



Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013
Investește în oameni!

Proiect Doc-Postdoc - POSDRU/159/1.5/S/137390

Cercetarea doctorală și postdoctorală prioritate a învățământului superior românesc (Doc-Postdoc)



UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI
Facultatea de Automatică și Calculatoare
 Departamentul GRAFICĂ

Nr. Decizie Senat 237 din 02.09.2015

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

SISTEME E-LEARNING BAZATE PE TEHNOLOGII AVANSATE ÎN SPAȚII VIRTUALE 3D

E-LEARNING SYSTEMS BASED ON ADVANCED TECHNOLOGIES IN 3D VIRTUAL SPACES

Autor: Livia ȘTEFAN

Conducător științific: Prof. dr. ing. Florica MOLDOVEANU

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. dr. ing. Adina Magda Florea	Universitatea POLITEHNICA din București
Conducător științific	Prof. dr. ing. Florica Moldoveanu	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. dr. ing. Ștefan Pentiu	Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava
Referent	Prof. dr. ing. Ion Roceanu	Universitatea Națională de Apărare „CAROL I”
Referent	Prof. dr. ing. Mariana Mocanu	Universitatea POLITEHNICA din București

București

REZUMAT

Teza își propune să aprofundeze cunoașterea tehnologiilor actuale de Virtual Reality (VR) sub toate formele ei, și în particular în implementările de **lumi virtuale 3D online**, să realizeze o sinteză și o evaluare a acestora din perspectiva utilizării educaționale și a exploataării unor paradigme moderne de învățare (experiențială, participativă, colaborativă dar și individuală). Interesul pentru subiectul propus este determinat de deschiderea acestuia către o abordare *multi-disciplinară*, tehnică și educațională, de stadiul încă în evoluție tehnologică, care justifică cercetarea.

În prima parte teza evaluează stadiul actual al tehnologiilor pure de VR, al celor derivate din acestea, de exemplu, medii virtuale 3D online, jocuri online MMO (*Massively Multiplayer Online*) și jocurile educaționale, și al celor înrudite, Realitatea Augmentată (AR) și tehnologii de realitate mixtă (MR). Sunt prezentate pe larg caracteristicile "state-of-the-art" ale serverului de aplicații 3D online OpenSimulator, în comparație cu platforma comercială Second Life. De asemenea, se prezintă o sinteză a aspectelor esențiale ale sistemelor virtuale de e-Learning de tip LMS-CMS, care continuă să fie resurse importante și în evoluție. Evaluările tehnologiilor VR/AR/MR pun în evidență aspectele tehnice, implementări remarcabile, impactul pedagogic specific, limitări ale implementărilor, și sunt completate cu experimentări practice ale autoarei, evaluate cu utilizatori reali.

Partea a doua a tezei prezintă cercetarea aplicativă și evaluarea experimentală referitoare la implementarea unor **instrumente educaționale în realitate mixtă, colaborative și adaptive** în cadrul unui *simulator 3D experimental de tip campus*, implementat pe platforma **OpenSimulator**. Obiectivele cercetării au fost identificarea și aplicarea mecanismelor de **extensibilitate** ale OpenSimulator, necesare pentru un design flexibil și adaptiv al unui simulator complex, precum și integrarea de elemente de **gamificare** și de instrumente de **analitică a învățării** (*Learning Analytics*), pentru stimularea motivației și măsurarea unor parametri de utilizare ai simulatorului. Tot în această parte, se prezintă integrarea simulatorului experimental în proiectul "3DUPB", pentru a fi utilizat într-un context multi-utilizator, precum și rezultatele experimentării și ale evaluării cu utilizatori de la trei universități.

În finalul tezei se prezintă o metodologie de lucru, concluzii și perspective ale acestei cercetări.

Mulțumiri

Adresez mulțumiri conducătoarei tezei de doctorat, Doamnei Profesor dr. ing. Florica Moldoveanu, UPB București, pentru îndrumarea și susținerea morală de-alungul studiilor doctorale.

Mulțumesc D-lui Profesor dr. ing. Alin Moldoveanu, UPB București, pentru coordonarea în cadrul proiectului “3DUPB”.

Mulțumesc D-lui Profesor dr. arh. Dragoș Gheorghiu, UNA București, pentru posibilitatea pe care mi-a oferit-o de a realiza cercetări de e-Learning și pentru perspectiva multi-disciplinară.

Mulțumesc D-lui ing. Gheorghe Samoilă, ITC București, pentru sugestiile oferite de-alungul timpului și susținere morală.

Mulțumesc Doamnei Profesor dr. ing. Carmen Holotescu, Universitatea "Ioan Slavici" Timișoara, pentru colaborare științifică și sugestiile oferite.

Mulțumesc D-lui Profesor dr. Sorin Hermon pentru posibilitatea pe care mi-a oferit-o de a realiza un stagiul profesional la Cyprus Institute of Technology, Nicossia, Cipru.

Mulțumesc D-lui Asistent drd. ing. Alexandru Grădinaru, UPB București, pentru colaborarea în cadrul proiectului “3DUPB”.

Mulțumesc D-lui student master Marius Hodea, UNA București, pentru colaborarea la modelarea grafică 3D a campusului virtual.

Această lucrare a fost efectuată în cadrul Programului Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane (POS DRU), finanțat din Fondul Social European și Guvernul României prin contractul nr. POS DRU/159/1.5/S/137390.

Mulțumesc Doamnei Lector dr. ing. Adriana Lungu și domnului Conferențiar dr. ing. Paul Stănescu, coordonatorii grupului țintă din care am făcut parte.

Și nu în ultimul rând, mulțumesc părinților mei.

LISTA PUBLICATIILOR STIINTIFICE ÎN PERIOADA 2012-2015

- [1] [STEF, 2015/1] Ștefan, L., Moldoveanu, F. (2015a). *Gamified 3D Virtual Learning Environment For Improved Students' Motivation And Learning Evaluation. A Case Study On "3DUPB" Campus*, Proceeding of the 11th International Scientific Conference *eLearning and software for Education (eLSE)*, București, 25-26 aprilie, Editura Universității Naționale de Apărare "Carol I", ISSN: 2066-026X-15-104, vol. I, pp. 94-101 (*în curs de indexare ISI proceedings*).
- [2] [STEF, 2015/2] Ștefan, L., Moldoveanu, F., & Moldoveanu, A. (2015) (*în curs de publicare*). *Evaluation of OpenSimulator extensibility by designing collaborative and adaptive 3D Learning Objects*, Buletinul Științific UPB (indexată BDI, CNCSIS B+).
- [3] [STEF, 2015/3] Ștefan, L. (2015). *Mixed-Reality Adaptive 3D Multi-User Online Communities Of Practice In Academic Education Tackling Students Motivation And Teachers' Self-Efficacy*, Doctoral Consortium of the International Conference on Computer Supported Education CSEDU 2015 (DCCSEDU 2015), 23-25 Mai Lisabona, pg. 16-22 (indexată BDI, SCITEPRESS Digital Library).
- [4] [STEF, 2015/4] Ștefan, L., & Moldoveanu, F. (2015b). *Learning Analytics-based Multi-Purpose Evaluation of a Mixed-Reality 3D Virtual Campus*, *Computers&Education Journal* (indexată ISI Thomson), submisă 8 august 2015, *în curs de evaluare*.
- [5] [STEF, 2015/5] Ștefan, L., Hermon, S., Moldoveanu, F., Faka, M., & Hodea M. (2015) *Prototyping 3D Virtual Learning Environments with X3D-based Content and Visualization Tool*, *în curs de submitere*.
- [6] [GHEO, 2015] Gheorghiu, D., & Ștefan, L. (2015). *E-learning portals and mobile personal learning environments as new learning ecosystems*, Proceeding of the 11th International Scientific Conference *eLearning and software for Education (eLSE)*, București, 25-26 aprilie, Editura Universității Naționale de Apărare "Carol I", ISSN: 2066-026X-15-104, vol. I, pp. 94-101 (*în curs de indexare ISI proceedings*).
- [7] [MOLD, 2014] Moldoveanu, A., Grădinaru, A., Ferche, O. A., & Ștefan, L., (2014). *The 3D UPB Mixed Reality Campus - Challenges of Mixing the Real and the Virtual*, *International Conference on System Theory, Control and Computing ICSTCC 2014*, Sinaia, 17-19 octombrie, ISBN 978-1-4799-4602-0, pp. 544-549 (indexat IEEE, *în curs de indexare ISI Proceedings*).
- [8] [STEF, 2014/1] Ștefan, L., Moldoveanu, F., & Moldoveanu, A. (2014). *Blended Learning In A Mixed Reality-Based 3D Multi-User Virtual Environment*, Proceeding of the 10th International Scientific Conference *eLearning and software for Education (eLSE)*, București, 23-24 aprilie, Editura Universității Naționale de Apărare "Carol I", ISSN: 2066 - 026X -14-015, vol. I, pp. 105-112 (indexată ISI proceedings).
- [9] [STEF, 2014/2] Ștefan, L., & Gheorghiu, D., (2014). *3D Cyber-Communities Of Learning. An Immersive Educational Strategy For Rural Areas*, *Proceedings of The International Conference Smart 2014 Social Media în Academia: Research and Teaching*, 18-21 septembrie, Timisoara, Editura Medimond International Proceedings (*în curs de indexare ISI proceedings*).
- [10][STEF, 2014/3] Ștefan, L., & Gheorghiu, D. (2014). (*în curs de publicare*). *Participative Teaching with Mobile Devices and Social Networks for K-12 Children*, în Bogdan Pătruț și Carmen Holotescu (ed.), "Social Media în Universities: Good Practices around the World", Springer (**capitol de carte**).
- [11][GHEO, 2014] Gheorghiu, D., & Ștefan, L., (2014). *3D Online Virtual Museum as e-Learning tool*, *Proceedings of The 6th International Conference on Computer Supported Education CSEDU 2014*, 1-3 Aprilie 2014, Barcelona, pg 379 - 388 (*în curs de indexare ISI Proceedings*).
- [12][STEF, 2013/1] Ștefan, L., & Moldoveanu, F. (2013). *Game-Based Learning With Augmented Reality – From Technology's Affordances To Game Design And Educational Scenarios*, *Proceedings of the 9th International Scientific Conference, eLearning and software for Education (eLSE)*, București, București. Editura Universității Naționale de Apărare "Carol I", ISSN : 2066-026X-13-124, vol. I, pp. 105-114 (indexată ISI proceedings).

- [13][**STEF, 2013/2**] Ștefan, L., & Gheorghiu, D. (2013). *Participative Teaching For Undergraduate Students With Mobile Devices And Social Networks*, Proceedings of *Social Media în Academics: Research and Teaching International Conference (Smart2013)*, Bacău, Editura Medimond International Proceedings, ISBN: 978-88-7587-686-9, pp. 129-138 (indexată **ISI proceedings**).
- [14][**STEF, 2013/3**] Ștefan, L., Gheorghiu, D., Moldoveanu, F., & Moldoveanu, A. (2013). *Ubiquitous learning solutions for remote communities – a case study for k-12 classes în a Romanian village*, Workshop "Design and Spontaneity în Computer-Supported Collaborative Learning" (DS-CSCL), Proceedings of *19th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS19)*, București, pp 569-574, 2013 (indexată **IEEE**).
- [15][**GHEO, 2013**] Gheorghiu, D., Ștefan, L., & Rusu, A. (2013). *E-Learning and the process of studying în virtual contexts*, în M. Ivanovic and L. Jain (eds.), *Studies în Computational Intelligence*, Volume 528 2014, e-Learning: Paradigms and applications. Agent – based approach, Springer, ISBN: 978-3-642-41964-5, pp. 65-95 (**capitol carte**).
- [16][**STEF, 2012/1**] Ștefan, L. (2012). *Prototipuri de interacțiune om-mașină și tipuri de aplicații educaționale specifice realității îmbogățite pe dispozitive mobile*, *ROCHI 2012 Conferința Națională de Interacțiune Om-Mașină*, București, *Revista Română de Interacțiune Om-Mașină*, ISSN 1843-4460, pp. 26-30 (indexată **BDI Copernicus**, EBSCO, ProQuest).
- [17][**STEF, 2012/2**] Ștefan, L. (2012). *Immersive Collaborative Environments for Teaching and Learning Traditional Design*, Proceedings of *World Conference on Design, Arts and Education DAE2012*. Procedia – Social and Behavioral Sciences, Elsevier, Amsterdam, Volume 51, pp. 1056-1060, (indexată **ISI proceedings**).
- [18][**STEF, 2012/3**] Ștefan, L. (2012). *The Art of Collage and Augmented Reality 2D/3D Techniques*, Proceedings of *Applied Mathematics Conference APLIMAT2012*, Journal of Applied Mathematics, Institute of Mathematics and Physics, Faculty of Mechanical Engineering, Slovak University of Technology, Bratislava, ISSN: 1337-6365, vol.5, pp. 99-110 (**indexată BDI, în curs de indexare ISI Proceedings**).
- [19][**GHEO, 2012**] Gheorghiu, D. & Ștefan, L. (2012). *Mobile Technologies and the Use of Augmented Reality for Saving the Immaterial Heritage*, *The 13th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST2012*, 19-21 November 2012, Brighton, UK. (indexată **BDI**).
- [20] Ștefan, L., Gheorghiu, D. (2015). *E-Cultural Tourism for Highlighting the “Invisible” Communities— Elaboration of Cultural Routes Using Augmented Reality for Mobile Devices (MAR)*. 2015, în Sergiu Musteață and Ștefan Caliniuc (ed.), *Current Trends în Archaeological Heritage Preservation: National and International Perspectives*, Proceedings of *The International Conference*, Iași, Romania, 2013, BAR International Series 2741, ISBN:9781407314006, Oxford.
- [21]Gheorghiu, D., Ștefan, L. (2014). *Augmenting the Archaeological Record with Art: The Time Maps Project*, In V. Geroimenko (ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium*, ISBN 978-3-319-06203-7, Springer, pp.255-276 (**capitol carte**).
- [22]Gheorghiu, D., Ștefan, L. (2013), *In between: experimenting liminality*, în Lanfranco Aceti și Richard Rinehart (ed.), *Leonardo Almanach, Not Here, Not There*, ISBN: 978-1-906897-20-8, vol. 19 (1), pp. 44-61 (**capitol carte**).

Participare în cadrul *Doctoral Consortium of the International Conference on Computer Supported Education CSEDU 2015 (DCCSEDU 2015)*, 23-25 Mai Lisabona, 2015.

Participare în cadrul proiectului „3DUPB”, Universitatea POLITEHNICA din București.

CUPRINS

LISTA PUBLICATIILOR STIINTIFICE ÎN PERIOADA 2012-2015	4
1. Introducere	7
1.1 Motivația temei de cercetare	8
1.2 Contribuții originale	8
1.3 Metodologia utilizată	10
1.4 Structura tezei	10
2. Sisteme de e-learning actuale	11
2.1 Sisteme personale de învățare	12
2.2 Cursuri online cu participare masivă	12
2.3 Mobile Learning	13
2.4 Învățare socială	13
2.5 Medii virtuale de învățare 2D	13
2.6 Medii virtuale de învățare 3D	13
2.7 Lumi virtuale 3D	14
2.8 Medii online cu utilizare masivă	14
2.9 Învățarea cu ajutorul jocurilor (Game-Based-Learning)	14
2.10 Analitica învățării (Learning Analytics)	14
2.11 Conținutul educațional digital	14
3. Tehnologii specifice sistemelor de e-learning tradiționale	15
4. Tehnologii specifice sistemelor de e-learning în spații virtuale 3D	16
4.1 Sisteme de Realitate Virtuală	16
4.2 Realitatea Augmentată	17
4.3 Lumi virtuale 3D online	18
4.4 Lumi virtuale 3D în browser	20
4.5 Integrarea lumilor virtuale 3D cu LMS- proiectul SLOODLE	20
4.6 Concluzii	21
5. Studii de caz soluții pentru medii virtuale 3D de tip campus universitar	22
6. Dezvoltări experimentale și evaluarea tehnologiilor VR și AR în context e-learning	24
6.1 Aplicații educaționale cu Realitate Augmentată pe telefoane mobile	24
6.2 Simulatoare 3D în OpenSim	25
6.2.2 Experimentare serviciu RESTFUL	26
6.3 Schimb de experiență la Cyprus Institute Of Technology	26
7. Evaluarea cerințelor de proiectare ale unui spațiu virtual 3D online de tip campus	27
8. Implementarea unui campus 3D online gamificat	29
8.1 Descriere funcțională	29
8.2 Modelarea grafică	31
8.3 Obiecte 3D educaționale, de gamificare și monitorizare mediu virtual	32
8.4 Realitatea mixtă	33
8.5 Extensibilitatea OpenSim	33
8.6 Gamificarea simulatorului educațional	33
8.7 Exemplificare implementare simulator de campus 3D online	34
8.8 Implementare concept de Learning Analytics în lumea virtuală	35
9. Studii de caz pentru validarea simulatorului de campus 3D online	37
9.1 Evaluarea formală	37
9.2 Descrierea experimentelor	38
9.3 Interpretarea studiilor de caz și a rezultatelor	39
9.4 Concluzii privind verificarea ipotezei cercetării	39
10. Prototipizarea spațiului virtual 3D și reutilizarea resurselor	40
11. Concluzii	41
Bibliografie SELECTIVĂ	42

Motto:

“One can never experience both realities in the same time! But if one is experienced, the other is present as well.”

Lev Manovich “ The Poetics of Augmented Spaces”, 2002

1. INTRODUCERE

Prezenta cercetare doctorală se încadrează în categoria sistemelor de realitate virtuală (*Virtual Reality*) pentru învățare și predare, care beneficiază de un mediu grafic 3D, online, multi-utilizator. Cercetări ale științelor sociale, cognitive, psihologice (Vyotsky,1978;Piaget, 1977;Papert,1991) au contribuit la definirea unor paradigme și stiluri noi de predare și învățare, precum și la o abordare științifică a acestui domeniu (Gagné, 1987; Driscoll, 2000).

