



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

TEZĂ 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 Pentiuc	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

CUPRINS

CAPITOLUL 1	1
1. Introducere.....	1
1.1 Dimensiunea 3D a învățării	12
1.2 Contextul general.....	13
1.3 Proiectul "3DUPB".....	15
1.4 Problemele globale identificate	15
1.5 Motivația temei de cercetare	16
1.6 Obiectivele tezei	17
1.7 Ipoteze ale cercetării.....	17
1.8 Metodologia utilizată în cercetare	17
1.9 Structura tezei.....	19
CAPITOLUL 2	2
2. Sisteme de e-Learning actuale.....	2
2.1 Definiții	20
2.2 Specificul sistemelor informatice educaționale.....	21
2.3 Teorii cognitive și paradigme de învățare	21
2.4 Clasificarea sistemelor de e-Learning	23
2.5 Arhitecturi în sistemele de e-learning.....	24
2.6 Caracteristici ale sistemelor de e-Learning actuale	24
2.7 Evoluția sistemelor de e-Learning.....	26
2.8 Design-ul instrucțional	27
2.9 Paradigma de învățare hibridă (blended-learning)	28
2.10 Sisteme de învățare colaborativă.....	29
2.11 Sisteme personale de învățare	29
2.12 Cursuri online cu participare masivă.....	30
2.13 Mobile Learning.....	30
2.14 Învățare socială.....	31
2.15 Medii virtuale de învățare 2D.....	32
2.16 Medii virtuale de învățare 3D.....	32
2.17 Lumi virtuale 3D.....	33
2.18 Specificul învățării în lumi virtuale 3D.....	34
2.19 Medii online cu utilizare masivă	37
2.20 Învățarea cu ajutorul jocurilor (Game-Based-Learning)	39
2.21 Analitica învățării (Learning Analytics).....	41
2.22 Conținutul educațional digital	42
CAPITOLUL 3	4
3. Tehnologii specifice sistemelor de e-learning tradiționale.....	4
3.1 Sisteme de management al învățării	43
3.2 Sisteme de management al conținutului educațional.....	44
3.3 Comparație între sisteme LMS cu sisteme LCMS	44
3.4 Standarde și reutilizarea conținutului în sistemele de e-Learning.....	45
3.5 Platforme existente pentru implementarea sistemelor online de e-Learning.....	46
3.1 Analiza critică a sistemelor LMS	46
3.2 Concluzii	46
CAPITOLUL 4	4
4. Tehnologii specifice sistemelor de e-learning în spații virtuale 3D - stadiul actual.....	4
4.1 Sisteme de Realitate Virtuală	47
4.1.1 Definiții	47
4.1.2 Conceptele VR.....	48
4.1.3 Tipuri de sisteme de VR.....	49

4.1.4	Tipuri de aplicații VR.....	50
4.1.5	Sistemele VR colaborative	50
4.1.6	Medii de dezvoltare a sistemelor VR	51
4.1.7	VR și paradigmele de învățare.....	53
4.1.8	Aplicații VR educaționale	53
4.1.9	Concluzii.....	54
4.2	Realitatea augmentată.....	54
4.2.1	Definiții și concepte clasice pentru Realitatea Augmentata	55
4.2.2	Tipuri de aplicații AR.....	56
4.2.3	Continuumul VR – AR și Realitatea Mixtă.....	56
4.2.4	Aportul AR la sistemele de e-Learning	57
4.2.5	Medii de dezvoltare aplicații AR/MR	58
4.3	Lumi virtuale 3D online	59
4.3.1	Caracteristici generale	59
4.3.2	Metaverse	60
4.3.3	Active Worlds.....	60
4.3.4	Quest Atlantis.....	62
4.3.5	Open Cobalt.....	62
4.3.6	Edusim.....	62
4.3.7	Open Wonderland.....	63
4.3.8	Second Life.....	64
4.3.9	OpenSimulator.....	69
4.3.10	Studiu comparativ Second Life și OpenSimulator	79
4.4	Lumi virtuale 3D în browser	81
4.4.1	RealXtend.....	81
4.4.2	Jibe.....	82
4.4.3	Cloud Party.....	84
4.5	Integrarea lumilor virtuale 3D cu sistemele de elearning tradiționale – proiectul SLOODLE 84	
4.6	Concluzii	86
CAPITOLUL 5		8
5.	STUDII DE CAZ – SOLUȚII PENTRU MEDII VIRTUALE 3D DE TIP CAMPUS UNIVERSITAR	8
5.1	Proiectul SecondDMI	89
5.2	Universitatea chineză din Hong Kong.....	90
5.3	Proiectul Universal Campus.....	91
5.4	Proiectul USALSIM.....	92
5.5	Clase virtuale în realitate mixtă.....	93
5.6	Proiectul TwinSpace.....	93
5.7	Proiectul MiRTLE.....	94
5.8	Platforma "3D UPB"	95
CAPITOLUL 6		9
6.	DEZVOLTĂRI EXPERIMENTALE ȘI EVALUAREA TEHNOLOGIILOR VR ȘI AR ÎN CONTEXT E-LEARNING	9
6.1	Aplicații educaționale cu Realitate Augmentată pe telefoane mobile.....	97
6.1.1	MUZEUL FOCULUI.....	97
6.1.1	TIMEMAPS v1	98
6.1.1	TIMEMAPS v2	100
6.1.1	AR-GGame.....	101
6.1.2	Complex de soluții m-Learning și rețele sociale	102
6.1.3	Complex de soluții m-learning pentru zone defavorizate.....	102
6.1.4	Discuție.....	102
6.2	Realizarea unui simulator “clasă virtuală” 3D cu realitate mixtă.....	103

6.2.1	Scenariu	103
6.2.2	Configurări	103
6.2.3	Scripting	105
6.2.4	Comunicații in-world.....	106
6.2.5	Realizarea unui film machinima.....	106
6.2.6	Descrierea experimentului de realitate mixtă	107
6.2.7	Streaming video din sală către un obiect dedicat din simulator	108
6.2.8	Video streaming de pe stația desktop pe telefon mobil Android.....	110
6.2.9	Procedura de autentificare și identificarea cu coduri QR și telefon mobil	110
6.2.10	Integrare experimentală cu client mobil pentru OpenSim (Lumiya)	111
6.2.11	Discuție.....	111
6.3	Realizarea unui simulator de tip amfiteatru roman	111
6.4	Experimentare serviciu RESTful "3DUPB"	112
6.5	Schimb de experiență la Cyprus Institute of Technology	114
CAPITOLUL 7		111
7.	Evaluarea cerințelor de proiectare ale unui spațiu virtual 3d online de tip campus universitar	111
7.1	Metoda sondajului ca instrument de cercetare	117
7.2	Necesitatea evaluării utilizării mediilor virtuale	117
7.3	Interviu ante-experiment privind utilitatea unei clase virtuale 3D în realitate mixtă	118
7.3.1	Rezultate	118
7.3.2	Interpretare	121
7.4	Sondaj de investigare a utilității integrării de echipamente pentru interacțiunea dintre mediul real și virtual.....	121
7.4.1	Rezultate	121
7.4.2	Interpretare	122
7.5	Sondaj post-experiment clasă virtuală 3D în realitate mixtă	123
7.5.1	Rezultate.....	123
7.5.2	Interpretare	124
7.6	Evaluarea ante-experiment privind proiectarea unui campus 3D	124
7.6.1	Rezultate	125
7.6.2	Concluzii.....	126
CAPITOLUL 8		12
8.	Implementarea unui campus 3D online gamificat.....	12
8.1	Propuneri pentru implementarea campusului virtual "3DUPB"	127
8.2	Descriere funcțională a simulatorului de campus 3D online	129
8.3	Interfețe de administrare.....	131
8.4	Utilizare serviciu REST.....	132
8.5	Baza de date a simulatorului.....	132
8.6	Drepturi în mediul virtual.....	136
8.7	Arhitectura spațiului virtual.....	137
8.8	Modelarea grafică.....	141
8.9	Modelarea funcțională a mediului	144
8.9.1	Obiecte 3D educaționale colaborative.....	144
8.9.2	Obiecte 3D pentru gamificare.....	145
8.9.3	Obiecte 3D pentru monitorizarea mediului virtual.....	145
8.9.4	Obiecte 3D pentru alte funcții	146
8.10	Ghid virtual și avatururi cu rol de admin.....	146
8.11	Comunicații în interiorul lumii virtuale.....	146
8.12	Realitatea mixtă.....	148
8.13	Extensibilitatea opensim.....	148
8.14	Programarea avatururilor NPC server-side.....	152
8.15	Programarea avatururilor NPC client-side.....	153
8.16	Gamificarea simulatorului educațional.....	153

