură și inginerie până la dezvoltare de produse și divertisment	Accesibilă pe diverse dispozitive VR, inclusiv HTC Vive și Oculus Rift, necesitând însă conexiune la PC.	Permite importul și vizualizarea de modele 3D fotorealiste din date CAD, oferind un mediu detaliat și precis pentru proiectare și simulare. Platforma replică legile fizicii în VR, permițând utilizatorilor să interacționeze cu obiectele și mediul în mod realist.	Platforma este încă în faza de acces timpuriu, iar utilizatorii pot aplica pentru a participa la acest program. Nvidia utilizează tehnologii de învățare profundă și AI pentru a îmbunătăți capabilitățile platformei, asigurându-se că datele sunt protejate corespunzător	Suportă interacțiuni sociale complexe, inclusiv feedback vizual, vocal și gestual imediat

TheWild	https://thewild.com/	Colaborare VR pentru industria construcțiilor - serviciu de realizare a spațiilor virtuale adecvate pentru ca echipele de constructori să prezinte, să colaboreze și să revizuiască proiecte împreună de oriunde.	Compatibilă cu multiple dispozitive, inclusiv Meta Quest, HTC Vive, Oculus Rift, Windows Mixed Reality, și dispozitive desktop (Mac și PC). Utilizatorii pot accesa The Wild fără a necesita PC-uri de înaltă performanță.	Integrează direct cu Revit, SketchUp și BIM 360, permițând importul ușor al modelelor 3D din principalele formate de fișiere. Astfel modelele și datele pot fi manipulate și vizualizate în context imersiv, adăugând metadate BIM pentru context suplimentar.	Oferă stocare nelimitată și securizată în cloud, asigurând accesul la conținut de oriunde. De asemenea, permite gestionarea accesului la diferite niveluri, menținând datele utilizatorilor în siguranță. Nu utilizează tehnologia blockchain pentru gestionarea accesului sau a conținutului.	Oferă colaborare în timp real pentru până la opt utilizatori într-un spațiu virtual, cu instrumente pentru schițare și adnotare nativă. Utilizatorii pot comunica prin comentarii speech-to-text, facilitând colaborarea asincronă
Vrex	https://www.vrex.no/	Oferă servicii de colaborare online pentru industria AEC, facilitând întâlniri virtuale pentru recenzii de proiecte, discuții și luarea deciziilor bazate pe modele BIM și CAD.	Accesibilă pe PC și VR (atât conectat la PC (PC-VR), cât și pe dispozitive VR autonome)	Spațiile de întâlnire sunt create de utilizatori pe baza modelelor lor 3D. Acceptă de încărcat atât modele 3D cât și point cloud. Se poate sincroniza programul cu cloud-ul, însă doar pentru niște programe BIM mai puțin uzuale ca Navisworks și ACC/ BIM360 (nu Revit/ Allplan / Archicad)	Vrex respectă standardele ISO pentru schimbul de date securizate. Accesul utilizatorilor în platformă necesită un cont Vrex sau un cod de acces pentru camerele virtuale	Oferă comunicare prin voce, posibilitatea de a lua notițe, de a crea schițe și de a gestiona problemele direct în VR. Utilizatorii pot interacționa prin avataruri personalizate, iar sesiunile pot include membri ai echipelor, parteneri și alți colaboratori

WorldViz	https://www.worldviz.com/	O soluție de metaverse pe comanda versatilă și scalabilă, ideală pentru aplicații de cercetare, educație și formare profesională. **De interes academic**: fac laboratoare VR pentru universități, de la proiectare la execuție, inclusiv consultanță pentru scrierea aplicațiilor de finanțare universitară	Oferă soluții de realitate virtuală (VR) și realitate augmentată (AR) compatibile cu diverse headset-uri, inclusiv HTC Vive, Oculus Rift și Windows Mixed Reality. Platforma este concepută pentru a fi scalabilă și extensibilă, permițând conectarea la o gamă largă de dispozitive hardware și fluxuri de date în timp real	Incorporează Vizible, o platformă de design și colaborare VR pentru profesioniști din domeniile auto, aerospațial și construcții. Vizible permite utilizatorilor să colaboreze în timp real, să utilizeze funcții de desenare, indicatoare laser și să importe diverse formate de fișiere, inclusiv modele 3D și videoclipuri 360. Integrează AI pentru a crea simulări personalizate și pentru a răspunde interacțiunilor utilizatorilor în mod dinamic.	Asigură măsuri stricte de securitate pentru protecția datelor utilizatorilor și controlul accesului la conținut. Permite gestionarea accesului pe baza permisiunilor. Oferă soluții ușor accesibile și scalabile pentru utilizatori, permițându-le să se conecteze și să colaboreze în mediile virtuale fără costuri inițiale mari. Platforma este concepută pentru a fi intuitivă și ușor de utilizat.	Suportă interacțiuni sociale cu feedback vizual, vocal și gestual. Oferă funcționalități avansate de analiză, inclusiv colectarea de date fiziologice și urmărirea mișcărilor oculare.
SIM Insight	https://www.siminsights.com/	Soluție integrală trainingurilor VR și AR	compatibilă cu o gamă largă de dispozitive, inclusiv PC, Mac, iOS, Android și căști VR precum Oculus Quest și HTC Vive	Platforma suportă importul de scene 3D realizate în aplicații externe, facilitând integrarea conținutului personalizat. / Permite încărcarea și gestionarea fișierelor audio, video, imagini și obiecte 3D create în afara platformei / Utilizează inteligența artificială pentru a crea personaje virtuale care pot ghida utilizatorii și răspunde la întrebări, îmbunătățind interacțiunea și învățarea/ oferă funcționalități de analiză și raportare	SimInsights a obținut conformitatea SOC 2 Type 1 / Nu utilizează tehnologia blockchain sau impune tranzacții financiare pentru acces./ Utilizatorii invitați pot accesa platforma fără costuri obligatorii, deși pot exista opțiuni de monetizare pentru funcționalități avansate./ Platforma permite conectarea printr-un link și necesită doar crearea unui cont și, în unele cazuri, instalarea software-ului corespunzător	Platforma oferă funcționalități de chat vocal și text, permițând utilizatorilor să comunice eficient în timpul sesiunilor colaborative și să își customizeze avatarele