Conceptul de **metaverse** (Smart,Cascio&Paffendorf, 2007) reprezintă o colecție de lumi virtuale online interconectate, similar unui internet 3D, și este promovat prin Open Metaverse Project. Mediile virtuale 3D online actuale, denumite și **lumi virtuale**, sunt implementări izolate ale conceptului metaverse. **Lumile virtuale educaționale** reprezintă o categorie de sisteme de **realitate virtuală** (VR), care pot simula în timp real un context de învățare, fie ca reconstituire a unor modele reale, fie ca modelări pur virtuale. Specificul lor sunt reprezentarea grafică a utilizatorilor ca avatari, **imersiunea**, **persistența**, **interacțiunea socială**, dar mai ales faptul ca utilizatorii creează conținut. Pentru a apropia mediul simulat de cel real, dar și pentru a-l extinde pe cel real (fizic), cercetările în acest domeniu explorează realizarea unui "continuum real-virtual" (*Real-Virtual Continuum*) (Milgram & Kishino,1994), prin implementarea de sisteme de Virtualitate Augmentată (*Augmented Virtuality*) și de Realitate Augmentată (*Augmented Reality*), denumite generic de Milgram & Kishino (1994) ca **Realitate Mixtă** (*Mixed Reality*).

În acest context se situează prezenta cercetare doctorală, care a avut loc în cadrul proiectului de cercetare “**3DUPB**” (3DUPB, 2015), inițiat în 2010 de Departamentul de Calculatoare, colectivul de Grafică și Realitate Virtuală din Facultatea de Automatică și Calculatoare, Universitatea POLITEHNICA din București (UPB), cu obiectivul de a implementa o clonă virtuală a UPB ca spațiu masiv multi-utilizator online (*Massive Multi-Player Online* - MMO), extensibil, bazat pe servicii integrate, pe platforma OpenSimulator (Moldoveanu et al.,2014).

Obiectivul general al cercetării prezente a fost studierea și evaluarea tehnologiilor virtuale 3D online utilizate în educație, și realizarea unor contribuții la utilizarea platformei OpenSimulator pentru implementarea campusului virtual 3D UPB.

Pentru realizarea obiectivelor cercetării, a fost implementat un **simulator 3D experimental de tip campus universitar** denumit “**3DCampSim**” (3DCAMPSIM blog,2015). Cercetarea a urmărit să implementeze componente funcționale care facilitează interacțiunea dintre utilizatori și mediul virtual 3D, tehnici de **realitate mixtă**, precum și componente de **gamificare și analitică a învățării** (*Learning Analytics*), utilizate în mod curent în mediile virtuale 2D. Din punct de vedere tehnic, cercetarea a urmărit exploatarea facilităților de extensibilitate oferite de OpenSimulator, pentru realizarea unui mediu dinamic și adaptiv [STEF,2015/3]. Serverul “3DUPB”, a fost utilizat ca platformă de test (*test-bed*), pentru demonstrarea și evaluarea funcționalităților implementate.

Utilizarea simulatorului 3D de campus poate fi complementară, dar mai ales alternativă, la activitățile cu prezență fizică, urmând paradigma de învățare hibridă (*blended learning*) (Diaz, 2010). Simulatorul acoperă cele 3 aspecte principale ale procesului educațional: *predare*, *învățare*, *testare* și demonstrează trei stiluri de învățare în medii virtuale 3D: *imersivă*, *colaborativă* și *socială*. De asemenea, asigură suportul unor funcționalități existente în mediul

real, dar și al unora mai dificil de realizat cu mijloacele de e-Learning tradiționale, de ex. evaluarea reciprocă (*peer assessment*), activități colaborative.

Instrumentele de evaluare sunt realizate în scopul verificării conformității proiectării mediului virtual cu standarde de **utilizabilitate** și estimarea probabilității de **acceptare** a tehnologiei de campus virtual 3D de către utilizatorii finali (studenți, profesori).

1.1 MOTIVATIA TEMEI DE CERCETARE

Deși există numeroase cercetări referitoare la utilizarea în educație a lumilor virtuale 3D multi-utilizator (de Freitas,2008; Dede,2009; Savin-Baden,2010; Kapp&O'Driscoll,2010; DeCoursey & Garrett,2014), cât și a unor implementări comerciale, susținem că aceste medii nu sunt pe deplin exploatate și la scara largă în activitățile educaționale, ca suport al unor activități complexe universitare și de comunicare inter-universitară. De asemenea, paradigma realității mixte în context educațional nu a fost mult explorată.

OpenSim ca server de aplicație pentru lumi virtuale a fost luat în considerare datorită caracterului open-source, framework-ului extensibil și gratuit, capabilității multi-protocol, datorită careia poate fi accesat din diverse aplicații client. Versiunea actuală este beta, dar reprezintă un mediu stabil, adecvat pentru cercetare.

Ipoteza generală de cercetare este *“creșterea performanței învățării prin facilitarea accesului la resurse educaționale de tip campus virtual universitar și inter-universitar și crearea unei comunități de învățare și practică într-un mediu 3D online pe platforma OpenSimulator”*.

O **ipoteza specifică** de cercetare este utilizarea gamificării pentru stimularea motivației studenților și a profesorilor de a utiliza mediul virtual 3D, precum și pentru a monitoriza performanța studenților. De asemenea, gamificarea va fi utilizată ca o măsură a *auto-eficacității* profesorilor [STEF,2015/3]. Gamificarea **împreună cu** instrumentele de LA vor oferi indicatori cantitativi și calitativi, care pot contribui la eficiența utilizării unui mediu virtual 3D și implementarea unor servicii educaționale adaptate la necesități.

1.2 CONTRIBUTII ORIGINALE

1. Sinteza comparativă a platformelor Second Life și OpenSim

Sunt listate caracteristicile tehnice considerate esențiale și numărul de implementări educaționale. Sinteza prezentată sub forma unui tabel este utilă pentru o consultare rapidă ([STEF, 2014/1]).

2. Dezvoltări experimentale de realitate virtuală, realitate augmentată, mobile Learning și social media în context de e-Learning

O serie de dezvoltări experimentale au fost realizate cu scopul de a evalua gama de tehnologii disponibile pentru implementarea de spații virtuale 3D în relație cu paradigme moderne de învățare (situată, imersivă, prin descoperire, socială). Au fost implementate 4 aplicații de **realitate augmentată (AR)** pe telefoane mobile pe platformele comerciale Layar și Junaio ([STEF,2012/1],[STEF,2012/3],[GHEO,2012]). Una dintre aplicații investighează modalități de a crea aplicații AR educaționale de tip asistent (inteligente), prin utilizarea de agenți software pe platforma Android ([GHEO, 2013]). Altă aplicație investighează modalități de a crea un joc educațional cu AR, pe baza unor principii de realizare a jocurilor constructiviste ([STEF, 2013/1]).

De asemenea, au fost realizate soluții de **mobile Learning și social media** pentru zone defavorizate economic (cu infrastructura IT slabă) și evaluate ca eficiență și impact educațional ([STEF,2013/2],[STEF,2013/3], [STEF,2014/3], [GHEO, 2015]).

Platforma de **realitate virtuală** OpenSim a fost evaluată într-un experiment de realitate mixt), ([STEF,2014/1]) și într-un experiment de creare a unei comunități de învățare între 2 școli gimnaziale ([STEF, 2014/2]).

3. Studiu referitor la specificul învățării în medii imersive 3D colaborative

Rezultatele sunt valorificate în [STEF, 2012/2], [GHEO, 2014].

4. Propuneri pentru implementarea proiectului 3DUPB

O serie de propuneri generale privind implementarea unor funcții și servicii pentru platforma “3DUPB” ([MOLD,2014]) din care autoarea a desprins direcții de cercetare și implementare pentru prezenta cercetare doctorală.

5. Detalii de proiectare arhitecturală și funcțională a simulatorului de campus 3D online. Proiectarea caracteristicilor arhitecturale și funcționale ale simulatorului conține contribuții originale ([STEF, 2015/3]).

Detalii funcționale originale: a) *baza de date CampSim* pentru funcții extinse ale simulatorul de campus; b) *modulul regiune CAMPSIMModule* ([STEF,2015/2]), implementat ca add-on de tip modul regiune OpenSimulator, pentru suportul unor caracteristici dinamice și persistența datelor din simulator în baza de date CampSim; c) *augmentarea avatarurilor cu obiect 3D identificator de rol*, respectiv procedură automată de atașare la fiecare avatar a unui obiect 3D ca identificator al rolului din sistem (profesor, student, administrator, vizitator), implementată cu funcții de scripting și o funcție OpenSim MOD în C# din modulul regiune CAMPSIMModule. d) *obiecte educaționale colaborative 3D*. Constau din obiecte 3D media, configurabile pe canale de comunicație pe text-chat, alocate pe fiecare zonă a campusului. Funcționarea obiectelor este corelată cu activități din mediul virtual și cu cele din platforma Moodle și constă în interacțiunea cu avatarurile, stocarea sau preluarea de date din baza de date CampSim, prin intermediul modulului regiune CAMPSIMModule ([STEF,2015/2]). e) *concept și implementare gamificare în simulatorul de campus*. Au fost proiectate și implementate obiecte de gamificare specifice mediului 3D și reguli în legătură cu activitatea educațională a studenților și a profesorilor în cadrul simulatorului de campus. A fost concepută o regulă de gamificare și pentru motivarea profesorilor. Au fost implementate funcții de scripting și o funcție OpenSim MOD în C# în modulul regiune CAMPSIMModule, pentru afișarea de date în obiectele de tip heads-up-display (HUD) ([STEF,2015/1]); f) *sistem de monitorizare a utilizării campusului 3D online și de integrare cu unele informații din sistemul LMS Moodle*. Au fost implementate scripting și funcții OpenSim MOD pentru stocarea datelor în baza de date CampSim. Datele colectate pe termen lung pot fi utilizate pentru analiza eficienței simulatorului 3D (de ex. zone frecvent sau slab vizitate, tipuri de comunicații utilizate), precum și pentru instrumente de analitică a învățării. Metoda este originală: în cercetări similare se utilizează logurile OpenSim pentru analiza conversațiilor și a conectărilor în mediul virtual, în timp ce în CampSim se transmit date proiectate în vederea facilitării analizei, și corelate cu date din sistemul Moodle ([STEF,2015/4]); g) *concept și implementare Learning Analytics (LA) în simulatorul de campus*, pentru măsurarea efortului de participare a studenților și profesorilor la activitățile din simulatorul de campus. Pentru demonstrarea conceptului și a utilității au fost proiectate 3 rapoarte de tip *dashboard*, stocate în cloud (Google Sheets), accesibile din obiectele 3D ([STEF, 2015/4]).

6. Sinteza mecanismelor de extensibilitate ale platformei OpenSim ([STEF, 2015/2]).

7. Metodologie de proiectare, prototipizare, flux de lucru, recomandări de bună practică. Este prezentată o propunere de metodologie de proiectare, flux de lucru și recomandări de bună practică pentru implementarea a unui simulator complex de tip campus universitar, și o propunere de utilizare a standardului X3D pentru prototipizarea conținutului 3D ([STEF, 2015/5]).

8. Studii de caz pentru experimentarea și validarea simulatorului de campus.

Pentru validarea simulatorului de campus au fost selectate grupuri diferite de utilizatori, de la 3 universități tehnice și o universitate vocațională. De asemenea, s-au utilizat și adaptat framework-uri formale preluate din literatură, prin transpunerea în sondaje de utilizator, pentru evaluarea calității proiectării obiectelor educaționale, a eficienței pedagogice a mediului virtual 3D și a probabilității de acceptare a tehnologiei.

9 Sinteza performanțelor platformei OpenSim

Ca rezultat al cercetărilor proprii se prezintă în finalul tezei o sinteză a aspectelor pozitive și a deficiențelor constatate în utilizarea platformei OpenSim pentru implementarea unui simulator complex de tip campus universitar.

1.3 METODOLOGIA UTILIZATA

Dezvoltarea simulatorului educațional a ținut cont de specificul cerințelor sistemelor de e-Learning (Holotescu & Knight,2002) și de metodologia **Design Based Research** (DBR), menționată în mai multe documente (Barab & Squire,2004) ca adecvată. Proiectarea instrucțională în cadrul simulatorului **3DCampSim** a luat în considerare **taxonomia cognitivă și afectivă** a lui Benjamin Bloom (Bloom, 1956).

În metodologia de evaluare formală a simulatorului 3D s-au analizat și adaptat modele preluate din literatură: framework-ul “4D” elaborat de de Freitas și Olivier (2006); instrumentul “*Learning Object Review Instrument*” (LORI) (Vargo et al., 2003). Pentru evaluarea percepției utilizatorilor asupra utilității și a probabilității de acceptare a tehnologiei propuse, a fost utilizat modelul “*Technology Acceptance Model*” (TAM) (Davis,1989). **Interviuri, sondaje și observații directe** au fost instrumente importante de cercetare în cadrul unor studii de caz *transversale*.

1.4 STRUCTURA TEZEI

Organizarea pe capitole a tezei este următoarea: **Capitolul 1** prezintă contextul, motivația, obiectivele și contribuțiile tezei. **Capitolul 2** prezintă o sinteză a sistemelor actuale de e-Learning în conexiune cu teoriile moderne de învățare, cu evidențierea învățării colaborative. **Capitolul 3** prezintă o sinteză a tehnologiilor specifice sistemelor de e-Learning tradiționale prin evidențierea nivelului cunoașterii în domeniu (*state-of-the-art*). **Capitolul 4** prezintă un studiu referitor la tehnologii specifice sistemelor educaționale virtuale 3D, respectiv sisteme de realitate virtuală (VR), augmentată (AR), realitate mixtă (MR), lumi virtuale 3D online și jocuri educaționale. **Capitolul 5** prezintă un studiu referitor la provocările de implementare ale mediilor 3D online de tip campus, reflectate în cercetări similare tezei. **Capitolul 6** prezintă dezvoltări experimentale ale autoarei privind utilizarea tehnologiilor VR și AR în sisteme de e-Learning și rezultatele obținute. De asemenea, un subcapitol este dedicat schimbului de experiență de la Cyprus Institute of Technology. **Capitolul 7** prezintă evaluarea cerințelor de implementare a unui simulator de campus 3D online, pe baza unor interviuri și sondaje. **Capitolul 8** prezintă proiectarea, implementarea și testarea simulatorului de tip campus 3D online. Se detaliază obiectele 3D dedicate predării și învățării colaborative, implementarea gamificării și a conceptului de Learning Analytics. **Capitolul 9** prezintă studii de caz pentru validarea simulatorului 3D online, evaluarea utilizabilității și a eficienței pedagogice. **Capitolul 10** prezintă o propunere de metodologii de lucru pentru prototipizarea simulatorului și a conținutului 3D. **Capitolul 11** prezintă concluzii finale, performanțele și limitele în raport cu ipotezele cercetării, aplicabilitatea lor, precum și perspective ale cercetării.

2. SISTEME DE E-LEARNING ACTUALE

Definiții

Termnul “**eLearning**” a fost definit de Jay Cross în 1998: “eLearning is learning on Internet Time, the convergence of learning and networks” (Holotescu, 2015). Termenul “e-Learning” este menționat de Cisco, în denumirea de “e-Learning Company”, în timp ce **eLearning** a fost preferat în 2000 în documentele CE intitulate “eLearning - Designing Tomorrow's Education” (Holotescu, 2015). Sistemele timpurii de e-Learning bazate pe sisteme de tip *Computer-Based Learning/Training* au încercat să relice stilurile de învățare cu prezență fizică, astfel încât rolul sistemelor de e-Learning era strict de *a transfera cunoștințe*. Prin contrast, sistemele dezvoltate ulterior, *Computer Supported Learning*, și-au propus să ajute la dezvoltarea de cunoștințe, colaborativ sau individual.

O altă definiție care va fi utilizată și în cadrul tezei este de **mediu virtual de învățare** (*Virtual Learning Environment*) (VLE). Termenul se referă la modul de gestionare a cursurilor prin intermediul unei interfețe utilizator 2D (web), sau în legătură cu sistemele educaționale în spații 3D sau lumi virtuale (*Virtual Worlds - VW*).

Implementarea sistemelor educaționale actuale reprezintă un demers *trans-disciplinar*, care implică, pe lângă tehnologii TIC, științe cognitive și sociologice.

În capitolele următoare se face o trecere în revistă a altor domenii care contribuie la proiectarea și utilizarea sistemelor de e-learning.

Teorii cognitive și paradigme de învățare

Deși interesul cercetării doctorale este îndreptat către componenta tehnologică a sistemelor educaționale, aceasta nu poate fi separată de componentele pedagogice și cognitive, care au modelat actualele sisteme de e-learning. Numeroase abordări moderne despre învățare, apărute în anii 1990, provin din teoriile de psihologie socio-culturală ale lui Vygotsky (Vygotsky, 1978).

Cea mai importantă deplasare a paradigmei de învățare considerăm ca este **centrarea învățării pe cerințele studentului** (“*student-centered learning*”). Aceasta derivă din teoria învățării și predării bazată pe principiul **constructivismului** (Piaget, 1977) și al **experiențialității** (Dewey, 1938), care văd acest proces ca unul în care indivizii “construiesc semnificații pe baza cunoștințelor și a experiențelor acumulate”.

În (Jung, 2008) sunt descrise sintetic principalele teorii cognitive și paradigme de învățare care își găsesc aplicabilitate în elaborarea sistemelor actuale de e-learning: **1. Constructivism**, prin construirea de idei și concepte noi bazate pe atât pe cunoștințele anterioare cât și pe cele curente. **2. Învățarea experiențială**, cicluri de activități de învățare prin “experiență concretă” și “experimentare activă” a unor teorii și concepte, propuse de Kolb (1984). **3. Învățare situată**, care constă din activități care promovează învățarea în cadrul unui context autentic și cultural. Dispozitivele mobile, prin aplicațiile sensibile la context (*context-aware*), aplică această teorie. **4. Învățare colaborativă**, care constă din activități care promovează învățarea prin interacțiune socială. **5. Conectivismul** este teoria realizării de conexiuni între resurse și participanții la e-Learning, utilizată în elaborarea mediilor personale de învățare (Downes, 2005). **6. Învățare informală și pe toată durata vieții** reprezintă activități care sprijină învățarea în afara unui mediu dedicat de învățare și a unei curricule formale. **8. Competence-based learning** care utilizează învățarea bazată pe competențe pentru a descoperi golurile de învățare și a asigura ghidarea selecției materialului educațional. **9. Conceptul de clasă inversată** (*flipped classroom*) descrie un sistem hibrid de învățare (*blended e-Learning*), prin care modelul tradițional, cu prezență, s-a deplasat înafara orelor de clasă, acestea fiind utilizate doar pentru practică.