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

8.16.1	Motivația gamificării spațiului 3D.....	153
8.16.2	Obiecte de gamificare.....	155
8.16.3	Indicatori de gamificare.....	156
8.16.4	Reguli și niveluri de gamificare.....	156
8.16.5	Accesul gamificat la resurse.....	157
8.17	Realizarea componentelor de interfață de tip HUD.....	157
8.18	Implementarea programatică a funcționalităților.....	157
8.19	Exemplificare implementare obiecte educaționale.....	161
8.20	Scenariu de utilizare a mediului virtual educațional și integrarea cu LMS.....	169
8.21	Implementare concept de Learning Analytics în lumea virtuală.....	169
8.21.1	Analiza datelor în medii virtuale 3D - cercetări similare.....	171
8.21.2	Prelucrarea datelor din simulatorul 3DCampSim.....	171
8.21.3	Instrumente de raportare LA.....	172
8.22	Testarea simulatorului de campus 3D online.....	173
8.22.1	Testarea locală.....	173
8.22.2	Testarea multi-utilizator.....	174
8.22.3	Blog Google+ asociat simulatorului.....	174
CAPITOLUL 9.....		177
9.	Studii de caz pentru validarea simulatorului de campus 3D online.....	177
9.1	Metodologia utilizată.....	175
9.2	Evaluarea formală.....	175
9.2.1	Framework-ul 4D.....	175
9.2.2	Learning Object Review Instrument.....	176
9.2.3	Technology Acceptance Model.....	176
9.3	Descrierea experimentelor.....	177
9.4	Evaluarea proiectării mediului virtual și a obiectelor educaționale.....	179
9.5	Evaluarea eficienței pedagogice a simulatorului de campus 3D online.....	180
9.6	Evaluarea eficienței pedagogice a platformei Moodle.....	182
9.7	Evaluarea intenției de a utiliza tehnologia de campus 3D online.....	182
9.8	Interpretarea studiilor de caz și a rezultatelor.....	182
9.9	Comparație cu prelucrarea automată a datelor.....	183
9.10	Concluzii privind verificarea ipotezei care a stat la baza cercetării.....	185
CAPITOLUL 10.....		188
10.	Prototipizarea spațiului virtual 3D și reutilizarea resurselor.....	188
10.1	Motivație.....	186
10.2	Cercetări similare.....	187
10.2.1	Prototipizarea conținutului 3D al unui spațiu educațional.....	187
10.2.2	Generarea automată a unui spațiu educațional.....	187
10.2.3	Accesul programatic la serverul OpenSim.....	188
10.2.4	Generarea de lumi virtuale cu conținut și tool-uri X3D.....	188
10.3	Prototipizare și fluxuri de lucru pentru crearea unui campus 3D în OpenSim.....	189
10.3.1	Prototipizarea infrastructurii campusului.....	189
10.3.2	Metodologie de proiectare a unui campus 3D online multi-utilizator.....	189
CAPITOLUL 11.....		199
11.	CONCLUZII.....	199
11.1	Performanțe și limite ale platformei OpenSim.....	192
11.2	Performanțe și limite ale cercetării.....	193
11.3	CONTRIBUȚII ORIGINALE.....	194
11.4	Perspective ale cercetării.....	196
12.	LISTA PUBLICAȚIILOR ȘTIINȚIFICE ÎN PERIOADA 2012-2015.....	199
12.1	In conexiune cu subiectul tezei.....	198
12.2	Alte publicații corelate cu subiectul tezei.....	199
12.3	Schimb de experiență.....	200

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

12.4	Consortiu doctoral	200
12.5	Proiecte de cercetare	200
13.	Bibliografie.....	20
ANEXA 1 – Obiecte scriptate cu LSL		21
ANEXA 2 - Modulul Regiune		23

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). Un obiectiv secundar este să contribuie la impulsionearea asimilării și a utilizării practice a acestor tehnologii în învățământul românesc, în general, și în particular, la crearea de resurse educaționale în medii virtuale 3D online, care să fie alternative viabile la sistemul tradițional de educație și la cel de învățare în medii 2D online, ca o nouă dimensiune a paradigmei de învățare/prezare hibridă (*blended learning*).

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. De asemenea, este determinat de utilitatea sa într-o societate informațional intensivă, mobilitatea persoanelor și necesitatea accesului permanent și ubicuu la resurse educaționale.

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 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, un sumar al contribuțiilor și al publicațiilor personale.

Abstract

The thesis aims to deepen the knowledge of current technologies of Virtual Reality (VR) in all its forms, and particularly of implementations of 3D online virtual worlds, to generate a synthesis and assessment of these technologies for their educational impact and usage along with modern learning paradigms (experiential, participatory, collaborative, as well as individual). A secondary objective is to contribute to fostering the assimilation and practical usage of these technologies in the Romanian education, in general, and in particular, to the creation of educational resources in 3D online virtual worlds, as viable alternatives to the traditional and to the 2D online learning systems, as a new dimension of the blended learning/teaching paradigm.

The interest in the proposed subject is determined by its opening to a multi-disciplinary - technical and educational - approach, by the still evolving status of the technologies, which justifies their further research. Moreover, it is motivated by its usefulness in an informational-intensive society, the mobility of persons and the need for permanent and ubiquitous access to educational resources.

In the first part, the thesis evaluates the current status of pure VR technologies and of those derived and related to them, e.g. online 3D virtual environments, MMO (Massively Multiplayer Online) and serious games, like Augmented Reality (AR) and Mixed Reality (MR). The state-of-the-art features of the OpenSimulator application server are analyzed in a comparative study with the Second Life commercial platform. At the same time, a summary of the essential aspects of the traditional e-Learning environments, i.e. LMS and CMS, are presented, as these virtual mediums continue to be important and evolving e-Learning resources. The assessment of VR/AR/MR technologies emphasizes the technical aspects, remarkable implementations, specific pedagogical impact, and also limitations in terms of implementation. Practical experimental developments evaluated with real users complement the theoretical studies.

The second part of the thesis presents the applied research work and evaluation of the implementation of a set of **collaborative and adaptive learning objects** in an experimental 3D online simulator of a university campus, implemented on the **OpenSimulator** platform. The research methodology was the identification and application of some of the **extensibility** mechanisms of the OpenSimulator, necessary for a flexible and adaptive design of a complex educational simulator, and also the integration of **gamification** elements and **Learning Analytics instruments**, for stimulating users' motivation and measuring the simulator's usage parameters. In this part are also described the integration of the campus simulator into the "3DUPB" project, to be experimented in a multi-user context, as well as the results from the experimentation and evaluation with users from three universities.

At the end of the thesis a working methodology, final conclusions and perspectives of this research are presented, along with a summary of personal contributions and publications.

Abrevierea unor termeni în limba engleză

API – Application Programming Interface
AR – Augmented Reality
ARG – Alternate Reality Games
AV – Augmented Virtuality
CAVE – Cave Automatic Virtual Environment
CMS – Content Management Systems
DCC – Digital Content Creation
FLOSS – Free and Open Source Software
GBL – Game Based Learning
JSON – JavaScript Object Notation
IM – Instant Messaging
LA – Learning Analytics
LMS – Learning Management Systems
LO – Learning Objects
LORI - Learning Object Review Instrument
MAR – Mobile Augmented Reality
MMO – Massive Multi-Play Online
MMORG - Massively Multiplayer Online Role-playing Game
MUD - Multi User Dungeon
MUVE – Multiuser Virtual Environments
MR – Mixed Reality
PLE – Personal Learning Environment
PLN – Personal Learning Network
REST – Representational State Transfer
RPG – Role Play Gaming
RSS – Really Simple Syndication
SLOODLE - Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment
SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats
VLE – Virtual Learning Environment
VR – Virtual Reality
VW – Virtual World
TIC – Tehnologii informatice și de comunicație

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.

Mulțumesc Doamnei Conferențiar dr. Marina Theodorescu, UNA București, pentru designul grafic al posterelor.

Mulțumesc Doamnei Cătălina Daraban, serviciul Doctorate UPB, pentru sprijinul prompt.

Mulțumesc Doamnei dir. Laura Voicu și Doamnei dir. Paula Iacob de la Școlile Gimnaziale din Vădastra, respectiv Luica, pentru posibilitatea de a desfășura experimentări cu elevi din mai multe generații.

Mulțumesc familiei și prietenilor pentru susținerea morală.

Mulțumesc D-lui director Cristian Nițu, Doamnei ec. Anca Popescu, colegilor de departament din ITC București pentru susținerea morală.

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 D-lui Conferențiar dr. ing. Paul Stănescu, coordonatorii grupului țintă din care am făcut parte.

Și nu în ultimul rând, mulțumesc părinților mei.

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

CAPITOLUL 1

1. INTRODUCERE

1.1 DIMENSIUNEA 3D A ÎNVĂȚĂRII

Prezenta cercetare doctorală se încadrează în categoria sistemelor educaționale realizate cu ajutorul tehnologiilor informatice și comunicaționale (TIC), denumite generic sisteme de e-Learning sau sisteme de învățare la distanță. În particular, se încadrează în categoria sistemelor de realitate virtuală (*Virtual Reality*) pentru învățare și predare, care beneficiază de un mediu grafic 3D, online, multi-utilizator.

Sistemele de e-Learning acoperă în prezent o problemă foarte largă și o diversitate de tehnologii și forme de implementare, care asigură suportul pentru diferite obiective educaționale (predare, învățare, testare, antrenare, învățare continuă). Cercetări ale științelor sociale, cognitive, psihologice (Dewey, 1938; Bloom, 1956; Vygotsky, 1978; Piaget, 1977; Papert, 1991; Siemens, 2005) 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).

Sistemele educaționale moderne trebuie să se adapteze la aceste paradigme noi de învățare și să asigure nu numai o colecție de resurse, ci un suport inteligent și flexibil pentru obiective pedagogice bine definite.

Asociația non-profit pentru specialiștii în tehnologii educaționale – EDUCAUSE și Next Generation Learning Challenges, o inițiativă colaborativă, multi-anuală pentru creșterea rolului tehnologiei în educație și construirea unor căi de acces accesibile, eficiente, la costuri rezonabile și legate de cerințele secolului 21 (Brown, 2010), a identificat 6 dimensiuni esențiale ale învățământului din generația următoare: 1) obiective de învățare focalizate pe rezultate mai profunde; 2) măsurarea progresului învățării prin evaluări integrate și adaptive; 3) proiectarea mediilor de învățare personalizate, bazate pe dobândirea de competențe; 4) implementări hibride și open-source, cu managementul schimbării; 5) asigurarea calității și a condițiilor care să permită succesul modelelor de învățare; 6) scalabilitate mare și rapidă pentru a răspunde la necesități diferite.

Conceptul de **metaverse** (Smart, Cascio&Paffendorf, 2007; Metaverse Roadmap, 2015) reprezintă o colecție de lumi virtuale online interconectate, similar unui internet 3D, și este promovată prin Open Metaverse Project (Metaverse Project, 2015). Mediile virtuale 3D online actuale, denumite și **lumi virtuale**, sunt implementări izolate ale conceptului metaverse. **Lumile virtuale 3D** se diferențiază de sistemele virtuale educaționale tradiționale 2D, fiind o categorie de sisteme de **realitate virtuală** (VR). Ele 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, caracteristicile de **imersiune**, de **persistență** a caracteristicilor mediului de la o sesiune de utilizare la alta, precum și facilitățile de **interacțiune socială**, dar mai ales faptul că utilizatorii creează conținutul 3D. Nivelul actual al tehnologiilor permite deplasarea între diferite lumi virtuale, realizate pe aceeași platformă.

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, 1994). Implementările concrete sunt denumite sisteme de Virtualitate

Augmentată (*Augmented Virtuality*) și Realitate Augmentată (*Augmented Reality*), incluse de Milgram (1994) în termenul generic de **Realitate Mixtă** (*Mixed Reality*).

Lumile virtuale 3D multi-utilizator online constituie de mai mulți ani un subiect de cercetare și experimentare în domeniul educațional sub denumirea de **3DMUVE (3D Multiple User Virtual Environment)**, datorită potențialului educațional, impactului cognitiv, și mai ales datorită caracterului open-source al anumitor platforme care le permite integrarea cu platforme și tehnologii existente sau emergente. Pe plan internațional numeroase universități din SUA și Europa au realizat prezențe virtuale 3D în Second Life și OpenSimulator, ca modele 3D virtuale ale celor reale, dar utilizarea acestora nu este o practică curentă.

În acest context tehnologic și educațional 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), un proiect singular în România.

Obiectivul general al cercetării prezente a fost studierea și evaluarea platformelor virtuale 3D online utilizate în educație, și realizarea unor contribuții la utilizarea platformei OpenSimulator pentru implementarea campusului virtual 3D UPB, ca sistem inovativ de învățare la distanță, respectiv pentru desfășurarea de activități educaționale într-un mediu virtual 3D online, în **context de realitate mixtă și participare masivă** (*Massive Multi-Player Online*).

Pentru realizarea obiectivelor cercetării, a fost implementat un simulator 3D experimental de tip campus universitar, denumit “**3DCampSim**” (3DCAMPSIM blog,2015). Cercetarea a urmarit să identifice și să implementeze componente funcționale care facilitează interacțiunea dintre utilizatori și mediul virtual 3D, augmentate cu tehnici de realitate mixtă, precum și cu 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]. Aceste obiective au fost implementate în cadrul simulatorului “3DCampSim”, care a fost integrat ulterior și testat în contextul serverului “3DUPB”, utilizat ca platforma de test (*test-bed*), pentru validarea și demonstrarea funcționalităților implementate.

Utilizarea simulatorului 3D de campus poate fi complementară dar mai ales alternativă la activitățile cu prezență fizică, luând în considerare paradigma de învățare hibridă (*blended learning*) (Bersin, 2004; 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*. Simulatorul asigură suportul unor funcționalități existente în mediul real, dar și al unora mai dificil de realizat cu mijloacele de e-Learning tradiționale, de ex. realizarea și prezentarea colaborativă a proiectelor 3D, evaluarea reciprocă (*peer assessment*), participarea de la distanță prin integrarea mediului virtual cu cel real.

Instrumentele de monitorizare a utilizării mediului sunt realizate în scopul verificării conformității proiectării mediului cu standarde de **utilizabilitate**, respectiv asigurarea **acceptanței** tehnologiei de campus virtual 3D de către utilizatori (studenți, profesori).

1.2 CONTEXTUL GENERAL

Contextul general al tezei este definit de mai mulți factori: complexitatea societății actuale informaționale; facilitarea accesului la resurse educaționale cu ajutorul sistemelor ubicue și mobile; democratizarea resurselor educaționale: realizarea unor sisteme educaționale inovative

care stimulează motivația, creativitatea, participarea; necesitatea de a crește și de a monitoriza performanța procesului educațional; mobilitatea profesorilor și a studenților; realizarea de sisteme educaționale inclusive.