Caracteristici ale sistemelor de e-Learning actuale

Principalele caracteristici care vor fi prezente în sistemele de e-Learning din noua generație, în general diferite de cele tradiționale care au loc prin prezență fizică (IBM, 2012) sunt: a) **învățarea pasivă**; b) **învățarea activă**, de tipul “*learning by doing*”; c) **învățarea liniară**, în care se impune o parcurgere pre-determinată a materialului didactic; d) **învățarea non-liniară**, prin prezentarea studentului a unor mai multe căi de a înțelege un subiect. Sistemele educaționale în mediul web și mediile moderne de învățare creează un *mod neliniar* de explorare.

Termenul de **învățare socială** se referă la învățarea prin interacțiune socială cu participanți distribuiți (peers) (Conole & Alevizou, 2010); interacțiunea se poate realiza pe rețele sociale (Facebook, Twitter, LinkedIn), dar și pe blog-uri, wiki-uri, grupuri de discuții.

Învățarea hibridă (*blended e-Learning*) se concretizează în moduri diferite de furnizare a conținutului, în clasă sau prin cursuri online. Promovează **soluții hibride** mult mai complexe, care combină cursurile la clasă cu video, jocuri educaționale, rețele sociale și conținut online.

Evoluția sistemelor de e-Learning

Learning 1.0 definit de sisteme software de tip *Courseware*, *Learning Management Systems* (LMS), instrumente de design și creare de conținut (*authoring tools*); **Learning 1.3** definit de *Learning Content Management Systems* (LCMS); instrumente rapide de design și creare de conținut; sisteme hibride; **Learning 2.0** definit de Stephen Downes (2005), care înseamnă pentru utilizatori: sisteme wiki, blog-uri, mash-ups.

Numeroase lucrări de cercetare analizează conceptul de Learning 2.0: Conole & Alevizou (2010); Nentwich (2012); Holotescu (2015).

Design-ul instrucional

Design-ul instrucional (Driscoll, 2000) este un subiect de o importanță majoră în proiectarea sistemelor educaționale de e-Learning. Această activitate se referă la proiectarea scenariilor pedagogice adecvate pentru atingerea obiectivelor instrucionale, și a unei strategii pedagogice. Un exemplu tipic utilizat în elaborarea unui scenariu educațional este modelul **ADDIE** (McGriff, 2010), care stabilește 5 faze: (1) Analiza; (2) Design; (3) Dezvoltare; (4) Implementare; (5) Evaluare. Alte exemple sunt cele **9 evenimente instrucionale cognitive** ale lui Gagne (Gagné, 1987) sau **modelele socio-constructiviste** pentru învățarea bazată pe probleme.

2.1 SISTEME PERSONALE DE ÎNVĂȚARE

O rețea **personală de învățare** (*Personal Learning Environment - PLE*) este o rețea informală care constă din persoanele *cu care* cel care învață interacționează și *de la care* derivă cunoștințe. O parte importantă a acestui concept este teoria conectivismului elaborată de Stephen Downes (2005) și George Siemens (2005).

2.2 CURSURI ONLINE CU PARTICIPARE MASIVĂ

O altă paradigmă actuală a sistemelor de e-Learning este aceea de **CURS ONLINE CU PARTICIPARE MASIVĂ** (*Massive Open Online Course - MOOC*), denumire preluată de la cea a **jocurilor online cu participare masivă** (*Massive Open Online Games - MMOG*). Acestea sunt sisteme virtuale de învățare personală și social-colaborativă, care îmbină mai multe tehnologii și paradigme de învățare. MOOC diferă atât de cursurile tradiționale face-to-face cât și de cursurile tradiționale online. Termenul a fost definit de Stephen Downes și inovat de George Siemens (2008) care au realizat un curs online aplicând filosofia conectivismului. Fenomenul MOOC este analizat în lucrări de cercetare (Yousef, 2014; Holotescu, Crețu & Grosseck, 2013).

2.3 MOBILE LEARNING

Mobile learning reprezintă “utilizarea tehnologiilor mobile în scopul învățării” (Alsheal, 2010). Mobile learning (m-learning) permite o **contextualizare a învățării** care este imposibilă cu calculatoarele desktop.

În educația universitară, dispozitivele mobile pot oferi material de curs, date limită pentru teme și informații administrative (Kukulska-Hulme, 2010). Datorită disponibilității tot mai mari a dispozitivelor mobile, m-learning poate beneficia de dispozitivele proprii studenților, practică denumită **Bring Your Own Device** (BYOD) (Ballagas, 2005), [STEF,2014/1].

M-learning poate contribui la **reducerea diviziunii digitale**, prin accesul la informație pentru zone și utilizatori defavorizați [STEF,2013/3], și utilizarea în educația vocațională informală [GHEO,2012],[STEF,2013/2]. Învățarea mobilă cu ajutorul tehnologiei de Realitate Augmentată (AR) este o formă de **învățare mobilă, situată și semi-imersivă**.

2.4 ÎNVAȚARE SOCIALĂ

Lumile virtuale au fost concepute în primul rând ca platforme de interacțiune socială, de aceea a fost investigat și acest domeniu, fiind tot mai mult utilizat în educația terțiară (Popescu, 2013). Social media este un termen generic care cuprinde tehnologii care implementează conceptul web 2.0 definit de O’Reilly (2005); se referă la crearea de conținut, agregare, etichetare, recuperare sau distribuție, socializare, colaborare, comunicare, networking, blogging-ul sau adnotare (Nentwich,2012; Holotescu, 2015). În e-Learning, social media poate juca un rol important prin facilitarea creării de comunități în care atât profesorii cât și studenții sunt stimulați să-și asume *roluri participative* ([STEF,2013/2], [STEF,2014/3]).

2.5 MEDII VIRTUALE DE ÎNVAȚARE 2D

Un concept actual, utilizat atât în legătură cu sistemele tradiționale cât și cu cele moderne, este cel de **mediu virtual de învățare** (*virtual learning environment –VLE*). Mediile virtuale de învățare sunt componente de bază ale învățământului la distanță, dar pot fi integrate și cu un mediu fizic, ca sisteme hibride. Sistemul de clasă virtuală este un instrument puternic și eficient de învățare la distanță. Aceasta reprezintă o comunitate de învățare și practică, în sensul definit de Wenger (1998), a unor persoane distribuite geografic.

2.6 MEDII VIRTUALE DE ÎNVAȚARE 3D

Un **mediu virtual 3D (3DVLE)** este un termen general care definește un mediu interactiv care beneficiază de grafica sau de efecte 3D sau 2.5D (“pseudo-3D”), în care utilizatorii sunt imersați total sau parțial în mediu. Utilizatorii pot manipula mediul și interacționa cu alți utilizatori. Conform Sykes et. Oskoz (2008) există 3 tipuri de medii virtuale 3-dimensionale: 1) **jocuri cu participare masivă** (de exemplu, World of Warcraft, Everquest); 2) **lumi virtuale sociale, deschise, imersive** (Second Life, There); 3) **medii sintetice imersive** respectiv “spații redade vizual, care combină aspecte din mediile deschise sociale cu modele de gaming centrate pe obiective, pentru a adresa obiective specifice educaționale” (Croquelandia, Edusim).

Specificul învățării în lumi virtuale 3D

În Winn (2002) este analizat impactul cognitiv al utilizării lumilor virtuale 3D, în special în domeniul științelor exacte și al conceptelor abstracte: **Reificarea abstracțiunilor;Modificarea**

perceperii conceptuale și a complexității; Prezență și angajament; Rescalarea în timp și spațiu; Realizarea în siguranță a unor acțiuni periculoase.

2.7 LUMI VIRTUALE 3D

Lumile virtuale 3D (*3D virtual worlds*) reprezintă o generalizare a sistemelor de realitate virtuală, într-o formă accesibilă oricărui utilizator. Deosebirea față de paradigma realității virtuale, care face uz de tehnologii hardware sofisticate și creează un mediu artificial, este că mediile virtuale 3D reprezintă **medii construite, proces la care poate participa și utilizatorul, persistente**. Lumile virtuale sunt numai **“infrastructuri”**, fiind referite ca **“metaverse”**, care necesită realizarea unui design pedagogic, conținut 3D și multimedia.

2.8 MEDII ONLINE CU UTILIZARE MASIVĂ

Mediile online cu utilizare masivă, ca și **jocurile online cu utilizare masivă** (MMOG - *Massively multiplayer online games*) descriu o gamă largă de lumi, inclusiv lumi fantasy, science fiction, lumi reale, lumi cu eroi, sport, horror, sau istorice. Cele mai răspândite sunt cele care descriu lumi fantastice. Jocurile cu utilizare masivă devin **lumi virtuale** dacă permit **editarea unor elemente ale jocului**. Jocurile MMORPG au fost puțin experimentate ca medii de e-Learning (Riegler & Matejka, 2006; Moldoveanu et al., 2009).

2.9 ÎNVĂȚAREA CU AJUTORUL JOCURILOR (GAME-BASED-LEARNING)

Conform Horizon Report 2012 (HR, 2012) învățarea pe bază de jocuri a luat avânt din 2003, când James Gee (Gee, 2003) a descris impactul jocurilor asupra dezvoltării cognitive. De atunci, a crescut interesul față de potențialul jocurilor asupra învățării, precum și diversitatea jocurilor în sine, apărând ca gen **jocurile educaționale** (*serious games*). Termenul a fost definit în 1968 de Clark Abt (1970) în cartea sa *“Serious Games”*. În prezent definiția lui Mike Zyda (2005) este cea utilizată de Serious Games Institute. Toate definițiile jocurilor educaționale au un consens legat de existența unui **obiectiv de învățare** (explicit sau nu), un mediu antrenant și interactiv, și existența elementului ludic.

Există numeroase cercetări referitoare la eficiența jocurilor online ca instrumente de învățare; Prensky, 2001; Dickey, 2005; Kapp, 2007; Squire, 2011. Framework-ul propus de Freitas & Oliver (2006) este utilizat într-un concept de joc mobil cu realitate augmentată în [STEF, 2013/1].

2.10 ANALITICA ÎNVĂȚĂRII (LEARNING ANALYTICS)

Learning Analytics (LA) utilizează volume semnificative de date pentru a îmbunătăți performanța studentului în cadrul proceselor educaționale, respectiv capacitatea studentului de a învăța (Educause, 2015). În edițiile recente Horizon Report (HR 2015) LA este menționată ca o tehnologie educațională prioritară. LA a fost explorată în cadrul cercetării prezente și într-o propunere de articol [STEF, 2015/4].

2.11 CONȚINUTUL EDUCAȚIONAL DIGITAL

Conținutul educațional se supune proprietății intelectuale. În prezent există o multitudine de resurse educaționale digitale. Resurse Educaționale Deschise (OER) (Downes, 2011) reprezintă o aplicare a licenței *Creative Commons* aplicată la resursele educaționale: "curriculum, planuri de lecție, teste, module de instruire, simulări, etc." (Wiki Educator, 2015).

3. TEHNOLOGII SPECIFICE SISTEMELOR DE E-LEARNING TRADIȚIONALE

Sistemele virtuale se înrudesesc conceptual cu sistemele de tip: a) CMS - Content Management System (CMS), care se referă numai la organizarea de conținut, inclusiv educațional, nu la întregul sistem; b) LCMS - Learning Content Management System (LCMS), sunt mai mult utilizate în cazul sistemelor corporative de educație; c) sistemele MLE - Managed Learning Environment (MLE), care se referă la întreaga infrastructură dintr-o instituție din care face parte VLE (Costa și Aparicio, 2011).

Standarde și reutilizarea conținutului în sistemele de e-Learning

Crearea unui curs necesită punerea împreună a unei secvențe de obiecte de învățare. Acestea sunt atât proprietare cât și open-source, ne-comerciale și comerciale. Un format standard pentru conținut de e-Learning este SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), în timp ce alte specificații permit transportarea de obiecte de învățare, de exemplu *Schools Framework*, sau se referă la metadata de clasificare LOM (*Learning Object Metadata*).

Platforme existente pentru implementarea sistemelor online de e-Learning

În teză sunt prezentate principalele platforme de tip LMS: Blackboard Learning System; Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment); Sakai Project.

Concluzii

Cercetarea sistemelor de e-Learning tradiționale (online, 2D) a indicat un stadiu tehnologic dezvoltat și o diversitate de tipuri de sisteme. Standardele, în special de conținut, facilitează legătura între sisteme hibride, din institute sau țări diferite.

4. TEHNOLOGII SPECIFICE SISTEMELOR DE E-LEARNING ÎN SPAȚII VIRTUALE 3D

Termenul "**virtual**" este un concept aplicat în multe domenii cu semnificații diferite.

În filozofie se referă la ceea ce nu este real, dar care poate furniza calități ale realului. Prin extensie, termenul virtual este utilizat în tehnică pentru a descrie simulări realizate cu ajutorul calculatorului, după un model existent fizic sau imaginar. O **lume virtuală** modelează lumea reală cu structuri 3D și o extinde cu mecanisme de percepție senzorială (**multimodală**): vizuală, auditivă, tactilă sau olfactivă.

4.1 SISTEME DE REALITATE VIRTUALĂ

Realitatea Virtuală (*Virtual Reality* – VR) a apărut ca un domeniu distinct de interfețe și aplicații computerizate în 1980. Morton Heilig cu sistemul multimodal Sensorama creat în 1956 și Ivan Sutherland (Sutherland, 1963), cu primul sistem montat pe cap (HMD) pentru realitatea virtuală și augmentată, sunt predecesori ai sistemelor actuale de realitate virtuală. Termenul de "virtual reality" a fost creat și popularizat de Jaron Lanier (McLellan, 2001; Craig, Sherman & Will, 2009).

Realitatea Virtuală (VR) ca tehnologie IT reprezintă un *ansamblu de tehnologii* care permit interfațarea unei persoane cu un mediu creat artificial cu ajutorul calculatorului. Fiind vorba despre un sistem complex hardware-software, cu implicații psihologice și cognitive puternice, numeroase definiții subliniază aceste aspecte (Vlada & Popovici, 2004; Moldoveanu et al., 2009).

Conceptele VR

În *The Metaphysics of Virtual Reality* (Heim, 1993) sunt identificate concepte ale realității virtuale: **simulare, interacțiune, artificialitate, imersiune, teleprezență, imersiune totală (cu întregul corp), comunicații prin rețea**. Burdea & Coiffet (2003) consideră ca VR are trei caracteristici: *imersiune; interacțiune; imaginație*, respectiv capacitatea minții de a percepe lucruri inexistente. Thalmann (1999) afirmă că **imersiunea** este un element cheie în sistemele VR fiind "centrală paradigmei în care *utilizatorul devine parte a mediului* simulat, și nu mediul simulat să fie o caracteristica a lumii proprii". Un sistem de VR trebuie să ofere senzația de **prezență** a participantului în mediul simulat, iluzia de prezență într-un mediu VR fiind creată prin utilizarea unor elemente vizuale mai mari decât câmpul vizual, sunet 3-D, mișcare controlată. Formele de **interacțiune** directă a utilizatorului se referă la urmărirea mișcării acestuia, de ex. a mâinii, a ochilor, identificarea gesturilor. Utilizatorul prezent într-un mediu VR interacționează cu mediul și prin intermediul calculatorului, prin controale fizice sau virtuale (menu-uri). **Utilizatorul** unui sistem VR este direct implicat, participant în experiența complexă a unui sistem VR, fiind prezent printr-o imagine a sa sau printr-o reprezentare grafică, denumite *avatar*.

Tipuri de sisteme de VR

Vlada & Popovici (2004) caracterizează astfel sistemele de realitate virtuală: sisteme de realitate virtuală imersive (*immersive VR*); sisteme de simulare (*simulation VR*); sisteme proiective (*projected VR*); sisteme cu teleprezență (*telepresence VR*); sisteme de realitate îmbogățită (*augmented reality VR*); sisteme de realitate virtuală desktop (*desktop VR*).

VR și paradigmele de învățare

Tehnologiile realității virtuale asigură suport pentru înțelegerea notiunilor complexe sau abstracte, modelele dificile, fenomene intangibile, procese intelectuale, prin stimularea simțurilor cognitive. De aceea, se afirmă ca tehnologia VR asigură o *mediere* a înțelegerii, asigurând suport pentru învățarea *experiențială*. VR este legată de *simulare și antrenare*, deci de învățarea *“learning by doing”*. În realitatea virtuală, tipul de interacțiune este opus celui tradițional, prin “click”, respectiv se apropie de cel natural din viața reală (de ex. prinderea obiectelor). De multe ori nu există analogii cu lumea reală.

VR intermediaza *învățarea perceptivă*: vizuală, auditivă, haptică; *învățarea prin experiență*, înțelegere intuitivă. De aceea utilizarea mediilor VR conduce la un *volum implicit* de cunoștințe, greu de evaluat. VR poate suporta proiecte de grup, excursii tematice, simulări, vizualizare de concepte, toate strategii instrucționale de succes pentru învățarea *socială și colaborativă*.

Aplicații VR educaționale

Implementări educaționale sunt descrise în Craig & Sherman (2009). **DAVE** (*Definitely Affordable Virtual Environment*) (Instant Reality, 2015) sunt sisteme imersive de tip CAVE, care utilizează componente hardware standard pentru reducerea costurilor.

Concluzii

VR utilizează aplicații cu grafică 3D de înaltă calitate, intens interactive, bazate pe interfețe om-mașină sofisticate, sisteme distribuite cu echipamente de intrare ieșire, pentru realizarea unor lumi artificiale cu elemente senzoriale și interacțiune directă și naturală.