Dezvoltarea societății informaționale a impus o paradigmă nouă de învățare, care a făcut trecerea de la învățarea prin asimilarea de informații la cea bazată pe cunoaștere și raționare, care să dezvolte capacitatea de rezolvare de probleme și decizie.

Pe lângă perfecționarea sistemelor tradiționale de e-Learning, în special în mediul online (sisteme de management al învățării – LMS, sisteme de management de conținut și cursuri – CMS), s-au dezvoltat tehnologiile și mediile care permit învățarea imersivă în medii 3D. De asemenea, componentele de web 2.0 (blog-uri, microblog-uri, wiki-uri, rețele sociale), care permit crearea și partajarea de conținut, relaționarea socială în activitățile de predare, învățare și evaluare, au creat conceptul de mediu personal de învățare (*Personal Learning Environment*) sau Learning 2.0 (Downes, 2008; Brown & Adler, 2011).

Educația online cunoaște în 2008 o inovație revoluționară cu noul concept de cursuri online cu participare masivă - *Massive Open Online Courses* (MOOC) (Downes, 2008; Siemens, 2010), care a fost pus în aplicare în importante instituții de educație din SUA - Stanford, MIT, Harvard, University of California–Berkeley. În acest moment există câteva platforme importante: Coursera, Udacity, Connectivist MOOC și ramura Stanford - xMOOC MIT, Harvard.

De asemenea, concepte noi ca de exemplu, *School-As-A-Service* (2002) sau *Competency Based Education* (2005), ilustrează nevoia de ajustare a sistemelor educaționale pe necesități, precum și evaluarea bazată pe evidențe (obținerea de competențe).

Învățarea în lumi virtuale 3D online multi-utilizator (*Multi-User Virtual Environments - MUVE*) nu este o paradigmă nouă, ci una care evoluează în contextul unor **noi paradigme de învățare** (învățare socială, învățare pe baza de joc, gamificarea învățării, clasă inversată), **tehnologii TIC** (mashup de servicii, WebGL/X3DOM, servicii RESTful (Fielding, 2000; Richardson & Amundsen; 2013), analiza datelor mari) și **dispozitive** (dispozitive mobile, dispozitive VR). Numeroase lucrări de cercetare au dovedit eficiența învățării în astfel de medii pentru înțelegerea conceptelor abstracte, training pentru sisteme dificile sau periculoase, pentru învățarea colaborativă și de formare interactivă. Implementări tipice care ilustrează 3DMUVE se bazează pe platforme de uz general, cum ar fi Second Life (SL, 2015), OpenSimulator (OpenSim wiki, 2015), varianta gratuită și open-source a SL, ActiveWorlds (AW, 2015), OpenWonderland (OW, 2015). Second Life și OpenSimulator utilizează aplicații client dedicate (cum ar fi Second Life Viewer, Firestorm, Singularity), în timp ce alte medii 3D emergente, Unity Jibe sau CloudParty pot fi accesate din browser. Implementarea unui simulator 3D cu aceste medii noi necesită abilități tehnice și taxe de administrare.

Second Life a permis comunității de utilizatori să aducă contribuții la aplicațiile client, de aceea viewer-ul standard Second Life, oferit ca open-source (Proiectul Snowstorm), a deschis calea unor noi utilizări, în care funcțiile de vizualizare 3D în timp real sunt suportate de client și permit integrarea unor echipamente revoluționare de interacțiune om-mașină și de vizualizare în realitate augmentată și mixtă, de exemplu prin utilizarea Oculus Rift sau Google Glass (SL Viewer3, 2015). Biblioteca de funcții oferită de Fundația Open Metaverse (libOpenMetaverse, 2015), permite extinderea și modificarea aplicațiilor client prin funcții de nivel înalt.

OpenSimulator este un proiect open-source dezvoltat de o comunitate de dezvoltatori pentru a permite preluarea funcționalităților serverului Second Life, dar și extinderea acestuia cu caracteristici noi. OpenSimulator oferă un framework de programare pe partea de server și extensibil cu module add-on.

Este de menționat integrarea tehnologiilor de e-Learning în medii virtuale 2D ("tradiționale"), de ex. sistemul LMS Moodle se integrează cu tehnologii mobile, cu produse open-source, respectiv cu sisteme de portofoliu educațional (de ex., Portfolio, Mahara) și cu Google Docs, precum și cu tehnologii de e-Learning în medii virtuale 3D. Un pas important a fost integrarea dintre sistemul LMS Moodle cu Second Life, prin intermediul unor soluții de mashup proprietare, respectiv, SLOODLE (*Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment*) (Sloodle, 2015), și cu aplicații bazate pe Unity3D, prin intermediul standardului de conținut SCORM (*Shareable Content Object Reference Model*) (SCORM, 2015).

1.3 PROIECTUL "3DUPB"

Universitatea POLITEHNICA din București (UPB) cuprinde un număr de 15 de facultăți ingineresti cu programe de licență și masterat. UPB, de asemenea, cooperează în cadrul programelor Erasmus sau cu universități din afara UE, și dezvoltă proiecte internaționale de cercetare.

În 2010, Laboratorul de Grafică și Realitate Virtuală de la Facultatea de Automatică și Calculatoare a lansat un proiect denumit "3DUPB" (3DUPB, 2015), cu obiectivul de a implementa o clonă virtuală a UPB ca **spațiu masiv multi-utilizator online** (MMO), extensibil, bazat pe servicii integrate, folosind platforma open-source OpenSim (Moldoveanu et al., 2014). Mai multe lucrări de cercetare privind conceptul proiectului și provocările tehnice pentru punerea în aplicare a platformei se găsesc în (Moldoveanu, 2008; Andronescu & Burileanu, 2012; Moldoveanu, Morar & Asavei, 2013). Proiectul este justificat educațional de actualul context european de învățământ superior care permite mobilitatea studenților între instituții, precum și legătura mai strânsă cu centre industriale și de cercetare.

1.4 PROBLEMELE GLOBALE IDENTIFICATE

Problemele globale identificate în domeniul tehnologiilor educaționale în conexiune cu subiectul tezei sunt:

- Necesitatea modernizării instrumentelor și practicilor educaționale în învățământul mediu și superior în România, utilizând tehnologii și metode moderne, pedagogice (de ex. învățare colaborativă) și psihologice (de ex. stimularea motivației);
- Dezvoltarea de tehnologii pentru cuantificarea procesului învățării în cadrul sistemelor educaționale, precum și a retenției de informație (*information retention/learning outcome*), sub conceptul de analitică a învățării (*Learning Analytics*), cu scopul îmbunătățirii calității sistemelor educaționale în sensul capacității de suport al unor paradigme noi de învățare, mai creative și participative, de adaptare la necesitățile studentului, crearea unor sisteme inteligente de asistare a învățării, de automatizare a testării;
- Necesitatea unor sisteme educaționale proiectate și evaluate după principii de utilizabilitate și eficiență pedagogică;
- Necesitatea de proiectare universală (Design for all, 2015), inclusiv pentru studenții cu nevoi speciale (accesibilitate și incluziune);
- Migrarea sistemelor educaționale centralizate către accesul de pe dispozitive mobile;
- Deschiderea conținutului didactic, *Open Educational Resources* (OER) (OER, 2015), care determină o abundență de resurse educaționale și de medii de distribuire a acestora;

- Necesitatea unor framework-uri și instrumente de authoring rapid pentru crearea rapidă de medii virtuale 3D educaționale, inteligente, adaptive, având în vedere ca nu toate cadrele didactice au abilități tehnice specifice.