4.2 REALITATEA AUGMENTATA

Robert Azuma, cercetător la Hughes Research Laboratories, SUA, a publicat în 1997 o lucrare de referință intitulată *“A Survey of Augmented Reality”* (Azuma, 1997), în care se găsesc definiții tehnice ale AR și descrierea principalelor procese și probleme ale tehnologiei AR la nivelul anului 1997, dar multe valabile și în prezent.

Definiții și concepte clasice pentru Realitatea Augmentată

Realitatea augmentată sau realitatea îmbogățită (AR) este o tehnologie prin care se suprapun informații generate de calculator (“virtuale”) peste imagini în timp real ale realității înconjurătoare, rezultatul fiind o “realitate îmbogățită”. Informațiile generate de calculator sunt în general imagini 3D, deoarece se adresează percepției vizuale care se îmbogățește cu informații noi. Tehnologia actuală a extins gama de informații și la texte, audio, texturi sau fișiere video.

Imaginile din realitate pot fi captate optic sau prin camera video. Dispozitive de afișare pot fi monitoare, ecranele dispozitivelor mobile, echipamente montate pe cap HMD, și mai recent, Google Goggles sau Google Cardboard.

Realitatea Augmentată (AR) este o formă a VR, cu deosebirea că în AR se menține legătura cu mediul înconjurător. În mod ideal, utilizatorul ar trebui să aibă impresia ca cele 2 lumi coexistă perfect în același spațiu 3-dimensional. AR poate fi considerată ca o zonă intermediară între mediul virtual (complet sintetic) și teleprezență (complet real) (Fig. 4.1).

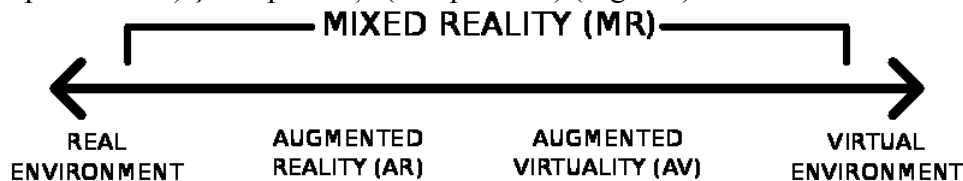


Figura 4.1 Continuum-ul Virtual-Real (Milgram & Kishino, 1994)

Realitatea augmentată mobilă (MAR) permite afișarea de informații sensibile la locație, la context. Se sprijină pe echipamente deja disponibile, portabile, deci disponibile oriunde, oricând.

Realitatea augmentată spațială (SAR) utilizează proiecții pe obiecte. Suportă un număr limitat de utilizatori. Oferă însă un *realism deosebit*, deoarece se realizează în medii controlate, deci pune probleme tehnologice mai puțin critice (Bimber, 2005).

Tipuri de aplicații AR

Din punct de vedere al platformei hardware, există aplicații **AR desktop**, care utilizează o camera web (denumite și aplicații AR de interior) și aplicații **AR mobile** (denumite și aplicații AR de exterior).

Din punct de vedere al **funcționalității**, aplicațiile AR se pot clasifica în următoarele categorii (Madden, 2009): Aplicații **AR geografice** sau sensibile la locație, care utilizează GPS pentru locație și senzori inerțiali mobili pentru a identifica locații care să fie augmentate cu informații de tip puncte de interes sau suprapuse cu modele 3D ([STEF,2012/3], [GHEO,2012], Ștefan & Gheorghiu, 2015). Aplicații **AR de recunoaștere de imagini**, care utilizează algoritmi de computer-vision pentru a identifica obiecte care să fie augmentate [STEF,2012/3]. Aplicații **AR spațiale sau proiective** (SAR) (Bimber, 2005), care utilizează proiecții digitale pe ecrane grafice sau pe obiecte fizice, separate de utilizatorii sistemului. **AR interactiv**: AR interactiv este realizat prin *interfețe tangibile, table-top*, care suportă interactivitate directă cu obiecte fizice (Poupyrev, 2001). **Aplicații AR colaborative** (Schmalstieg, 2005), care pot beneficia din participarea simultană a mai multor persoane pentru vizualizare și interacțiune cu modele 3D.

Continuumul VR – AR și Realitatea Mixtă

VR este frecvent asociată cu o varietate de alte medii în care nu se produce o imersie totală sau o sinteză completă, dar care fac parte din continuum-ul virtualității. Deci, există *subclase de tehnologii de VR* care implică mixarea de lumi reale și virtuale, referite generic ca *realitate mixtă*.

De asemenea, este utilizat conceptul de *dual reality*, definit de Lifton & Paradiso (2010) ca două lumi care se influențează și combină informații prin intermediul senzorilor; fiecare lume este independentă, dar se îmbogățește prin interacțiunea mutuală. Experimentări de realitate mixtă sunt prezentate în Callaghan et al. (2010); Peña-Ríos (2012).

Aportul AR la sistemele de e-Learning

Referitor la utilizarea tehnologiei realității augmentate în mod efectiv în context educațional, HR 2012 identifică AR ca o tehnologie emergentă, cu potențial în următorii 5 ani. AR este descrisă ca proces de *realitate mediata* prin intermediul simțurilor și a comportamentului uman, transmise cu ajutorul dispozitivelor. Realitatea augmentată este în legătură cu paradigmele de învățare (Billinghurst,2002): bazată **pe comportament** – mișcare, poziționare, acțiuni tactile; **situată** (Lave & Wenger, 1990) ; învățare **contextuală, cu adnotarea și partajarea** experienței de învățare;**jocuri AR** (Schmalstieg, 2005).

În domeniul educațional AR nu a atins o masă critică, dar este tot mai mult exploatată în diverse domenii, de ex., în artă, istorie, arheologie: Hermon (2004); Zöllner (2009); Gheorghiu&Ștefan (2013); Gheorghiu&Ștefan (2014); Ștefan & Gheorghiu (2015) , în industrie și medicină.

4.3 LUMI VIRTUALE 3D ONLINE

Lumile virtuale imersive educaționale se referă la orice mediu de realitate virtuală sau jocuri 3D care poate fi utilizat pentru predare și învățare (Bell, 2008).

Platforme open-source: Sun Wonderland, Open Simulator;
Platforme semi open-source: Multiverse Project.
Platforme proprietare: Second Life, Kaneva, There, Active Worlds.

În teză sunt descrise caracteristicile celor mai importante platforme de lumi virtuale: conceptul și proiectul **Metaverse** (Metaverse Project, 2015), Active Worlds, Quest Atlantis, Open Cobalt, Edusim (Fig. 4.2), Open Wonderland, Second Life, OpenSim (OpenSim wiki, 2015). Cercetări legate de utilizarea educațională a Second Life: Savin-Baden (2010).



Figura 4.2 Mediul virtual de e-Learning Edusim, clasă virtuală (Gütl, 2009)

4.3.1 OpenSimulator

În teză sunt descrise pe larg caracteristicile OpenSim (OpenSim wiki, 2015), un server de aplicații, open source, multi-utilizator, multi-protocol, pentru crearea de medii 3D online. Este menținut de o comunitate de *core* dezvoltatori, și este în prezent la **versiunea 8.1.1, versiune beta**. OpenSim oferă un framework **extensibil pe partea de server**, codat în C# pentru Windows cu .NET Framework și pentru mașini Unix cu framework-ul Mono. Permite particularizarea și extensia aplicațiilor virtuale prin utilizarea de module de plugin de scenă, respectiv prin *OpenSim Region Modules*, sub forma de DLL-uri .NET/Mono.

Pe **partea de client**, beneficiază de caracterul open-source al aplicațiilor client, Firestorm și Singularity. Suportă diferite motoare fizice, de ex. Havok, ODE. Persistența se realizează cu ajutorul bazelor de date suportate (SQLite, MySQL, MSSQL), la care utilizatorul administrator are acces direct. Din 2011 permite obiecte mesh și pagini web interactive.

OpenSim suportă o arhitectură în **modul Standalone** (Fig. 4.3.a). și în **modul grid** (Fig. 4.3.b). Un sistem OpenSim în mod **standalone** rulează atât simulatorul cât și serviciile de date într-un singur proces OpenSim. În **modul grid**, serviciile de date nu fac parte din procesul server al simulatorului de regiune, ci dintr-un *server Robust*. Suportă arhitectura **Hypergrid** (Diva Distribution, 2015) care permite utilizatorilor să viziteze regiuni găzduite de alte servere OpenSim. Hypergrid-ul contribuie la realizarea metaverse în cadrul platformei OpenSim.

Avantaje: gratuitate, extensibilitate, programabilitate în C#, ușurința de implementare pentru persoane cu pregătire tehnică medie.

Dezavantaje: documentație tehnică distribuită; documentație de implementare accesibilă doar prin inspectarea codului sursă; software în dezvoltare, versiune beta, cu frecvente actualizări.

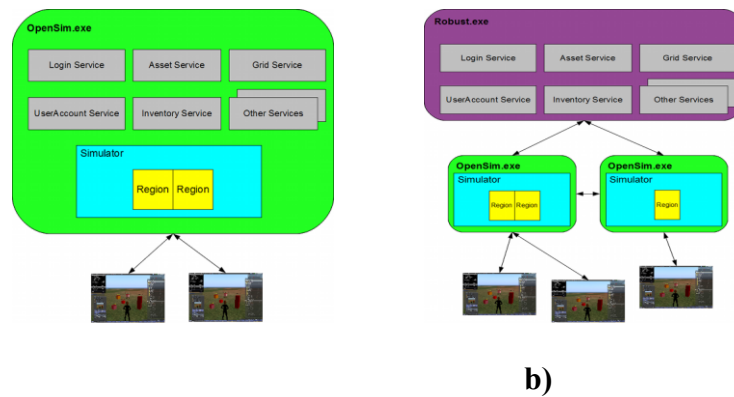


Figura 4.3 Arhitectura OpenSim a) modul standalone ; b) modul grid (OpenSim wiki, 2015)

În prezent există numeroase griduri educaționale care utilizează platforma OpenSim, printre care: **OPENVUE**, institut virtual educațional și de cercetare al Universității Edinburgh, **VIBE** (*Virtual Islands for Biology Education*), simulator pentru diverse discipline (chimie, arheologie),

4.3.2 Limitări în OpenSimulator

OpenSim este în prezent în versiune beta. Distribuția Diva aduce îmbunătățiri și optimizări, dar și aceasta se confruntă cu probleme de scalabilitate și de limitări ale viewer-elor actuale. În teză în această secțiune sunt prezentate limitări de funcționalitate ale versiunii actuale OpenSim. Acestea sunt legate de următoarele aspecte: **a) Întârzieri de răspuns** (Moore et al., 2008); **b) Numărul de utilizatori**; **c) Interfața grafică**. **d) Editorul grafic**. **e) Număr de media**. **f) Sistemul de permisiuni**.

4.3.3 Studiu comparativ Second Life și OpenSimulator

În teză sunt sintetizate comparativ principalele caracteristici ale celor două platforme de implementare a lumilor virtuale 3D.

4.4 LUMI VIRTUALE 3D IN BROWSER

RealXtend. Este o versiune experimentală extinsă a OpenSim, focalizată pe utilizarea de mesh-uri 3D și informații multimedia (Kappe & Guetl, 2009).

Jibe. UnityJibe este o platformă dezvoltată de **ReactionGrid** pentru a permite crearea de **medii virtuale multi-user**, cu **Unity3D**, accesibile din **browser web sau în mod standalone**. Cu Jibe, se poate crea o **lume virtuală 3D multiuser** care să fie integrată într-o pagină web, alături de alt conținut web.

Cloud Party. Cloud Party utilizează cele mai noi tehnologii browser, cum ar fi WebGL și WebSockets, care nu sunt suportate deocamdată de toate browserele. Google Chrome este browser-ul recomandat pentru Cloud Party.

4.5 INTEGRAREA LUMILOR VIRTUALE 3D CU LMS- PROIECTUL SLOODLE

SLOODLE (*Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment*) reprezintă un modul de integrare între LMS Moodle și lumile virtuale 3D Second Life și OpenSim (din 2013) (Callaghan et al., 2009; Fig. 4.4).

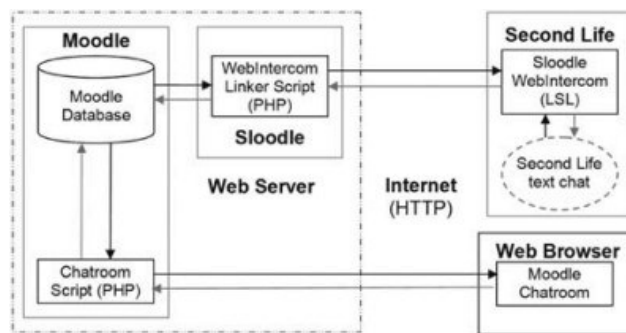


Figura 4.4 Arhitectura SLOODLE (Callaghan et al., 2009)

SLOODLE este gratuit și oferă o bibliotecă API în PHP, orientat-obiect, și utilizează un front-end WiFi - *Web Interface for User Account Management*. Plugin-ul Sloodle permite transferul de identități și activități între Moodle și lumea virtuală. În cercetare a fost experimentat de Zender et al. (2009) și Callaghan et al. (2009).

4.6 CONCLUZII

Cercetările au evidențiat **aspecte calitative, printre care**: a) Tehnologiile tradiționale de e-Learning evoluează în domeniul integrării paradigmei web 2.0, paradigmei noi de infrastructură și servicii (SaaS, cloud, echipamente mobile), al integrării cu mediile virtuale de învățare; b) Tehnologia VR este pe deplin maturizată, cu domenii foarte diverse de aplicabilitate; evoluția hardware o va face mai accesibilă financiar și pentru utilizatorii obișnuiți; c) Tehnologia AR a atins un prim nivel de maturizare și are un spectru larg de aplicabilitate; d) Problematika jocurilor educaționale este de mare actualitate, fiind dovedit științific aportul acestora la dezvoltarea proceselor cognitive; e) Jocurile cu participare masivă și bazate pe roluri (*MMORPG*) au acceptarea cea mai largă în rândul utilizatorilor, dar nu există încă implementări majore educaționale; f) Rezultatele cele mai bune s-au obținut prin utilizarea combinată a tehnologiilor tradiționale, în clasă, cu cele virtuale.

Cercetările au evidențiat **aspecte critice**, printre care: a) aplicațiile educaționale bazate pe tehnologii VR/AR *nu au atins o masă critică*. Există realizări semnificative în domeniul academic și al industriilor de vârf (militar, aviație) sub forma de simulatoare și aplicații de asistare și training, dar relativ puține în domeniul educațional, cauzate de: a) costurile tehnologiilor; b) capacitatea limitată a profesorilor de a crea conținut educativ 3D; c) cerințe specifice aplicațiilor educaționale, în afară de prezentarea de conținut, respectiv de ghidare a utilizatorului, conștientizarea învățării prin participare proprie și auto-evaluare; d) navigarea 3D dificilă, aceasta trebuind să devină naturală și intuitivă; e) inerția în adopția lumii virtuale în domeniul educațional: 3D nu este încă o metaforă familiară.

În [STEF,2014/1],[MOLD,2014],[STEF,2014] se prezintă experimente educaționale în OpenSim.

5. STUDII DE CAZ SOLUȚII PENTRU MEDII VIRTUALE 3D DE TIP CAMPUS UNIVERSITAR

În prezent, mai multe campusuri universitare oferă prezențe 3D pe platforme on-line 3D de uz general, dintre care cele mai utilizate sunt Second Life, OpenSimulator, Open Wonderland și Unity3D. Pe platforma OpenSim există institute virtuale de învățământ și cercetare, printre care: **Universitatea din Edinburgh** (OPENVUE, 2015); **Universitatea din Cincinnati** (CINCINNATI, 2015); **Universitatea de Arte Zurich** (ZURICH, 2015). În prezent sunt înregistrate în Second Life peste 100 de instituții de învățământ superior (Horan și Gardner, 2009).



Figura 5.1 Modele 3D de universități pentru Second Life (Digitally Design, 2015)

Proiectul Universal Campus: Baldi & Lopes (2012) prezintă un concept de *campus universal* implementat ca lume virtuală în **OpenSim**, distribuția Diva Canto. Acest campus conține mai multe clădiri cu laboratoare complet mobilate, săli de clasă, săli de întâlnire, și amfiteatre care permit întâlniri virtuale, de grup, la cursuri, prelegeri, simpozioane și conferințe (Fig. 5.2). Infrastructura de campus universal este furnizată ca arhivă OpenSim.



Figura 5.2 Universal Campus (Baldi & Lopes, 2012)

Un proiect similar este **OpenVCE și I-Room**, „camera virtuală pentru interacțiune inteligentă” (OpenVCE, 2015), în **Second Life și OpenSim**.

Proiectul USALSIM: Proiect al Universității din Salamanca, Facultatea de Informatică și Automatică (Lucas, Cruz-Benito, & Gonzalo, 2013) constă dintr-o lume virtuală 3D în **OpenSim**, care reprezintă cele mai importante facultăți. Este implementat un *model mixt de pregătire* în mediul virtual și în cel din spațiul real, servind ca program de pregătire profesională.

Proiectul MiRTLE: MIRTLE este un proiect de realitate mixtă care permite studenților prezenți fizic și celor aflați la distanță să participe împreună la o ora de clasă (Gardner, Scott &

Horan, 2008; Fig. 3). Proiectul utilizează platforma **Project Wonderland** și în prezent este transferat de la instituții de învățământ superior la școli.



Figura 5.3 Proiectul MiRTLE interfața student (Gardner & O'Driscoll, 2011)

Platforma "3D UPB": Platforma "3D UPB" (Moldoveanu et al., 2014) reprezintă o abordare diferită, în care paradigma de realitate mixtă este utilizată pentru a *reflecta mediul real în cel virtual*. Conceptul campusului 3D online bazat pe servicii este prezentat în (Pop et al., 2012). Stadiul actual și provocările determinate de implementarea MMO, cu realitate mixtă pentru activități universitare și inter-universitare sunt prezentate în Moldoveanu et al. (2013; 2014). Platforma propune o abordare flexibilă bazată pe extensibilitatea serverului OpenSim și pe servicii RESTful, accesibile independent de platformă (Fig. 5.4).