1.5 MOTIVATIA TEMEI DE CERCETARE

Mediile virtuale 3D multi-utilizator 3DMUVE sub forma lumilor virtuale sau a jocurilor educaționale reprezintă o direcție importantă de cercetare și dezvoltare în domeniul predării și învățării moderne, în special în învățământul superior.

Lumile virtuale 3D multi-utilizator sunt utilizate *în special* în domeniul științelor umaniste, ex. învățarea de limbi straine (Sykes et al., 2008; Tuncer, 2009; Alsheail, 2010; Kickmeier-Rust et al., 2014), biologie și arheologie (VIBEGRID, 2015), chimie (Shudayfat, 2012) sau în educația vocațională [GHEO, 2014]. În domeniul tehnic implementările sunt mai puține, în general pentru vizualizări sau simulări 3D (Henckel & Lopes, 2010; SCIENCEGRID, 2015), învățarea limbajelor de programare sau a graficii (ALICE, 2005; Arangarasan, Arns & Bertoline, 2003; Ganovelli & Corsini, 2009).

În ciuda cercetărilor existente referitoare la utilizarea 3DMUVE educaționale (Dede, 2005, 2009; de Freitas, 2008; Aldrich, 2009; Gutl, 2009; Savin-Baden, 2010; Dalgarno et al., 2010; Kapp & O'Driscoll, 2010; DeCoursey & Garrett, 2014; Lorenz, 2014) cât și a unor implementări comerciale (Design Digitally, 2015; Daden Limited, 2015) susținem că aceste medii nu sunt pe deplin exploatate și la scară largă în activitățile educaționale, ca suport al unor activități complexe universitare și de comunicare inter-universitare (Moldoveanu, Morar & Asavei, 2013). 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 căreia poate fi accesat din diverse aplicații client. Versiunea actuală este beta, dar reprezintă un mediu stabil, adecvat pentru cercetare.

Mai multe întrebări se ridică [STEF, 2015/3] cu privire la modul în care pot fi puse în valoare beneficiile educaționale ale unui campus virtual, dincolo de utilizarea unor combinații de tehnologii avansate pentru asigurarea unei pre-vizualizări ale mediului academic sau facilități de video conferințe (Design Digitally, 2015).

Platformele 3D online actuale sunt ofertante, dar realizarea unui mediu virtual de calitate și utilizabil eficient necesită tocmai *restricționarea unor caracteristici* (Gabrielova and Lopes, 2014), prin proiectarea unor funcționalități avansate care să asigure suport pentru activități colaborative și interactivitate. De aceea am considerat că tema constituie un subiect de cercetare multi-disciplinar și am urmarit aspectele de cercetare, tehnice și educaționale, menționate în continuare.

Rezultatele cercetării sunt utile pentru :

- aprofundarea cunoașterii modului de funcționare a mediilor 3D online, în particular a OpenSimulator;
- evaluarea platformei OpenSimulator pentru realizarea proiectului "3DUPB", care trebuie să funcționeze fiabil în context MMO și de realitate mixtă, și prin integrarea de servicii externe;
- valorificarea experienței rezultate din implementarea de module regiune, componente de gamificare a învățării, monitorizarea utilizării sistemului și utilizarea datelor colectate ca instrumente analitice.

Experimentările și evaluările cu utilizatori oferă date valoroase privind percepția utilității și a probabilității de acceptare a acestor medii de învățare de către utilizatorii finali.

1.6 OBIECTIVELE TEZEI

Obiectivele tezei care se regasesc și în structurarea tezei de doctorat au fost:

1. **Evaluarea necesităților concrete și a cerințelor tehnice și educaționale pentru implementarea unui simulator 3D de tip campus universitar.**
2. **Realizarea unui simulator “clasă virtuală” 3D Mixed-Reality pe platforma OpenSim**, pentru transmiterea orelor de laborator, simultan în mediul real și virtual, pentru experimentarea platformei.
3. **Crearea unui simulator de tip campus universitar integrat cu sistemul LMS Moodle al Facultății de Automatică și Calculatoare.**
4. **Crearea unor obiecte 3D educaționale, colaborative și interactive.**
5. **Implementarea conceptului de gamificare a învățării.**
6. **Implementarea conceptului de analitică a învățării (LA) în mediul virtual 3D.**
7. **Experimentarea mediului 3D pe un lot de utilizatori, profesori și studenți, analiza datelor colectate din utilizarea mediului 3D educațional.**
8. **Verificarea ipotezelor care au stat la baza cercetării.**
9. **Elaborarea unei metodologii pentru prototipizarea elaborării unui campus virtual 3D online multi-utilizator, colaborativ.**
10. **Publicarea rezultatelor parțiale și finale ale cercetării.**

1.7 IPOTEZE ALE CERCETARII

În cercetarea de față utilizarea generală a unui 3DMUVE este re-discutată în contextul integrării unui campus virtual 3D on-line cu activități în timp real în cadrul unei comunități de practică (Wenger, 1998 ; Anetta et al., 2010). **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.

Cercetarea doctorală își propune să răspundă la mai multe întrebări specifice: *a) Ce instrumente de interacțiune dintre utilizator și mediul 3D au fost considerate eficiente pentru învățarea colaborativă dar și individuală ?; b) modul de proiectare a asigurat calitățile de utilizabilitate ?; c) campusul 3D online poate fi un mediu eficient de învățare la distanță ?*

1.8 METODOLOGIA UTILIZATA ÎN CERCETARE

Metodologia generală adoptată a fost abordarea multi-disciplinară, din perspectiva duală, educațională și tehnică.

În funcție de etapa și obiectivele cercetării, mai multe metodologii preluate din literatură au fost studiate și luate în considerare, și adaptate cercetării de față.

Dezvoltarea simulatorului educațional a ținut cont de specificul sistemelor de e-Learning (Holotescu & Knight, 2002) care trebuie să îndeplinească cerințele a două tipuri de utilizatori, profesori și studenți, cu cerințe diferite. Metodologia **Design Based Research** (DBR) este menționată în mai multe documente (Barab & Squire, 2004; Joseph, 2004) ca adecvată pentru sistemele de e-Learning bazate pe proiectare și punere în aplicare. DBR a fost introdusă de Ann Brown în 1992, în ideea ca cercetătorii ajustează sistematic diverse aspecte, astfel încât fiecare ajustare devine o nouă experimentare, care la rândul ei permite cercetătorilor să genereze teorii în contexte autentice (Barab & Squire, 2004). Din punct de vedere al dezvoltării software, DBR împrumută principiile Agile de management de proiecte software, care constau în iterații elementare de dezvoltare și validare de către utilizatori.

Schmidt et al. (2010) caracterizează **Design-Based Research** (DBR) ca "*theory-driven design, wherein the goal is not only the iteration of a product but also the advancement of a design theory for optimal learning and performance within a naturalistic context, usually in relation to the use of technology*" și consideră că natura iterativă a DBR este compatibilă cu caracterul aplicațiilor FOSS (*Free and Open-Source Software*).

Cercetarea a utilizat medii deschise, open-source, tehnologii moderne. Când a fost necesar, au fost integrate componente hardware comerciale (de ex. camere web, microfon).

Obiectele grafice 3D cu grad mare de complexitate au fost realizate cu aplicații software de tip *Digital Content Creation* (DCC), respectiv 3dsMax și Trimble Sketchup, și cu componente preluate din galerii de obiecte grafice gratuite, respectiv Trimble DataWarehouse, puse la dispoziție sub licențe Creative Commons (CREATIVE COMMONS, 2015).

Obiectele grafice 3D de complexitate mică au fost realizate cu mijloacele oferite de mediul virtual online, menu-ul Build din aplicația client (viewer).

"3DUPB", clona virtuală a UPB a fost utilizată ca platformă de test (*test-bed*) pentru efectuarea de experimente și studii de caz.