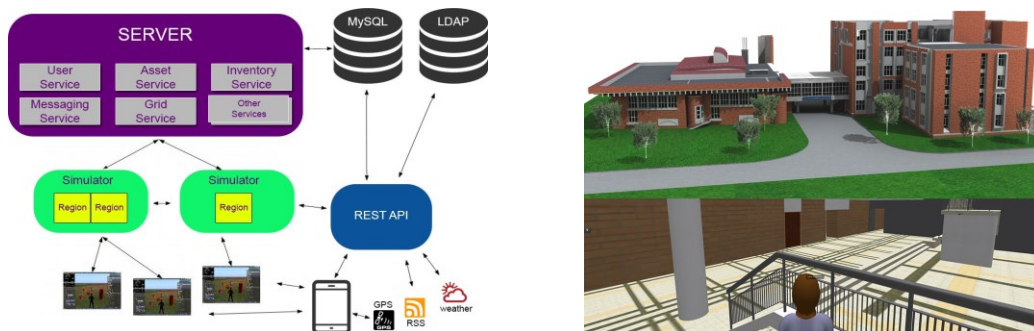


Figura 5.4 Arhitectura "3D UPB" bazată pe integrarea de servicii cu Opensimulator și modelul 3D al Facultății de Automatică și Calculatoare (Moldoveanu et al., 2014)

Concluzii

Din studiile de caz analizate rezultă că în multe cazuri, modelele 3D ale universităților virtuale nu sunt reproduceri exacte ale celor reale, ci modele 3D simplificate. Cercetătorii s-au concentrat spre găzduirea de cursuri online și implicarea studenților în noul sistem de învățare.

6. DEZVOLTĂRI EXPERIMENTALE ȘI EVALUAREA TEHNOLOGIILOR VR ȘI AR ÎN CONTEXT E-LEARNING

6.1 APLICAȚII EDUCAȚIONALE CU REALITATE AUGMENTATA PE TELEFOANE MOBILE

În perioada 2012-2015 am realizat mai multe aplicații de mobile Learning cu realitate augmentată și dispozitive mobile Android (MAR). Am experimentat aceste aplicații cu elevi de la câteva școli gimnaziale, pentru a înțelege modul în care aceștia percep o tehnologie inovativă, și impactul educațional.

TIMEMAPS v1

Este o aplicație MAR educațională în domeniul istorie și arheologie națională ([GHEO, 2012],[STEF, 2013/2]). A fost utilizată **platforma Layar**. Este o aplicație MAR georeferențiată, cu un număr de puncte de interes (*Points of Interest-POI*), organizate pe 3 categorii (filtre) de căutare corespunzătoare epocilor istorice (Fig. 6.1). Ca augmentări sunt utilizate imagini, reconstrucții 3D sub formă de obiecte 3D și tururi virtuale (realizate în colaborare cu modelatori 3D), referitoare la patru domenii de tehnologii tradiționale.

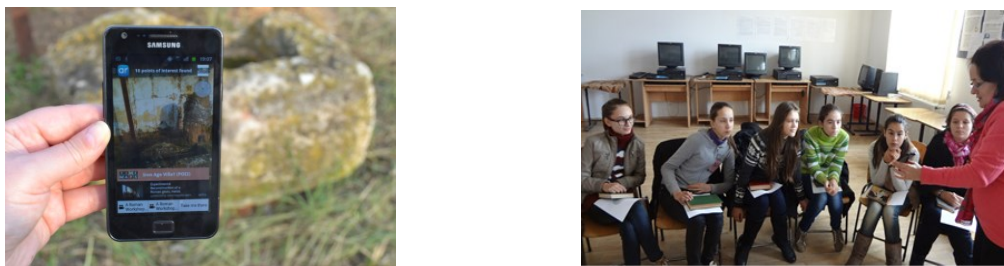


Figura 6.1 Aplicația AR “timemaps” și explicații elevilor [GHEO, 2012]

TIMEMAPS v2

Aplicație MAR geo-referențiată educațională, extinsă cu o componentă inteligentă bazată pe agenți software mobili, în stadiu de prototip realizat în 2013 ([GHEO, 2013]). Experimentarea aplicațiilor AR cu elevi a arătat interesul acestora pentru o tehnologie inovativă, care îi ajută să învețe prin descoperire, într-un context autentic de învățare. Pentru a orienta mai bine elevii către domeniul tehnologic preferat printr-un suport inteligent, a fost investigată utilizarea de agenți software pe platforma Android (Santi, Guidi & Ricci, 2010).

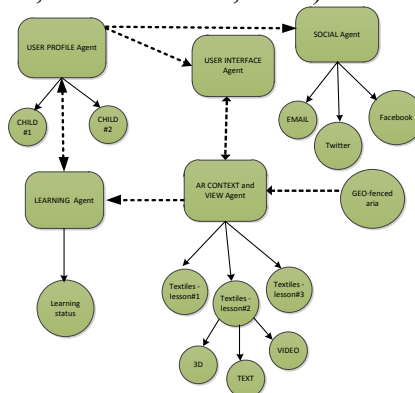


Figura 6.2 Agenții software și o diagramă a inter-comunicării dintre ei [GHEO, 2013]

Pentru modelarea funcțională a aplicației s-a utilizat limbajul Unified Modeling Language (UML) (Fig. 6.2) și mediul Metaio Creator (Metaio, 2015) pentru authoring vizual. Aplicația a fost convertită într-o aplicație Android nativă și integrată cu componentele inteligente.

AR-GGame

Este un concept de joc de simulare cu AR pentru **Game-based learning** (GBL) ([STEF, 2013/1]). Jocul este conceput luând în considerare metodologiile de proiectare jocuri educaționale prezentate în (Kafai,2006) și framework-ul de design propus de de Freitas & Oliver (2006). Scopul jocului este de a învăța elemente esențiale de grafică 3D, modelare 3D și vizualizarea spațială. Jocul conceput are 3 nivele. Pentru dezvoltare s-a ales Metaio Creator (Metaio, 2015).

Complex de soluții m-Learning și rețele sociale

Aplicațiile de AR oferă o învățare intuitivă, care nu poate fi evaluată decât prin utilizarea altor medii dedicate. Pentru aceasta, a fost experimentat un complex de soluții cu realitate augmentată, dispozitive mobile și utilizarea rețelelor sociale pentru distribuirea de material suport, precum și pentru evaluarea cunoștințelor elevilor [STEF,2013/2] [STEF,2014/3].

Complex de soluții m-learning pentru zone defavorizate

Diverse soluții pentru învățarea cu dispozitive mobile au fost investigate și concretizate în două cercetări educaționale ([STEF,2013/3] ,[GHEO, 2015]).

6.2 SIMULATOARE 3D IN OPENSIM

6.2.1 Realizarea unui simulator “clasa virtuală” 3D cu realitate mixtă

În 2013 a fost realizat un experiment de realitate mixtă pe platforma OpenSim sub îndrumarea domnului profesor Alin Moldoveanu, UPB (Fig. 6.3). Soluțiile au fost testate cu OpenSim 0.7.5 în modul standalone și cu viewer-ele Firestorm 4.3.1 pentru OpenSim, Imprudence 1.3.2 și Singularity ([STEF,2014/1]). Experimentul de realitate mixtă în simulatorul 3D a constat din:

a) streaming video *din sală, de la o camera web către un obiect dedicat din simulator;*

Pentru acesta a fost necesară crearea unui server de streaming pentru video broadcasting și înregistrare video, și setarea în simulatorul 3D a unui obiect media cu adresa URL a serverului.

b) streaming video *dinspre utilizator către un obiect dedicat din simulator;*

c) streaming video *pe telefonul mobil.*

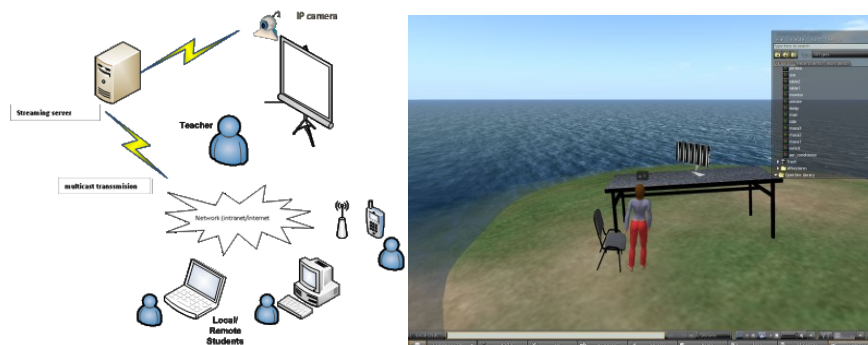


Figura 6.3 O arhitectură client-server pentru streaming video în OpenSim (L. Ștefan)[STEF, 2013/1]

Integrare experimentală cu client mobil pentru OpenSim (Lumiya)

Viewer-ul Lumiya a fost descărcat de pe Android Play și s-a realizat o conectare la simulatorul creat, similar conectării de pe stația desktop. Vizualizarea grafică a fost rudimentară.

6.2.2 Experimentare serviciu RESTFUL “3DUPB”

Câteva dintre funcțiile serviciului REST (*Representational State Transfer*) 3DUPB (Grădinaru, 2014), accesibile de la adresa <http://3d.pub.ro/api/> au fost testate cu ajutorul extensiei *Advanced REST Client* a browser-ului Chrome. Serviciul poate fi utilizat din orice limbaj, inclusiv din aplicații mobile, pentru accesul la funcțiile platformei 3DUPB.

6.2.3 Realizarea unui simulator de tip amfiteatru

În 2014 a fost creată o scenă 3D astfel încât să sugereze atât un spațiu istoric cât și unul educațional (Fig. 6.4). Scena conține un amfiteatru roman și două panouri pentru conținut educațional multimedia (filme video și pagini web). Obiectele au fost modelate în 3dsMax de către un student modelator 3D și importate ca mesh în format COLLADA ([STEF,2014/2]). Au fost necesare mai multe iterații pentru crearea unui model care să poată fi importat în OpenSim.



Figura 6.4 Simulator educațional de tip amfiteatru roman [STEF,2014/2]

6.3 SCHIMB DE EXPERIENȚA LA CYPRUS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

În perioada 08.09.2014-30.09.2014, ca bursier POSDRU 159/1/5/S/137390, am realizat un stagiu de documentare la Cyprus Institute of Technology (CYI), unde am studiat și experimentat mai multe tehnologii de digitizare 3D și posibilități de valorificare în cadrul simulatorului de campus 3D online. Documentarea s-a referit la: a) **X3D/X3DOM/WebGL** (Ranon, 2015); b) **MeshLab**; c) **scanare cu laser scan "Next Gen"** și post-procesare în MeshLab; d) **"structure from motion"** cu programul **Autodesk 123D Catch**, o tehnologie de Computer Vision bazată pe fotografii succesive și suprapuse pentru generarea unui model 3D de tip mesh. Am realizat o experimentare prin scanarea unei camere de dimensiune mică, post-procesare și conversie model în X3D (Fig. 6.5). Cercetarea se regăsește într-un articol în curs de publicare ([STEF, 2015/4]).



Figura 6.5 Model campus convertit și vizualizat în pagina web (L. Ștefan)

7. EVALUAREA CERINȚELOR DE PROIECTARE ALE UNUI SPAȚIU VIRTUAL 3D ONLINE DE TIP CAMPUS

Landers & Callan (2012) subliniază ca un mediu virtual bine proiectat poate fi respins dacă este utilizat ineficient într-un context organizațional. În cazul cercetării de față, au fost realizate următoarele **studii de evaluare** a cerințelor de proiectare spații virtuale 3D în scop educațional.

Interviu ante-experiment privind utilitatea unei clase virtuale 3D în realitate mixtă

Date demografice : 17 persoane, 2 profesori între 30-40%, 15 studenți între 20-30 ani, 6 femei, 11 bărbați.

CLASA 3D MIXED REALITY: INTERVIU ANTE-EXPERIMENT

Varianta în română: <http://tinyurl.com/o7d2elg>

Varianta în engleză: <http://tinyurl.com/p68pqnw>

Tabel 7.1 Rezultate procentuale referitoare la utilitatea clasei 3D în realitate mixtă, pe categorii (profesori, studenți)

	FOARTE UTIL	UTIL INTR-O MASURĂ	UTIL UNEORI	INUTIL
PROFESORI	50%	50%	0	0
STUDENȚI	47%	13%	33%	7%

Tabel 7.2 Rezultate procentuale referitoare la utilitatea clasei 3D în realitate mixtă, pe categorii (femei, bărbați)

	FOARTE UTIL	UTIL INTR-O MASURĂ	UTIL UNEORI	INUTIL
FEMEI	50%	17%	33%	0
BĂRBAȚI	46%	9%	18%	27%

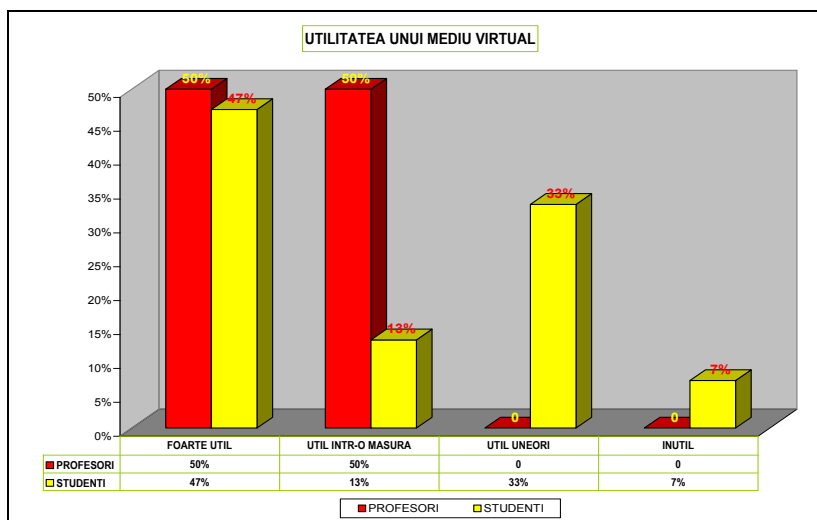


Figura 7.1 Evaluarea utilității clasei 3D în realitate mixtă, pe categorii (profesori, studenți)

Sondaj de investigare a utilității integrării de echipamente pentru interacțiunea dintre mediul real și virtual

Date demografice : 7 persoane, 1 profesor între 30-40%, 6 studenți între 20-30 ani, 1 femeie, 6 bărbați.

CLASA 3D Mixed Reality: Investigarea utilității integrării de echipamente pentru interacțiunea dintre mediul real și virtual (**profesori**) : <http://tinyurl.com/qjmzvg3>

CLASA 3D Mixed Reality: Investigarea utilității integrării de echipamente pentru interacțiunea dintre mediul real și virtual (**studenți**) : <http://tinyurl.com/pmza3zh>

Răspunsurile au fost favorabile 100%, dar numărul mic al respondenților nu poate constitui o validare statistică a răspunsurilor.

Sondaj post-experiment clasă virtuală 3D în realitate mixtă

După utilizarea experimentală am realizat un sondaj pentru evaluarea calității și a utilității clasei 3D și colectarea de sugestii pentru îmbunătățirea utilizabilității și a acceptanței mediilor virtuale 3D. In cercetarea noastră am evaluat următorii factori: *Calitatea sistemului (imersivitate); Comunicarea în mediul virtual; Utilitatea sistemului.*

In cazul nostru ipoteza testată a fost: "*CLASA 3D Mixed Reality îmbunătățește performanța învățării prin accesul la resurse educaționale și crearea unei comunități moderne de învățare și practică*" și a fost verificată cu datele de la următoarele sondaje.

CLASA 3D Mixed Reality : SONDAJ POST-EXPERIMENT : <http://tinyurl.com/ns76vr7>

Date demografice : 7 persoane, 1 profesor între 30-40%, 6 studenți între 20-30 ani, 1 femeie, 6 bărbați.

Răspunsurile au indicat ca un astfel de sistem prezintă mai multe avantaje în comparație cu un curs clasic cu prezență fizică sau prin videoconferință. Sistemul a fost considerat util, cu note între 4 și 5. Comunicarea în lumea virtuală a fost preferată celei în mediul real.

Evaluarea ante-experiment privind proiectarea unui campus 3D

Urmatorul sondaj a avut ca obiectiv definirea unor cerințe de proiectare a unui campus 3D online, în funcție de așteptările utilizatorilor. In cazul de față, respondenții au fost numai studenți.

PROIECTAREA UNUI CAMPUS 3D: INTERVIU ANTE-EXPERIMENT: <http://tinyurl.com/pokuh3a>

Date demografice: **12 studenți, din care 10 băieți și 2 fete**

Răspunsurile la întrebările :

Dacă ați implementa un CAMPUS 3D ce opțiuni de proiectare arhitecturală ați alege?

Dacă ați implementa un CAMPUS 3D cum ați proiecta elementele de mediu?

Să nu aibă similitudini cu campusul real: 8% ; Să aibă similitudini cu campusul real: 17 ; Combinat : 75%
--

Să nu aibă similitudini cu campusul real: 8% ; Să aibă similitudini cu campusul real: 17 ; Combinat : 75%
--

8. IMPLEMENTAREA UNUI CAMPUS 3D ONLINE GAMIFICAT

Propuneri pentru implementarea campusului virtual "3DUPB"

Campusul virtual "3DUPB" cuprinde în prezent amfiteatre și laboratoare ale Facultății de Automatică și Calculatoare, modelate ca o replică realistă a acestora. În afară de modelarea spațiului 3D ca o clonă a celei reale, este necesar ca mediul 3D să ofere cel puțin servicii similare celor oferite prin platformele virtuale tradiționale existente, care funcționează în mediul web și web 2.0, la care să se adauge servicii specifice mediului 3D. Propunem funcțiile sintetizate în continuare.

CONECTAREA LA SERVICII WEB oferite în mod tipic prin intermediul unor platforme de tip LMS (de ex. Moodle).