Cercetarea prezintă cuprinde experimentări și studii de caz, la care au participat studenți de la trei universități diferite, două tehnice (Universitatea POLITEHNICA din București și Romano-Americana) și altă din domeniul învățământului vocațional (Universitatea Națională de Arte, București).

Proiectarea instrucțională în cadrul simulatorului **3DCampSim** a luat în considerare **taxonomia cognitivă** a lui Benjamin Bloom (Bloom, 1956), aceasta fiind cea mai generală în raport cu cele actualizate ulterior de alți cercetători. Corespondența între nivelurile cognitive și proiectarea instrucțională care utilizează **facilitățile mediului 3D pentru învățare și predare** (*learning affordances*) specifice mediului 3D este ilustrată în Tabelul 1.1.

Tabel 1.1 Taxonomia cognitivă a lui Bloom (1950) adaptata la simulatorul de campus

Nivelele cognitive ale lui Bloom	Corespondența cu proiectarea instrucțională
Cunoștințe	Cursuri și materiale educaționale
Intelegere	Discuții, teste scurte
Aplicare	Teme de curs
Analiză	Proiecte (analiză, proiectare)
Sinteză	Proiecte (implementare)
Evaluare	Evaluare

De asemenea, **taxonomia afectivă** a lui Benjamin Bloom este luată în considerare pentru proiectarea simulatorului în vederea stimulării învățării și cu ajutorul unor **elemente afective**: *concentrare* (proiectarea generală, ambientarea, augmentarea avatarurilor), *motivația* (gamificație), *feedback* (animații, mesaje de dialog sau de interacțiune dintre utilizatori și mediul virtual). În de Freitas și Oliver (2006) se menționează că spațiile imersive trebuie să

asigure suport pentru un *proces de reflectare*, nu numai pentru imersare "într-o altă lume". Aceasta are rolul de a accelera învățarea prin empatie sau prin sentimentul de prezență.

În metodologia de evaluare formală a mediului virtual 3D s-au analizat și adaptat următoarele modele preluate din literatură: framework-ul în 4 dimensiuni ("4D Framework") elaborat de Freitas și Olivier (2006), de Freitas et al. (2010); 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 Davis (1989) denumit "*Technology Acceptance Model*" (TAM).

Modelele formale au fost transpuse în textele **interviurilor și ale sondajelor**, ca instrumente importante de cercetare. Au fost utilizate chestionare online, rafinate în timp, cu răspunsuri cuantificate cu scara 3 sau 5 Likert. Studiile de caz au fost *studii transversale*, respectiv au analizat mulți parametri într-o perioadă scurtă de timp și cu număr mic de participanți.

O dimensiune cognitivă importantă în orice mediu educațional, deci și în 3D, este "**cunoașterea tacită**" (Polanyi, 1958; Pourmirza et al., 2014). În cazul simulatorului educațional, aceasta este dobândită printr-un complex de metode moderne de învățare: experiențială, învățare colaborativă și socială, și se exprimă indirect prin capacitățile dobândite de studenți și în realizarea proiectelor.

Pentru a pune în evidență în *mod obiectiv* aspecte critice și aspecte pozitive ale utilizării educaționale a unui mediu 3D, au fost analizate loguri OpenSim precum și datele colectate de la sistemul de monitorizare a utilizării campusului 3D online, implementat în cadrul cercetării.

Studenții și profesorii au fost informați despre obiectivele și stadiul cercetării prin intermediul unui blog Google+ (3DCAMPSIM blog, 2015), precum și despre faptul că anumite date colectate despre activitatea în "3DCampSim" sunt conectate la sistemul LMS universitar.

1.9 STRUCTURA TEZEI

Organizarea pe capitole a tezei de doctorat este următoarea:

Capitolul 1 prezintă contextul, motivația și obiectivele 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*. Contribuția o reprezintă evidențierea nivelului cunoașterii în domeniu (state-of-the-art) și concluziile privind utilizarea rezultatelor în cercetarea ulterioară.

Capitolul 4 prezintă un studiu referitor la *tehnologii specifice sistemelor educaționale virtuale 3D*. Subcapitolele sunt dedicate realității virtuale (VR), augmentate (AR), lumilor virtuale 3D online, realității mixte (MR) și jocurilor educaționale. Contribuția o reprezintă evidențierea nivelului cunoașterii în domeniu (state-of-the-art) și a impactului educațional.

Capitolul 5 prezintă un studiu referitor la provocările de implementare ale *mediilor 3D online de tip campus, reflectate în cercetări similare*.

Capitolul 6 prezintă *dezvoltări experimentale* ale autoarei prin 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*, cu ajutorul rezultatelor din interviuri și sondaje.

Capitolul 8 prezintă *proiectarea și implementarea simulatorului de tip campus 3D online*. Se detaliază obiectele 3D (*Learning Objects*) dedicate predării și învățării colaborative, implementarea gamificării și a conceptului de *Learning Analytics*. De asemenea, se descrie *testarea simulatorului și integrarea acestuia în platforma 3DUPB*.

Capitolul 9 prezintă *studii de caz pentru validarea simulatorului 3D online, evaluarea utilizabilității și a eficienței pedagogice*. Se descriu metodologiile utilizate, experimentări, rezultatele analizei datelor din sondajele utilizatorilor, în comparație cu datele provenite din mediul 3D.

Capitolul 10 prezintă o propunere de metodologii de lucru pentru *prototipizarea simulatorului și a conținutului 3D*.

Capitolul 11 prezintă concluzii finale și sintetizează rezultatele obținute, contribuțiile personale, performanțele și limitele în raport cu ipotezele cercetării, aplicabilitatea lor, precum și perspective ale cercetării.

CAPITOLUL 2

2. SISTEME DE E-LEARNING ACTUALE

2.1 DEFINIȚII

Termenul de **e-Learning** este unul generic și se referă la o multitudine de forme și tehnologii de predare, învățare și evaluare prin mijloace electronice, transmiterea informației prin intermediul tehnologiilor de comunicare la distanță.

O definiție general întâlnită în limba româna este de *sisteme educaționale care utilizează calculatorul*. Considerăm că în prezent este mai adecvat definită *sisteme educaționale care utilizează tehnologia*. Diferența este calitativă.

Termenul "**eLearning**" a fost definit de Jay Cross în 1998: "*eLearning is learning on Internet Time, the convergence of learning and networks*" (Holotescu, 2015, citând Cross, 2004). 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).

Pentru a contracta asocierea actuală a sistemelor de e-learning cu învățământul superior și training-ul corporatist (Tinio, 2003) definește la modul general sistemele de e-Learning astfel: "cuprind toate nivelele, atât formale cât și informale, care utilizează rețele - internet, intranet (LAN) sau extranet (WAN) – fie complet sau separat, pentru furnizarea de cursuri, interacțiune și/sau alte facilități".

Sistemele de **e-Learning** presupun fie o colaborare mediată de un profesor, fie o parcurgere a lecțiilor în ritm propriu.

Sistemele timpurii de e-Learning bazate pe sisteme de tip *Computer-Based Learning/Training* au încercat să replice 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 este în legătură cu sistemele educaționale tradiționale de tip *Management Information System* (LMS), și 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*).

Denumirea actuală de sisteme educaționale **hibride** (*blended learning*) (Diaz, 2010) înglobează sistemele tradiționale de învățare cu prezență fizică cât și pe cele mediate de tehnologie. De asemenea, acest termen definește o practică și un model curent de învățare, prin care se combină practica tradițională în clasă cu o diversitate de soluții de e-Learning. Forma

“hibridă” s-a impus prin recunoașterea faptului că învățarea strict prin mijloace electronice nu este suficientă, și mai ales cea care elimină complet intervenția unui instructor.

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

Principiile e-Learning din perspectiva modernă sunt analizate în Phil (2012), Costa & Aparicio (2011), Valiente (2010), Namahn (2009), Hill & Hannafin (2001), Blandin (2000), Perraton (2000).