CONECTAREA LA SERVICII WEB 2.0, respectiv rețelele sociale (blog-uri, forum-uri, documente colaborative în cloud).

SERVICII ÎN MEDIUL 3D: tururi virtuale; întâlniri și conferințe virtuale; comunități de învățare în mediu 3D, realizarea de proiecte colaborative, asistenți virtuali; componente de analitică a învățării.

ALTE SERVICII: realizarea unor interfețe grafice care să faciliteze accesul și gestionarea unui mediu virtual 3D complex și extins, de exemplu, lansarea simulatorului dintr-o interfață pentru particularizarea mediului virtual; lansarea clientului dintr-o interfață care să permită autentificarea utilizatorilor, verificarea rolurilor și particularizarea unor funcționalități după rolul utilizatorului.

8.1 DESCRIERE FUNCTIONALA

Pentru cercetarea noastră a fost realizat un **simulator educațional (SE) experimental** pe platforma OpenSim, denumit *3DCampSim*, cu funcționalități care pot fi ulterior integrate ca subspații în platforma virtuală "3DUPB". După modelarea grafică 3D au fost proiectate și implementate mai multe *obiecte educaționale colaborative și adaptive*. Metodologia cercetării a fost identificarea mecanismelor de extensibilitate ale OpenSim și aplicarea acestora împreună cu mecanismele de scriptare a mediului 3D. Materialul educațional este creat cu alte programe (de ex. Power Point, filme video) și încărcate în SE, în obiecte educaționale dedicate. Atât profesorii cât și studenții pot crea *artefacte 3D* utilizând facilitățile mediului 3D și pot configura anumite obiecte educaționale. Studenții pot încărca prezentări ale proiectelor lor. Majoritatea obiectelor educaționale gestionează informații media. Avatarurile (agenți umanoizi controlați de către utilizatori) au fost create pentru profesori, studenți, vizitatori și administrator. Boti (agenți inteligenți controlați de mediul virtual) au fost creați pentru un ghid virtual. Toate avatarurile sunt augmentate cu un atașament (*attachement*) de identificare a rolului în cadrul SE.

Au fost proiectate **componente de gamificare pentru profesori și studenți** și s-a realizat o conectare cu sistemul LMS Moodle a facultății. Pe lângă analiza cantitativă oferită de componenta de gamificare, a fost implementat un **sistem de monitorizare a utilizării SE și instrumente de analitică a învățării (LA)**, pentru furnizarea de introspecții calitative legate de utilizarea SE, performanța studenților și a profesorilor ca urmare a utilizării SE, după o perioadă de timp semnificativă, respectiv: a) participarea la cursuri; b) timpul mediu petrecut în LE; c) cursurile cele mai frecventate; d) zonele cele mai frecventate.

Pentru a putea desfășura experimentele de față a fost utilizat DBMS Microsoft SQL Server 2008 Express Edition instalat pe calculatorul local de dezvoltare a simulatorului și care oferă funcții de analiză și integrare rapidă cu alte instrumente de analiză (de ex. Excel).

Baza de date CampSim, stochează grupuri și roluri asociate utilizatorilor sistemului LMS Moodle, care se transferă și în mediul virtual, precum și date pentru activități didactice și pentru componenta de gamificare. Conține 20 tabele.

Aplicația desktop CampSimApp realizează administrarea sistemului, respectiv autentificarea LDAP (utilizând o metodă a serviciului "3DUPB"), interfața cu baza de date CampSim și cu baza de date a sistemului LMS Moodle al universității (Fig. 8.1). Un serviciu Microsoft SQL Server actualizează la 24 h situația din tabelele de suport al gamificării.

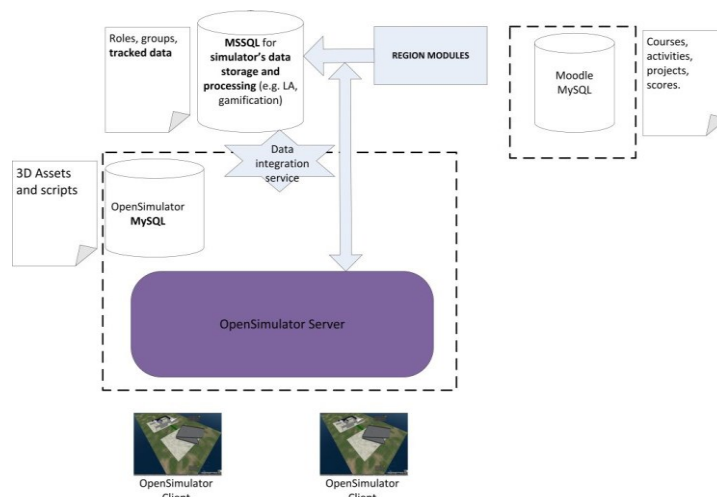


Figura 8.1 Schema de integrare între mediul virtual educațional și sistemul LMS Moodle (L. Ștefan, [STEF,2015/4])

Arhitectura spațiului virtual

În Fig. 8.2 este prezentată o modelare conceptuală a spațiului educațional, în care se îmbină spații modelate după săli de curs sau de laborator din Facultatea de Automatică și Calculatoare (de ex. laborator EG 304) cu spații pur virtuale, fără corespondența cu campusul UPB.

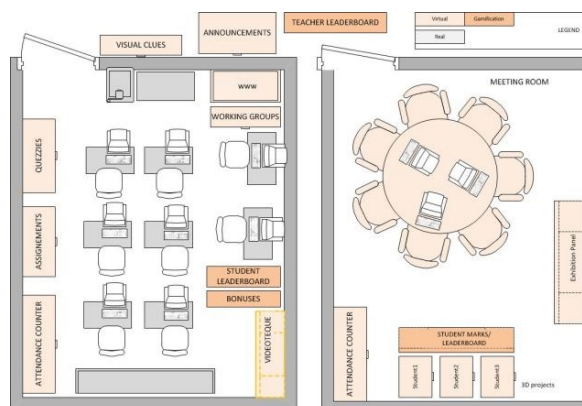


Figura 8.2 Modelarea conceptuală a unui spațiu educațional din simulatorul 3D propus [STEF, 2015/1]

Legenda culorilor: cu gri sunt reprezentări ale clasei reale; cu roz, reprezentări pur virtuale; cu portocaliu, elementele de gamificare.

Simulatorul de campus 3D online propus pentru experimentare (Fig. 8.3) este compus din:

- **clădire A**, care conține săli de laborator și alte spații virtuale, și constituie o **comunitate virtuală** educațională cu tehnologii de realitate mixtă ;
- **clădire B**, concepută ca o extensie a campusului, care constituie un centru de excelență pentru studii masterale, doctorale, și cursuri post-universitare ;

Compartimentarea **clădirii A** (Fig. 8.3) este următoarea: **un spațiu de socializare (lounge)**, **săli de laborator**; **săli de expoziții**; **sala pentru întâlniri în grupuri restrânse** studenți-profesori, **spațiu pentru administratori și socializare pentru profesori** (secretar, personal tehnic); **spațiu de tip sandbox** (zona izolată) .

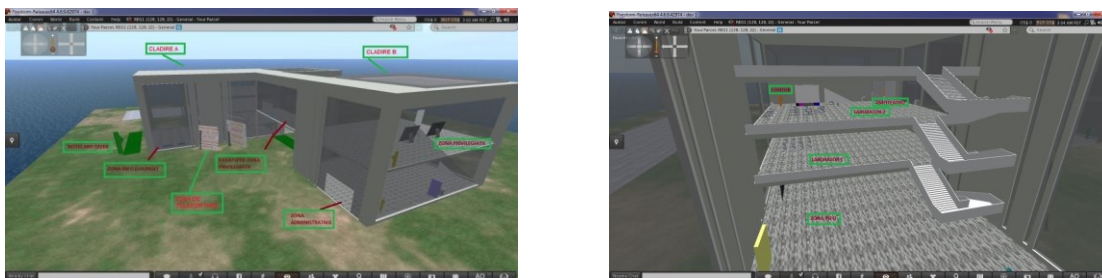


Figura 8.3 Campus virtual experimental, explicarea elementelor arhitecturale (exterior și interior) (modelare Marius Hodea, captură ecran, L. Ștefan)

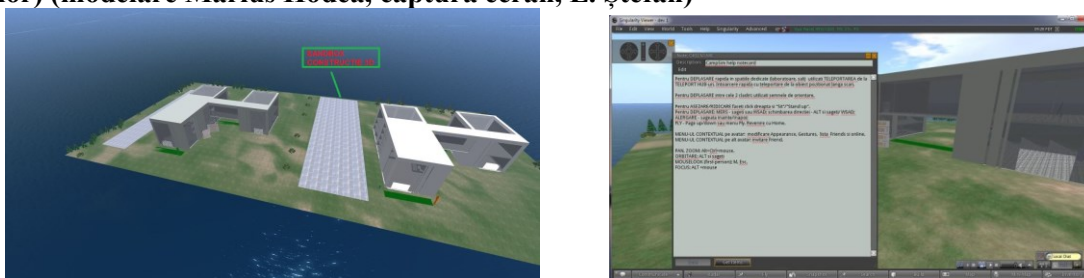


Figura 8.4 Campus virtual experimental, zona Sandbox și notecard mini-instrucțiuni (captură ecran, L. Ștefan)

Clădirea B (Fig. 8.4) reprezintă un corp de clădire cu **acces gamificat**, respectiv permis în urma performanțelor avatarurilor-studenți. Accesul la aceasta se va face prin teleportare din sala A cu ajutorul unui *obiect de teleportare* și pe baza unei liste de acces.

Legătura dintre clădiri se poate realiza prin mijloacele de deplasare specifice avatarurilor (mers, fugă sau zbor) și prin teleportare de la un punct de teleportare, cu indicatoare grafice.

8.2 MODELAREA GRAFICA

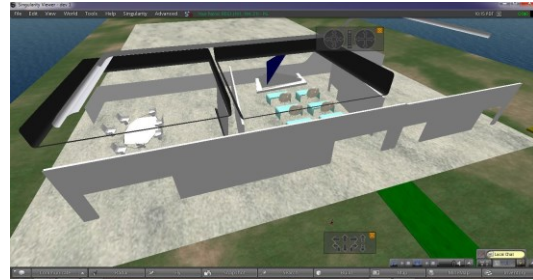
Modelul grafic al campusului fost realizat în 3dsMax și optimizat cu **Trimble Sketchup 2014** (de către student designer grafic Marius Hodea), și importat în OpenSim în format Autodesk Collada 1.4. Alte obiecte, de ex. mese, scaune, monitoare TV, au fost preluate din depozitul de obiecte grafice Trimble 3D Warehouse, sub licențe de tip *Creative Commons*. Mesele și scaunele din zona de lounge au fost realizate cu primitive OpenSim. Tabelul 8.1 redă elemente ale modelului 3D al spațiului virtual al campusului 3D experimental.

Tabel 8.1 Elemente ale modelului 3D al spațiului virtual al campusului experimental

SISTEME DE E-LEARNIG BAZATE PE TEHNOLOGII AVANSATE ÎN SPAȚII VIRTUALE 3D

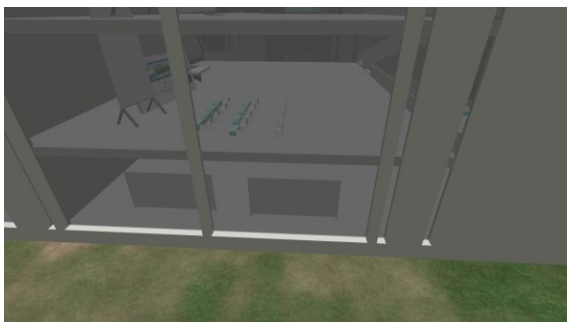


Laborator virtual, obiecte din sala EG304, modelare grafică Alexandru Grădinaru (Grădinaru,2014), import în OpenSim L. Ștefan



Campus virtual cu 2 săli compartimentate (captură din viewer Singularity, L. Ștefan)

Campus virtual, modelare Sketchup Marius Hodea (captură din viewer Singularity), import în OpenSim L. Ștefan. *Versiunea actuală îmbunătățită în urma experienței din modelările anterioare.*



Campus virtual – vedere exterioară



Campus virtual – zona de lounge



Campus virtual – zona administrativă



Campus virtual – amfiteatrul



Campus virtual – sala de întâlniri



Campus virtual - laborator

8.3 OBIECTE 3D EDUCAȚIONALE, DE GAMIFICARE SI MONITORIZARE MEDIU VIRTUAL

Au fost create obiecte educaționale pentru **lucrul colaborativ**: *PANEL_PRESENTATION*; *PANEL_WHITEBOARD*; *PANEL_EXHIBIT*; *NOTECARD_QA*; *PANEL_ANNOUNCEMENTS*; *MONITÖR_TV* –pentru realitatea mixtă (streaming video). *PANEL_QUIZ*.

Au fost realizate obiecte pentru a implementa **gamificarea**: *PANEL_LEADERBOARD*; *HUD_STUDENT-HUD*; *HUD_TEACHER -HUD*; *MEDIA_STORE* ; *PRIVILEGED_DOOR*.

Obiectele **sunt configurabile** prin mesaje text-chat.

Au fost realizate obiecte pentru **monitorizarea** mediului virtual: *PANEL_PRESENCE*; *LANDMARK*; *PANEL_COMMS*; *DATASCAPE_CMD*. Obiectele sunt **monitorizate în baza de date**.

De asemenea sunt realizate obiecte cu **funcții utilitare**: *ONOFF_INDICATOR* – pentru marcarea săli ocupate/libere; *TELEPORT_HUB* – *punct de orientare și teleportare în zone cheie*; *NOTECARD_HELP*; *HUD_MULTILINK*; *ROLE_INDICATOR*.

8.4 REALITATEA MIXTA

Profesorul și studenții din sală se conectează la mediul virtual și vizualizează în permanență audiența fizică și pe cea virtuală. Reciproc, utilizatorii conectați la distanță vor vedea sala de laborator prin intermediul camerei video locale (din laborator) care va trimite fluxuri video în cadrul simulatorului, pe textura obiectului *MONITOR_TV*. Se poate utiliza o singură cameră comandată, care își schimbă periodic unghiul de filmare. Predarea lecțiilor va avea loc în mod sincron/în timp real, dar vor fi și înregistrate.

8.5 EXTENSIBILITATEA OPENSIM

Extensibilitatea OpenSim se sprijină pe mai multe mecanisme, atât programatice cât și de configurare, care sunt sintetizate într-un tabel în teza de doctorat. Extensibilitatea poate avea ca scop extinderea actualelor capacități ale framework-ului sau utilizarea sa cu o mai mare flexibilitate: adăugarea dinamică de regiuni, integrarea cu servicii și sisteme externe. Ambele caracteristici au fost explorate pentru scopul cercetării de față, pentru a soluționa persistența datelor în baza de date și funcționalitatea dinamică a obiectelor 3D.

Module Regiune OpenSim (*Region Modules*) sunt mecanisme specifice OpenSim care acționează numai la nivel de regiune, la care se conectează prin înregistrarea la diferite evenimente, cum ar fi mesaje de chat, logare utilizatori.

Funcții MOD. Un alt mecanism de integrare a OpenSim cu lumea exterioară este prin intermediul funcțiilor MOD. Datele pot circula între Modulele regiune și scripturile din mediul virtual utilizând funcția de scripting *modSendCommand()*.

8.6 GAMIFICAREA SIMULATORULUI EDUCAȚIONAL

Motivația gamificării spațiului 3D

Principiile gamificării (Deterding et al., 2011) sunt instrumente eficiente în îmbunătățirea motivației studenților și a performanței învățării (Lee & Hammer, 2011) și sunt tot mai frecvent luate în considerare în crearea unor medii virtuale moderne de învățare (Kapp, 2012; Craven, 2015).

Deși conceptele de clasă și laboratoare în realitate mixtă au fost apreciate ca utile în urma sondajelor, participarea a fost determinată în principal de curiozitatea tehnică și nu de o motivație intrinsecă. Prin integrarea conceptelor de gamificare într-un mediu grafic 3D interactiv, reprezentat de mai multe săli de clasă și laboratoare, au fost implementate elemente suplimentare de motivare a studenților și a profesorilor de a participa și de a reveni în acest mediu virtual de învățare. Gamificarea a permis, de asemenea, o cuantificare și evaluare a activităților din mediul virtual 3D, a rezultatelor de învățare, într-un mod vizibil (transparent pentru studenți) și sintetic.

Obiecte de gamificare

Obiectele educaționale concepute pentru *gamificarea participării studenților și a profesorilor* în cadrul simulatorului sunt panoul de clasament (LEADERBOARD) și obiectele de tip HUD. Primul obiect este public, în timp ce informațiile din HUD-uri pot fi văzute numai de către fiecare avatar-student, respectiv avatar-profesor.

Spatiul privilegiat este conceput ca un **spațiu gamificat**. Studenții care au atins un nivel suficient (puncte totale deținute) sunt recompensați cu posibilitatea de a fi teleportați în acest spațiu special de învățare, în care studenții se pot întâlni cu instructori/profesorii și studenți de la alte universități.

8.7 EXEMPLIFICARE IMPLEMENTARE SIMULATOR DE CAMPUS 3D ONLINE

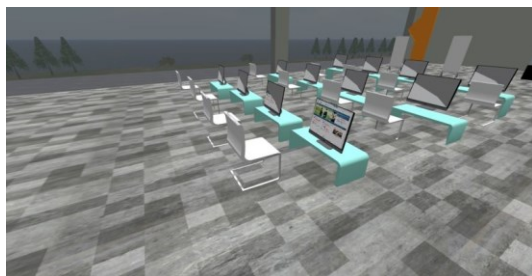
Tabelul 8.3 Ilustrare funcționalității campus 3D online experimental



După logare, avatarul este invitat să selecteze rolul.



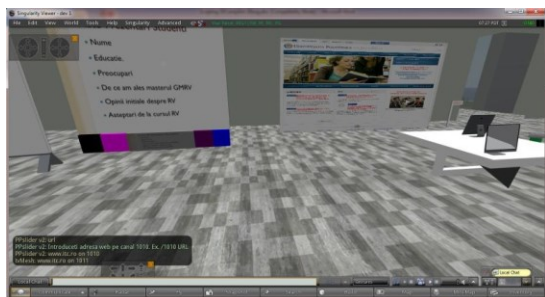
Avatar cu atașament la mână cu obiect **ROLE INDICATOR**.



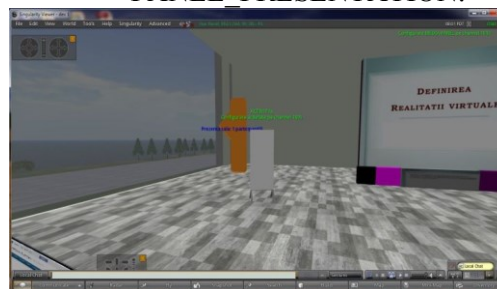
Sală de laborator.



Încărcare PowerPoint în obiectul **PANEL PRESENTATION**.

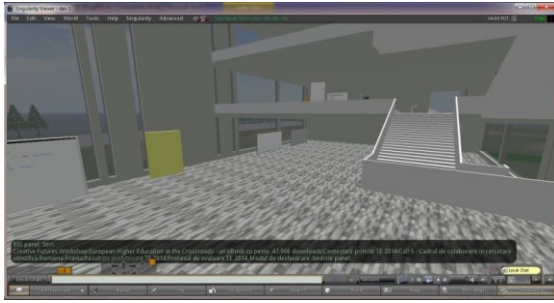


Configurare **PANEL_PRESENTATION**.

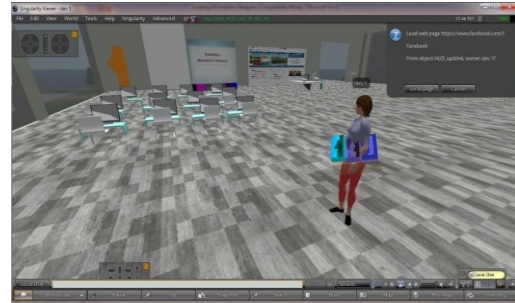


Afișare număr avataruri prezenți în sală, obiect **PANEL_PRESENCE** și **LANDMARK**.

SISTEME DE E-LEARNIG BAZATE PE TEHNOLOGII AVANSATE ÎN SPAȚII VIRTUALE 3D



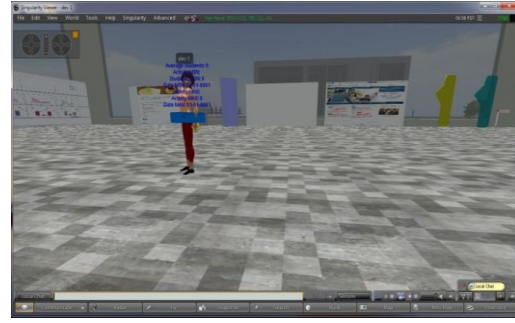
Afișare flux RSS de la
PANEL_ANNOUNCEMENTS.



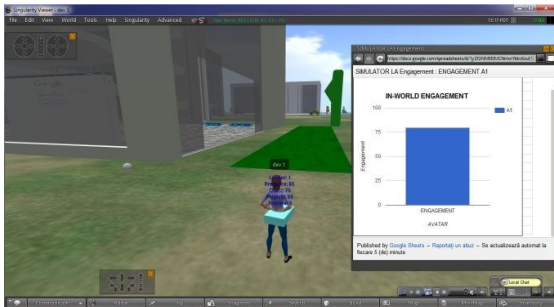
HUD multilink pentru acces la 3 site-uri predefinite: UPB, Facultatea de Automatică și Facebook.



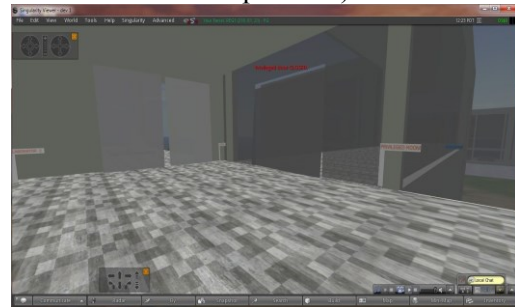
Panoul LEADERBOARD pe care sunt afișați studenții cu scor $\geq 88\%$.



Afișarea din HUD_TEACHER a informațiilor referitoare la activitatea profesorului (gamificare profesor).



Afișarea din HUD_STUDENT a informațiilor referitoare la activitatea studentului (gamificare student).



Intrare în zona privilegiată, obiecte DOOR și PRIVILEGED_DOOR.

8.8 IMPLEMENTARE CONCEPT DE LEARNING ANALYTICS IN LUMEA VIRTUALA

Learning Analytics (LA) s-a dezvoltat ca o disciplină recentă. Instrumentele de LA au ca obiective monitorizarea, analiza, evaluarea (Chatti,2012) sau reflectare, mentorat și adaptare a serviciilor (Yousef,2015).

Ipoieza noastră de cercetare este faptul că instrumentele de LA împreună cu alte metode, cum ar fi gamificarea sau metodele formale, pot fi utilizate pentru a evalua eficiența pedagogică a unui simulator educațional complex. Această parte a cercetării încearcă să evalueze campusul 3D online experimental 3DCampSim din mai multe puncte de vedere: utilizabilitate (calitatea proiectării obiectelor și a mediului), preferințe în utilizare și utilitate pedagogică. Din metodele de analiză aplicate de obicei în LA (Chatti,2012), au fost utilizate statistici descriptive și vizualizarea datelor.

Metoda noastră de cercetare diferă de cele aplicate de către alți cercetători, care analizează logurile serverului OpenSim sau cele de chat, respectiv se analizează un set de date istorice

proiectate pentru a evidenția distribuția avaturilor *în spațiu și timp* în interiorul simulatorului, activitățile studenților (de exemplu, participarea la cursuri, accesul la resurse, timpul petrecut), preferințele de comunicare, rezultate la teste și proiecte. Post-procesările de date sunt realizate cu Microsoft SQL Server.

Un indicator de implicare (*engagement*) a studentului măsurat cu instrumentele de LA realizate a fost comparat cu cel calculat din utilizarea platformei Moodle pentru învățare colaborativă, prin extinderea funcționalității acesteia cu plugin-ul analitic Moodle Engagement Plugin, care calculează indicatorul de implicare a studenților după 3 factori ponderați după importanța lor: *conectări în sistem, rezultate la evaluări și activitate pe forum*.

Instrumente de raportare LA

Indicatorii pot fi vizualizați din rapoarte de tip tablou de bord (*dashboard*) stocate în cloud, respectiv în Google Sheets (Tabelul 8.4). Tabloul de bord "**activitatea simulatorului**" este public, este accesibil de la un obiect MEDIA_PANEL amplasat în zona administrativă a simulatorului și arată distribuția avaturilor în diferite zone ale simulatorului, tipuri de mijloace de comunicare, prezență la activități pe o perioadă de 2 ore. Tabloul de bord "**activitatea studentului**" indică un raport cu scorul de învățare ponderat. Tabloul de bord "**Activitatea profesorului**" indică performanța profesorului, ca număr de studenți participanți la activitățile sale.

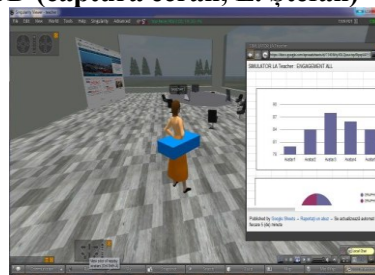
Tabel 8.4 Instrumente de analitica a invatarii in mediul virtual 3D (captură ecran, L. Ștefan)



Activitatea simulatorului într-un panou media în zona administrativă



Activitatea studentului într-un HUD student



Activitatea profesorului într-un HUD profesor

Pentru studenți, raportul de implicare (*Engagement*) în sistemul Moodle este indicat mai jos.

Tabel 8.5 Implicarea studentului în sistemul Moodle

Username	Assessment Activity	Forum Activity	Login Activity	Total
Student1	90 (100%)	60 (100%)	70 (100%)	75%
Student2	80 (100%)	60 (100%)	75 (100%)	70%
Student3	80 (100%)	70 (100%)	80 (100%)	60%
Student4	90 (100%)	60 (100%)	70 (100%)	75%
Student5	80 (100%)	60 (100%)	75 (100%)	70%
Student6	80 (100%)	70 (100%)	80 (100%)	60%

După testele preliminare, obiectele virtuale și funcționalitățile realizate au fost salvate ca arhive OAR și integrate într-o implementare on-line, în campusul virtual 3DUPB, apoi testate în contextul acestuia. Simulatorul este accesibil de la adresa 3d.pub.ro:9000. Spațiile virtuale experimentale pot fi integrate în campusul virtual 3DUPB ca extensii de regiuni.

CampSim are asociat un blog Google+ public la adresa URL <http://tinyurl.com/p9ec5fu>.

9. STUDII DE CAZ PENTRU VALIDAREA SIMULATORULUI DE CAMPUS 3D ONLINE

Având în vedere rezultatele empirice obținute din sondajele de utilizatori în etapa precedentă a cercetării, pentru evaluarea simulatorului de campus 3D online s-a utilizat **metoda triangulației**, pentru a realiza o evaluare mai complexă. Metoda este preluată din științele sociale (Olsen,2004) (Lorenzo,2014).

Pentru a compensa volumul mic de participanți s-au combinat următoarele surse de informații: a) date din evaluarea formală bazată pe metodologii preluate din literatură ;b) date din sondajele de utilizatori;c) date provenite din sistemul automat de colectare de date din simulatorul 3D. Răspunsurile din scara Likert de la 1 la 5 au semnificația: foarte slab, slab, nu pot aprecia, bun, foarte bun și, respectiv: absolut în dezacord, nu sunt de acord, neutru, de acord, absolut de acord.

9.1 EVALUAREA FORMALA

Framework-ul 4D

Pentru evaluarea formală, calitativă a obiectelor educaționale (*Learning Objects* - LO) s-a utilizat un framework în 4 dimensiuni ("4D Framework"), propus în de Freitas & Olivier (2006), pentru a fi utilizat de profesori în scopul evaluării jocurilor și a simulărilor înainte de a fi utilizate în activități educaționale. Cele 4 dimensiuni sunt **contextul, studentul, reprezentarea internă a lumii virtuale și procesul de învățare** și trebuie considerate împreună, nu separat, în vederea susținerii învățării individuale sau de grup într-un anumit context educațional.

Framework-ul a fost aplicat pentru evaluarea obiectelor educaționale create în cadrul simulatorului 3DCampSim, prin transpunerea informațiilor tabelare într-un chestionar online denumit "**Simulator educațional 3DCampSim: Sondaj post-experiment**" pentru evaluarea calității proiectării (utilizabilității) obiectelor educaționale și a mediului virtual. Sondajul este accesibil de la <http://tinyurl.com/ns76vr7>.

Learning Object Review Instrument

Pentru evaluarea LO de către utilizatori (profesori, studenți) a fost adaptat un instrument formal denumit *Learning Object Review Instrument* - LORI(Lorenz, 2014), care se bazează pe un model convergent de participare (*Convergent Participation Model* - CPM) elaborat de Vargo, Nesbit, Belfer și Archambault (2003), cu calificative de la 1 la 9 ale calității obiectelor de învățare, individual și în panel. În cazul cercetării de față, a fost realizată evaluarea individuală și în panel (prin discuții) de către mai mulți utilizatori în cadrul unei sesiuni de experimentare. Chestionarul a fost transpus într-un sondaj online denumit "**3DCampSim - Evaluarea eficienței pedagogice**", accesibil de la <http://tinyurl.com/oo3cv4t>.

Technology Acceptance Model (TAM) (Davis, 1986) este o teorie a sistemelor informatice care modelează modul în care un utilizator acceptă și utilizează o tehnologie și oferă o predicție a acceptabilității unui sistem informatic. Modelul sugerează că **acceptanța** unui sistem informatic este determinată de doi factori principali: utilitatea percepută (*perceived usefulness*) și ușurința de utilizare percepută (*perceived ease of use*) (Larcker et Lessig, 1980).

Pentru evaluarea percepției utilizatorilor asupra utilității și a ușurintei de utilizare, respectiv a probabilității de acceptare a 3DCampSim, a fost utilizat TAM, din care a derivat un sondaj online denumit "**3DCampSim: Sondaj de evaluare a intenției de utilizare**", accesibil de la <http://tinyurl.com/oo2fs8s>.

9.2 DESCRIEREA EXPERIMENTELOR

3DCampSim a fost evaluat de grupuri de studenți și câțiva profesori, instruiți în ceea ce privește utilizarea simulatorului, navigarea, comunicarea în lumea virtuală și scopul cercetării. Majoritatea studenților *nu cunoșteau utilitatea pedagogică a simulatorului de campus 3D online*.

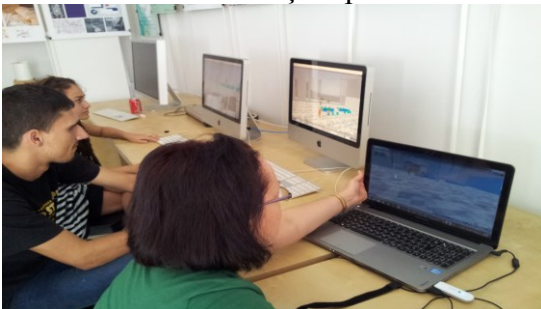
Pentru evaluarea mediului virtual participanții au urmat un **flux structurat de activități** după modelul tipic al cursurilor de inginerie (Lorenz, 2014).

Sesiunile de experimentare (Tabel 9.1) au fost realizate cu: **1) Voluntari de la Universitatea Româno-Americană București** (iulie 2015 ; acces remote ; Date demografice : 2 studenți masteranzi (băieți), vârsta 20-30 ani) ; **2) Participanți de la Scoala de Vară, Facultatea de Automatică București** (august 2015, sala EG 204, Date demografice : 6 studenți (4 băieți, 2 fete), 1 profesor); **3) Voluntari de la UNA București** (august 2015, sala Facultatea de Design, Date demografice : 2 studenți masteranzi (1 baiat, 1 fata), 1 profesor simulat de L. Ștefan).

Tabel 9.1 Experimentare 3DCampSim



Prezentare și experimentare 3DCampSim la UPB (foto L. Ștefan)



Experimentare 3DCampSim la UNA București (foto Marius Hodea)

Au fost utilizate următoarele sondaje:

EVALUAREA PROIECTĂRII MEDIULUI VIRTUAL ȘI A OBIECTELOR

EDUCAȚIONALE: <http://tinyurl.com/ns76vr7>

EVALUAREA EFICIENȚEI PEDAGOGICE A SIMULATORULUI DE CAMPUS 3D

ONLINE: <http://tinyurl.com/oo3cy4t>

EVALUAREA EFICIENȚEI PEDAGOGICE A PLATFORMEI

MOODLE: <http://tinyurl.com/oo2fs8s>

EVALUAREA INTENȚIEI DE A UTILIZA TEHNOLOGIA DE CAMPUS 3D

ONLINE: <http://tinyurl.com/o7d2elg>

9.3 INTERPRETAREA STUDIILOR DE CAZ ȘI A REZULTATELOR

În general **calitatea proiectării mediului și a obiectelor educaționale 3D** a fost apreciată ca bună și foarte bună de **75%** din respondenți. Utilizatorii au apreciat calitatea simulatorului 3D în ceea ce privește imersivitatea, **ușurința de utilizare**, obiectele HUD și gamificarea, dar mai puțin au apreciat experiența de realitate mixtă și calitatea proiectării obiectelor 3D.

Eficiența cognitivă și psiho-pedagogică a activităților educaționale desfășurate în campusul 3DMUVE și obiectelor de comunicare și de învățare proiectate a fost recunoscută în general de către **94%** din respondenți. În ceea ce privește **intenția de a utiliza** în viitor simulatorul de campus, 5 din 6 (**83%**) dintre utilizatorii chestionați au declarat că vor folosi pentru anumite activități de predare și învățare, în timp ce un respondent a declarat ca are nevoie să fie mai informat.

Răspunsurile din sondajele online indică faptul ca după experiment studenții au devenit mai conștienți de **utilitatea educațională a simulatorului 3D**, de exemplu pentru cei care nu pot participa la activitățile cu prezență fizică.

Comparație cu prelucrarea automată a datelor

Rezultatele din sistemul automat de monitorizare referitoare la **frecvența de vizitare a zonelor din mediul virtual** au fost comparate cu rezultatele din sondajele de utilizator. Din graficul din Fig. 9.1 se observă ca cei mai mulți utilizatori au fost în zonele de tip LABORATOR, MEETING ROOM și EXHIBIT ROOM, cel mai utilizat mijloc de comunicare în mediul virtual a fost text-chat-ul (graficul din mijloc), participarea la sesiunea de întrebări și răspunsuri (Q&A) a fost destul de slabă (graficul de jos).

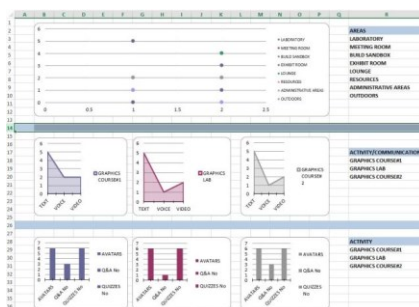


Figura 9.1 Dashboard activitate simulator

9.4 CONCLUZII PRIVIND VERIFICAREA IPOTEZEI CERCETARII

Ipoteza generală de cercetare a fost verificată cu ajutorul rezultatelor sondajelor de evaluare a simulatorului de campus 3D online 3DCampSim, respectiv, **“Evaluarea eficienței pedagogice a utilizării campusului 3D online”**, comparativ cu **“Evaluarea eficienței pedagogice a utilizării platformei Moodle”**, și cu rezultatele din Tabelul 8.5.

Ipoteza specifică de cercetare, utilizarea gamificării pentru stimularea motivației studenților și a profesorilor de a utiliza mediul virtual 3D, precum și pentru a monitoriza performanța studenților și a profesorilor, a fost verificată cu rezultatele sondajului **“Evaluarea proiectării mediului virtual și a obiectelor educaționale”**.