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

2.2 SPECIFICUL SISTEMELOR INFORMATICE EDUCAȚIONALE

Sistemele informatice educaționale (Jung, 2008) se disting de sistemele informatice pure prin faptul că sunt proiectate pe baza unor modele conceptuale de predare și învățare. Există mai multe discipline educaționale, care trebuie luate în considerare atunci când se dezvoltă aplicații de e-Learning. *Știința didactică* modelează predarea și învățarea, și explică, ce anume, în ce mod și cu cine trebuie învățat, ce tip de medii pot fi utilizate, de ex. multi-modal (care antrenează organe multisenzoriale) versus multi-codale (diferite sisteme simbolice, de ex. verbale) (Jung, 2008).

2.3 TEORII COGNITIVE SI PARADIGME DE ÎNVĂȚARE

Deși interesul cercetării doctorale este îndreptat către componenta tehnologică a sistemelor educaționale, aceasta nu poate fi separată de componentele de ansamblu, pedagogice și cognitive, de care este strâns legată. Teoriile moderne de învățare ca și stilurile de predare și învățare, atât formale cât și informale, 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).

Teoreticieni clasici: Jerome Bruner, Lev Vygotsky, Robert Mills Gagne, John Dewey, Jean Piaget

Teoreticieni actuali: John Sweller, Alexander Kapp, Malcolm Knowles, Eric Mazur, Joe Redish

Cea mai importantă deplasare a paradigmei de învățare, considerăm că 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 vede acest proces ca unul în care indivizii “construiesc semnificații pe baza cunoștințelor și a experiențelor acumulate”. Experiența permite indivizilor să construiască modele sau scheme mentale, care în schimb pot furniza semnificații și o organizare către o nouă experiență. O formă de constructivism denumită “**constructivism social**” pune accent și pe rolul profesorilor, al părinților, al colegilor și al membrilor comunității, care pot ajuta studenții să înțeleagă concepte pe care aceștia nu ar putea să le înțeleagă singuri. 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. Behaviourism – activități care promovează învățarea ca o modificare în acțiunile observabile ale celui care învață “*activities that promote learning as a change in learners’ observable actions*”;

În paradigma behavioristă, învățarea este considerată ca fiind facilitată de întărirea asocierii dintre un stimul particular și răspunsul său. Aplicarea acesteia la tehnologia educațională este prezentarea unei probleme (stimul) urmată de contribuția pe partea celui care învață referitor la prezentarea unei soluții (răspuns). Feedback-ul de la sistem oferă această întărire a legăturii.

2. Constructivism constă în activități în care cel care învață construiește activ idei și concepte noi bazate pe atât pe cunoștințele anterioare cât și pe cele curente (Jung,2008). Teoria constructivismului a fost promovată de către mulți cercetători, de ex. Duffy & Cunningham (1997).

În abordarea constructivistă, învățarea este un proces activ în care cei care învață construiesc noi idei sau concepte pe baza cunoștințelor lor curente sau trecute.

3. Învățarea experiențială constă în cicluri de activități de învățare prin "experiența concretă" și "experimentare activă" a unor teorii și concepte, propuse de Kolb (1984).

4. Învățare situată constă în activități care promovează învățarea în cadrul unui context autentic și cultural. Învățarea situată afirmă că învățarea poate fi îmbunătățită prin asigurarea că are loc într-un *context autentic*. Dispozitivele mobile prin aplicațiile sensibile la context (*context-aware*), aplică această teorie.

5. Învățare colaborativă constă în activități care promovează învățarea prin interacțiune socială.

Învățarea colaborativă (Dillenbourg, 2000) se bazează pe teoriile lui Vygotsky (1978), referitoare la natura socială a învățării și pe teoria sa despre "zona dezvoltării proximale" (*zone of proximal development*), respectiv rezolvarea unor situații dificile cu elemente afective.

Învățarea colaborativă s-a dezvoltat din cercetările despre *computer-supported collaborative work and learning* (CSCW/L) și se bazează pe rolul interacțiunii sociale în procesul de învățare. Acest mod este ilustrat când se constituie grupuri de lucru pentru a înțelege, soluționa sau crea *artefacte*, respectiv produse ale procesului de învățare. Învățarea colaborativă redefiniște și relația tradițională student-profesor în clasă. Spre deosebire de învățarea individuală, persoanele angajate în procesul colaborativ își utilizează reciproc resursele și capacitățile. Învățarea colaborativă se referă la metodologii și medii în care cei care învață se angajează într-un task comun în care fiecare individ depinde și poate fi evaluat de către ceilalți membri. Învățarea colaborativă include conversații face-to-face și discuții (forum-uri online, chat room-uri, etc.). Metode pentru examinarea proceselor colaborative includ *analiza conversațională* și *analiza statistică a discursului*.

Învățarea **jigsaw** (JIGSAW, 2015; Konstantinidis et al., 2010) este o tehnică de învățare colaborativă în care studenții sunt organizați în grupuri, pe diverse subiecte. Este utilizată mai ales în grupuri eterogene din punct de vedere etnic.

Învățare **fishbowl** (FISHBOWL, 2015; Konstantinidis et al., 2010) este o altă tehnică de învățare colaborativă socială, prin contribuție (cei din grup) și ascultare (cei dinafara grupului).

6. Conectivismul este teoria realizării de conexiuni (de ex., link-uri) între resurse și participanții la e-Learning, care este utilizată în elaborarea mediilor personale de învățare (Downes,2008).

7. Învățare informală și pe toata durata vieții, reprezintă activități care sprijină învățarea în afara unui mediu dedicat de învățare și a unei curricule formale.

8. Competence-based learning este o tehnică modernă care utilizează învățarea bazată pe competențe pentru a descoperi golurile de învățare și a asigura ghidarea selecției materialului de educațional.

9. Conceptul de clasă inversată (*flipped classroom*) descrie un sistem hibrid de învățare (*blended e-Learning*), prin care modelul tradițional de diseminare a cursului în clasă, face-to-

face, s-a deplasat înafara orelor de clasă, acestea fiind utilizate doar pentru practică. Cel mai cunoscut exemplu este al Khan Academy (<http://www.khanacademy.org/>), care furnizează 3400 lecții video pe multiple subiecte, și care a contribuit la popularizarea conceptului, în general pentru învățarea matematicii.

2.4 CLASIFICAREA SISTEMELOR DE E-LEARNING

În implementările actuale, în special la nivelul învățământului superior, pentru completarea sau suplimentarea formelor tradiționale cu prezență fizică, un sistem de e-Learning acoperă toate cele 3 aspecte ale procesului tradițional de educație, respectiv predare, învățare și evaluare. Ele pot înlocui complet învățământul cu prezență, în cazul universităților deschise (*open universities*), de ex. Open University din Olanda, Marea Britanie, Spania, Serbia (Sejzi, 2012).

Odată cu dezvoltarea sistemelor de e-Learning la toate nivelurile - tehnologic, conceptual, precum și în relație cu apariția de noi paradigme de învățare, cu lărgirea domeniilor de aplicare, de exemplu, în învățarea informală, continuă, aceste componente pot lipsi în implementările actuale ale sistemelor de e-Learning.

După obiectivele pedagogice sistemele de e-Learning pot fi: de **dobândire de cunoștințe**; de **antrenare/dobândire abilități**; pentru **înțelegere concepte, fenomene**; pentru **rezolvare de probleme sau învățare pe bază de proiect**; sisteme **vocaționale/management de talente**; sisteme pentru **planificarea carierei**.

După relația cu tehnologia sistemele de e-Learning pot fi **clase virtuale**, care utilizează sisteme de tip tele sau video-conferință; **sisteme la distanță**, în care informația/cursurile sunt disponibile în rețele de calculatoare; sisteme **hibride** (*blended e-Learning*) care combină învățarea în clasă (*face-to-face*) cu cea intermediată de tehnologie; sisteme de **învățare mobilă** (*mobile-Learning*), care utilizează dispozitive și comunicații mobile.