10. PROTOTIPIZAREA SPAȚIULUI VIRTUAL 3D ȘI REUTILIZAREA RESURSELOR

Crearea unui campus 3D online în OpenSim este un proces care cuprinde multe operații și necesită o colaborare multi-disciplinară. Ca în cazul realizării oricărui produs complex este necesară prototipizarea anumitor componente și o metodologie de proiectare. În acest capitol al tezei sunt analizate abordări ale acestui subiect de către alți cercetători și sunt prezentate propunerile noastre, care să reducă deficiențele actuale ale OpenSim, ca platformă de authoring lumi virtuale 3D online. Propunerile sunt sintetizate în Fig. 10.1.

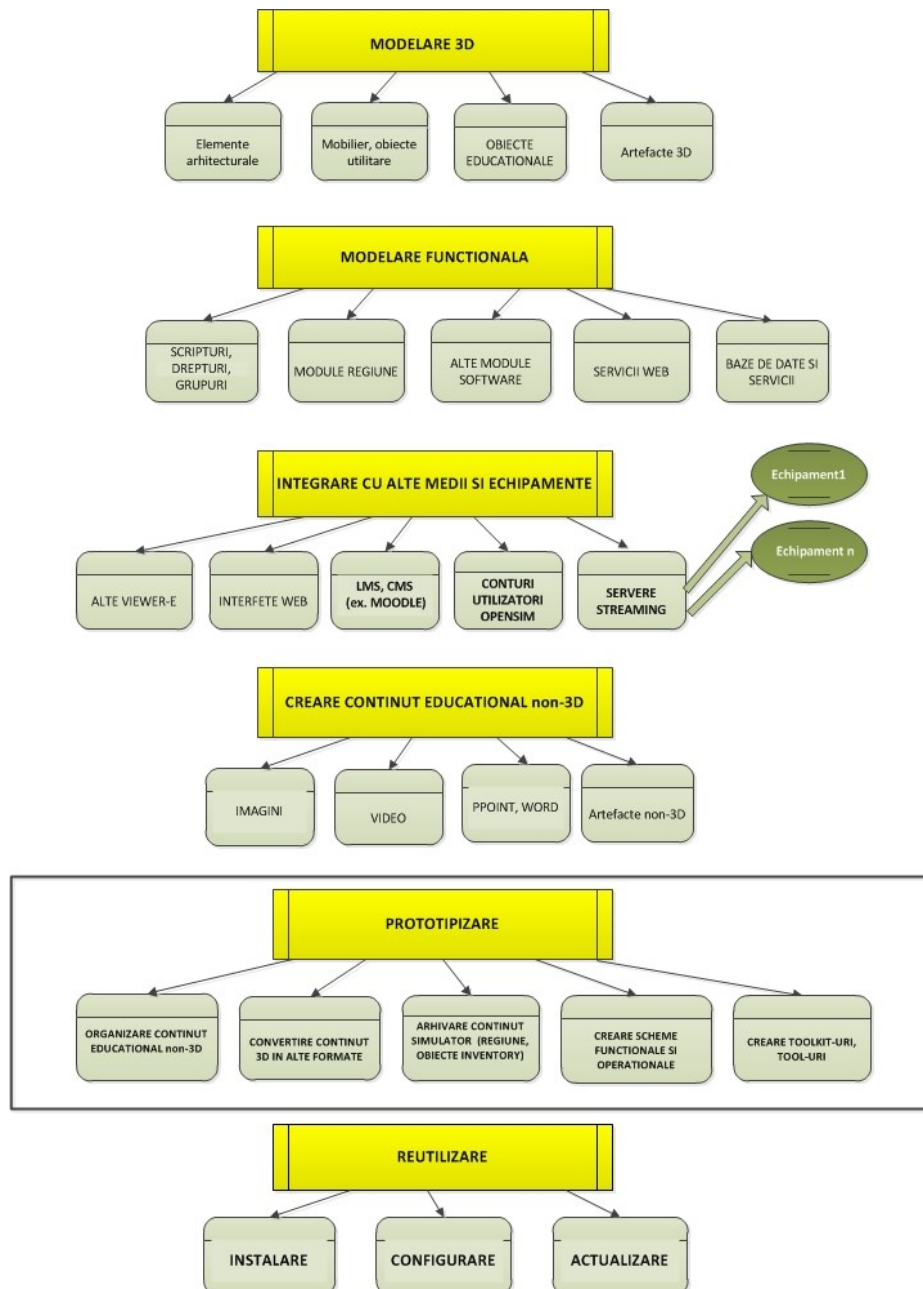


Figura 10.1 Propunere metodologie de creare medii educaționale 3D complexe (L. Ștefan)

11. CONCLUZII

Performanțe și limite ale platformei OpenSim

Considerăm ca OpenSim are caracteristici ofertante și validate de numeroase cercetări, inclusiv de cea de față, dar dimensiunea 3D a predării și învățării prezintă încă multe provocări pentru a fi pe deplin acceptată. Design-ul instrucțional, interactivitatea și stabilitatea mediului sunt factori esențiali pentru acceptarea mediilor virtuale 3D online, ca medii de e-Learning.

Cercetarea de față a relevat deficiențe și limitări ale platformei OpenSim, care ar putea fi o barieră în utilizarea acestei platforme pentru o versiune "de producție" a unui mediu virtual complex. De asemenea, contextul MMO necesită optimizări ale infrastructurii de server.

În urma experimentărilor cu cele **două viewer-e principale** concluzionăm, de asemenea, că: Viewer-ul Firestorm este optim pentru faza de dezvoltare a unui simulator; Viewer-ul Singularity este util pentru utilizatorii finali.

Performanțe și limite ale cercetării

În prezenta cercetare am evaluat diferite niveluri de exploatare și extensibilitate ale platformei OpenSim pentru medii virtuale interactive, cu realitate mixtă: funcțiile de scripting LSL și OSSL; module regiune și funcții MOD, care extind capabilitățile funcțiilor de scripting; capabilități de comunicare între lumea virtuală și cea reală.

Realizările practice din prezența cercetare doctorală sunt dezvoltări experimentale care au permis evaluarea *unor paradigme moderne de predare și învățare* într-un mediu **virtual 3D online**. Au fost implementate și experimentate trei concepte din domeniul tehnologiilor educaționale moderne: **realitate mixtă, gamificarea învățării și analitica învățării (Learning Analytics)**. Implementările au avut la bază studii științifice, teorii moderne de predare și învățare, dezvoltări experimentale pentru evaluarea tehnologiilor VR și AR.

Fiecare dezvoltare experimentală a fost demonstrată și experimentată cu utilizatori de la școli gimnaziale și de la trei universități.

Corelarea activităților din mediul virtual cu cele din platforma Moodle a fost demonstrată ca posibilitate, dar necesită un efort suplimentar pentru integrarea deplină a celor două platforme.

Perspective ale cercetării

Cercetarea doctorală va fi continuată cu implementări în cadrul unor proiecte educaționale viitoare. Obiectele 3D educaționale pot fi rafinate cu caracteristici specializate, în special cele care asigură suportul integrării cu sistemul Moodle sau cele de realitate mixtă. De asemenea, vor fi continuate experimentările cu o bază mai largă de utilizatori și cu instrumente sociologice îmbunătățite.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- [1] Abt, C. C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.
- [2] Azuma, R. (1997): *A Survey of Augmented Reality*. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. Vol. 6, No. 4, pp 355-388.
- [3] Baldi, P. & Lopes, C. (2012). *Universal Campus. An open virtual 3-D world infrastructure for research and education*, ACM Library, DOI: 10.1145/2181207.2206888.
- [4] Barab, S. & Squire, K. (2004). *Design-based research: putting a stake in the ground*. In *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), pp 1-14, Accesat 2015.
- [5] Bell, M.W. 2008. *Toward a Definition of Virtual Worlds*. *Journal of Virtual World Research*. Vol. 1. No. 1., <http://journals.tdl.org/jvwr/article/viewFile/283/237>.
- [6] Billingham, M. (2002). *Augmented Reality in Education*, http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/ar_edu.pdf
- [7] Burdea, G. & Coiffet, Ph. (2003). *Virtual Reality Technology*. Second Edition, Wiley.
- [8] Chatti, M.A., Dyckhoff, A.L., Schroeder, U. & Thüs, H. (2012). *A reference model for learning analytics*. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 5, pp. 318-331.
- [9] Conole, G., & Alevizou, P. (2010). *A literature review of the use of Web 2.0 tools in Higher Education*, <http://tinyurl.com/33ujhfa>.
- [10] Costa, C. J., & Aparicio, M. (2011). *Analysis of e-learning processes*. In *Proceedings of the 2011 workshop on open source and design of communication*, pp. 37-40. New York, NY, USA: ACM.
- [11] Craig A.B., Sherman, W. R. & Will, J. D. (2009). *Developing Virtual Reality Applications*, Morgan Kaufman Publishers.
- [12] Craven, D. (2015). *Gamification in Virtual Worlds for Learning: A Case Study of PIERSiM for Business Education*, *Gamification in Education and Business*, Torsten Reiners and Lincol C. Woods (eds.), pp 385-401.
- [13] Davis, F. D. (1989). *Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance*. *MIS Quarterly*, 13 (3), 319-340.
- [14] de Freitas, S. (2008). *Serious virtual worlds: A scoping study*. JISC e-Learning Programme, The Joint Information Systems Committee (JISC), Coventry, England: Serious Games Institute.
- [15] de Freitas, S., & Oliver, M. (2006). *How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?*, *Computers & Education*, 46, pp. 249–264.
- [16] DeCoursey, C. & Garrett, S. (eds.). (2014). *Teaching and Learning in virtual Worlds*, Interdisciplinary Press.
- [17] Dede, C. (2009). *Immersive Interfaces for Engagement and Learning*, Harvard Graduate School of Education.
- [18] Deterding, S. & et al. (2011). *From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification*, *Mindtrek Proceedings*.
- [19] Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. New York, NY: Kappa Delta Pi., ISBN 0-684-83828-1.
- [20] Dickey, M. D. (2005). *Engaging by design: How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design*. *Educational Technology Research and Development*, 53(2), pp. 67–83.
- [21] Downes, S. (2005). *E-learning 2.0*, National Research Council of Canada, <http://elearnmag.acm.org/featured.cfm?aid=1104968>, Accesat 2014.
- [22] Gabrielova E., & Lopes, C. V. (2014). *Impact of Event Filtering on OpenSimulator Server Performance*, *Proceedings of the 2014 Summer Simulation Multiconference*, 31.
- [23] Gardner M., Scott J., & Horan B. (2008). *Reflections on the use of Project Wonderland as a mixed-reality environment for teaching and learning*, Open University Press.
- [24] Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York: Palgrave/St. Martino.

- [25] Grădinaru, A. (2014). Lucrare de disertație, Contribuții la dezvoltarea platformei 3DUPB - Replica virtuală masiv multiutilizator în timp real a Universității POLITEHNICA din București.
- [26] Gütl, C. (2009). E-Learning in modern Learning Settings: Recent Research Activities, Technical University of Graz.
- [27] Heim, M. (1993). *The Metaphysics of Virtual Reality*, OUP.
- [28] Hermon, S. (2004). 3D Modelling and Virtual Reality for the Archaeological Research and Museum Communication of Cultural Heritage, in *Presenting Cultural Heritage Resources On-line International Summer Course*, Bușteni.
- [29] Holotescu, M.C. (2015). *Emerging Technologies in Education. Conceiving and Building a Microblogging Platform for Formal and Informal Learning*, PhD Thesis. Universitatea de Vest, Timișoara.
- [30] Holotescu, C., Crețu, V., & Grosseck, G. (2013). MOOC's Anatomy: Microblogging as the MOOC's Control Center. In *Proceedings of eLSE 2013 - eLearning and Software for Education*, Bucharest, Romania.
- [31] Holotescu, C., & Knight, J. (2002). Methodologies in e-Learning - eWorkshop Notes. In *eLearning eJournal*.
- [32] Jung, Y. (2008). *Building Blocks for Virtual Learning Environments*, Fraunhofer IGD, Darmstadt, WSCG2008.
- [33] Kafai Y., B. (2006). *Playing and Making Games for Learning, Games and Culture*, vol. 1, no.1, p. 26-40.
- [34] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction*, John Wiley and Sons. Pfeiffer.
- [35] Kapp, K. M., & O'Driscoll, T. (2010). *Learning in 3D: Adding a New Dimension to Enterprise Learning and Collaboration*, John Wiley and Sons. Pfeiffer, ISBN-10: 0470504730.
- [36] Kappe, F., & Guetl, C. (2009). Enhancements of the realXtend framework to build a Virtual Conference Room for Knowledge Transfer and Learning Purposes, *Hypermedia and Telecommunications Conference (EDMEDIA)*.
- [37] Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother?. In *Academic Exchange Quarterly*, 15(2). Accesat în 2015, <http://www.gamifyingeducation.org/files/Lee-Hammer-AEQ-2011.pdf>
- [38] Lifton J., & Paradiso, J. (2010). Dual Reality: Merging the Real and Virtual, *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol. 33, no. 1, pp. 12-28.
- [39] Lorenzo, C. M., L., Lezcano, S., & Sánchez-Alonso. (2013). Language Learning in Educational Virtual Worlds—a TAM Based Assessment, *Journal of Universal Computer Science*, vol. 19, 1615-1637.
- [40] Madden L. (2011). *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones*, Wiley Publishing Inc.
- [41] Manovich, L. (2002). *The Poetics of Augmented Space*. In Everett, A., & Caldwell, J. (Eds.), *Digitextuality*. London: Routledge.
- [42] McLellan H. (2001). *Virtual realities*, McLellan Wyatt Digital.
- [43] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. In *IEICE Transactions on Information Systems*, pp. 1321–1329.
- [44] Moldoveanu F., Racoviță Z., Petrescu S., Hera G., & Zaharia M. (1996). *Grafică pe Calculator*, Ed. Teora.
- [45] Moldoveanu, A. Grădinaru, O. M. Ferche, and L. Ștefan. (2014). The 3D UPB Mixed Reality Campus Challenges of mixing the real and the virtual. In *CSTCC Proceedings of the 18th International Conference on System Theory, Control and Computing*, Sinaia, Romania, pp. 544-549.

- [46] Moldoveanu, A., Morar, A. & Asavei, V. (2013) Campusul de realitate mixtă 3DUPB – o perspectivă asupra felului în care mediile de realitate mixtă pot modela viitorul. *Revista Română de Interacțiune Om-Calculator*, pp. 35-56.
- [47] Moldoveanu, A., Moldoveanu, F., Asavei, V. & Boianiu, C. (2009). *Realitatea Virtuala*, Editura MatrixRom, ISBN 973-755-488-8.
- [48] Nentwich, M. & Konig R. (2012). *Cyberscience 2.0 - Research in the Age of Digital Social Net-works*. Campus Verlag GmbH.
- [49] O'Reilly, T. (2005). *What is Web 2.0? Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*, <http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html>. Accesat la 30 ianuarie 2014.
- [50] Olsen, W. (2015). *Triangulation in Social Research: Qualitative and Quantitative Methods Can Really be Mixed*, *Developments in Sociology*, Courseway Press, 2004, <http://www.harep.org/Social%20Science/Triangulation.pdf>.
- [51] Peña-Ríos, A., Callaghan, V., Gardner, M. & Alhaddad, M. J. (2012). Remote mixed reality collaborative laboratory activities: Learning activities within the InterReality Portal, *IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*.
- [52] Piaget, J. (1977). The role of action in the development of thinking. In *Knowledge and development* (pp. 17-42). Springer US.
- [53] Popescu, E. (2013). *Social Learning Environments*, Editura SITECH, Craiova, Romania.
- [54] Prensky, M. (2001). *Digital Game-Based Learning*, McGraw-Hill.
- [55] Savin-Baden, M. (2010). *Second Life in Higher Education*, Open University Press.
- [56] Schmalstieg, D. (2005). *Augmented Reality in Games*. In: *Proceedings of International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Vienna, Austria.
- [57] Siemens, G. (2008). *Learning and Knowing in Networks: Changing roles for Educators and Designers*, ITFORUM Conference Presentation, <http://it.coe.uga.edu/itforum/Paper105/Siemens.pdf>.
- [58] Sutherland, I. (1963). *Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System*, MIT, republicata in 2003 de University of Cambridge.
- [59] Thalmann, N. M., & Halmann, D. (1999). *Virtual Reality software and technology*, *Encyclopedia of Computer Science and Technology*. vol. 41, ed: Marcel Dekker, pp. 331-361.
- [60] Vargo, J., Nesbit, J.C., Belfer, K. & Archambault, A. (2003). Learning object evaluation: computer-mediated collaboration and inter-rater reliability. *International Journal of Computers and Applications*, 25(3), pp. 198-205.
- [61] Vlada, M. & Popovici M. (2004). *Realitatea Virtuală (Virtual Reality), tehnologie modernă a informaticii aplicate*, Universitatea din București, Universitatea "Ovidius" Constanța.
- [62] Vygotsky, L. (1978). *Mind and Society: the development of Higher Mental Process*, Harvard University Press, Cambridge.
- [63] Wenger, E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-66363-2.
- [64] Winn, W. (2002). *What can students learn in artificial environments that they cannot learn in class?* University of Washington, First International Symposium, Open Education Faculty, Anadolu University, Turcia.
- [65] Yousef, A. M., F., Chatti, M. A., Schroeder, U., Wosnitza, M., & Jakobs, H.(2014). MOOCs - A Review of the State-of-the-Art, In *Proceedings of The 6th International Conference on Computer Supported Education –CSEDU 2014*, Lisabona.
- [66] Zyda M., 2005. From Visual Simulation to Virtual Reality to Games, *Computer*, 38(9), pp. 25-32.
- [67] *** 3DCAMPSIM blog, <http://tinyurl.com/p9ec5fu>, Accesat 2015.
- [68] *** 3DUPB Project web site, <http://3d.pub.ro>, Accesat 2015.