După modul transmiterii informațiilor, pot fi sisteme **sincrone**/în timp real; sisteme **asincrone**/în ritm propriu/la cerere.

Tehnologiile de învățare **sincronă** reprezintă un mod de furnizare de informații în care participanții sunt "prezenți" în același timp, în spații de învățare altele decât cele din clasă, deși participanții se găsesc la distanță. Dezavantajul este că necesită un orar pentru a fi organizat. Exemple: conferințe web, videoconferințe, televiziune educațională/instrucțională, ca și tehnologiile direct-broadcast satellite (DBS), internet radio, live streaming, telefonie, și web-based VoIP.

Modul de învățare **asincronă** reprezintă un mod de furnizare de conținut în care participanții accesează cursurile după propriul orar și în mod flexibil. În prezent forma de învățământ asincron este practică de universitățile deschise. Cele 2 metode pot fi combinate în procesul de furnizare a unui singur curs.

După relația cu paradigmele și stilurile de învățare, tradiționale și moderne, sistemele de e-Learning se impart în sisteme de **învățare formală** (bazată pe curricula); învățare **non-formală** (în afara clasei, pentru educația permanentă); învățare **informală** (înafara clasei, pentru cultura generală, completare de cunoștințe); învățare **permanentă/terțiară**; învățare **profesională, corporatistă**; învățare **individuală**; învățare **localizată/în context**; **învățare prin explorare și descoperire**; învățare **bazată pe comportament, social-constructivistă**; învățare **constructivistă și participativă** (*learning by doing*).

După relația cu psihologia și științele cognitive, majoritatea sistemelor de învățare sunt implementate din perspectiva cognitivă, care se bazează pe studiul modului de lucru al creierului, și în acest sens se utilizează frecvent **taxonomia cognitivă** a lui Benjamin Bloom

(Bloom, 1958). Sistemele moderne se realizează și din perspectiva emoțională, care se bazează pe stimularea motivației, a participării, și în acest sens se utilizează **taxonomia afectivă** a lui Benjamin Bloom (Bloom, 1958). De asemenea, din perspectiva **comportamentală** (*behaviourist learning*), care presupune asumarea de roluri, sau din perspectiva **contextuală**, care se bazează pe aspecte sociale și de mediu care pot stimula creierul, procese de descoperire colaborativă.

2.5 ARHITECTURI IN SISTEMELE DE E-ELEARNING

Evoluția arhitecturii sistemelor de e-Learning poate fi descrisă sintetic astfel:

- caracterizată de legătură stransă între conținutul instrucțional și logica de furnizare a acestuia (de ex., primele sisteme computerizate);
- caracterizată de o separare a controlului logic de conținutul instrucțional (de ex., sistemele inteligente de instrucție);
- arhitectura client-server, caracterizată de o decuplare a controlului logic de conținutul instrucțional (de ex., sistemele actuale care utilizează tehnologii web, medii virtuale online);
- arhitectura orientată pe servicii și structurarea obiectuală a informației pentru modelare și reutilizare a conținutului (de ex., furnizare servicii pe baza paradigmatelor *Software-As-A-Service* sau *Cloud-Computing*).
- arhitecturi P2P (peer-to-peer), respectiv rețele descentralizate, de același ordin (de ex., utilizate în interiorul universităților).

2.6 CARACTERISTICI ALE SISTEMELOR DE E-LEARNING ACTUALE

Un studiu IBM (IBM, 2012) sintetizează următoarele 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: învățare activă; învățare liniară; învățarea socială; învățare informală; învățare mobilă.

Învățarea pasivă este încă mult prezentă în sistemele actuale de învățare. Se caracterizează printr-o lipsă de control și interacțiune asupra sistemului de învățare, în care utilizatorul stă în fața unui ecran și urmărește materiale didactice. Învățarea pasivă nu este costisitoare, este ușor de implementat dar ineficientă, utilizatorul neavând posibilitatea testării în practică a ceea ce a învățat.

Învățarea activă, este o învățare de tipul “*learning by doing*”. Utilizatorii dezvoltă o cunoaștere pe baza rezolvării de probleme și au multiple posibilități de a aplica cunoștințele și de a primi o reacție în timp real. Învățarea activă permite o experiență practică în situații reale.

Învățarea activă este realizată în platformele de învățare bazate pe jocuri educaționale, simulări sau în medii imersive.

Caracteristici: experiența practică, învățare prin rezolvarea de probleme.

Pro: asigură un mediu atractiv, retenția de cunoștințe;

Contra: costuri mari și dificil de implementat.

Învățarea liniară se referă la modul de organizare și prezentare a materialului didactic în care acesta impune o parcurgere strictă, pre-determinată. Acest mod este considerat chiar o regresie față de stilul tradițional, în prezența instructorului, în care are loc un schimb dinamic de idei și un dialog spontan.

Învățarea non-liniară încearcă să restaureze spontaneitatea procesului de învățare prin prezentarea studentului de multiple oportunități de a înțelege un subiect; studentul poate selecta activitățile de învățare pe baza unor preferințe individuale, nivel și necesitate educațională.

Sistemele educaționale în mediul web, prin link-urile pe care le oferă, creează moduri neliniare de explorare. Mediile moderne de învățare, cum ar fi simulările în lumi virtuale și pe platforme sociale de învățare promovează stilul de învățare neliniar.

Caracteristici: oferă multiple căi de parcurgere/învățare material didactic.

Pro: stimulează spontaneitatea;

Contra: pentru implementare sunt necesare medii complexe de simulare.

Termenul de **învățare socială** se referă la învățarea prin interacțiune socială cu colegi, participanți distribuiți (peers) (Conole, 2013); interacțiunea se poate realiza pe rețele sociale (Facebook, Twitter, LinkedIn), dar și pe blog-uri, wiki-uri, grupuri de discuții, sisteme de bookmark interactiv, de curare. Este una dintre cele mai populare și eficiente metode de învățare. Învățarea socială este asociată cu o categorie de aplicații care pot combina colaborarea și partajarea de cunoștințe cu un set de instrumente care asigură un proces informal de învățare, cum ar fi blog-uri, wiki-uri, thread-uri de discuție.

Caracteristici: colaborare și partajare cunoștințe pentru a atinge obiectivele de învățare.

Pro: intuitiv, apelează la procesele de învățare informală;

Contra: poate crea probleme de securitate, intimitate și management de cunoștințe în cazul companiilor.

Învățarea informală este în general spontană și nestructurată. Se referă la orice activitate de învățare care are loc într-un mod nestructurat, de rutină. Învățarea informală are loc în general într-un context de învățare la cerere/la nevoie. Internetul reprezintă cel mai utilizat mediu de învățare informală, cu o cantitate uriașă de informații nestructurate.

Noile medii de e-Learning trebuie să încorporeze metode de învățare informală și în același timp să ajute ca aceste cunoștințe să fie aplicate consistent și efectiv.

Caracteristici: colectarea de informații din medii nestructurate și într-un mod spontan.

Pro: ieftine și practice;

Contra: poate oferi o cantitate prea mare de informații.

Învățarea mobilă se realizează cu ajutorul smartphone-urilor și a tabletelor, oferind atât provocări cât și oportunități. Platformele mobile oferă acces la un volum mare de instrumente și conținut de e-Learning. Procesul de creare și administrare a conținutului de “m-Learning” reprezintă un proces complex și destul de costisitor.

Învățarea hibridă (*blended e-Learning*)

Învățarea hibridă se concretizează în moduri diferite de furnizare a conținutului, în clasă sau prin cursuri online. Utilizând metodele de e-Learning descrise mai sus, se pot crea **soluții hibride** mult mai complexe, care combină cursurile la clasă cu conținut video, jocuri educaționale, rețele sociale și conținut online.

Sisteme de e-Learning care promovează **învățarea neliniară**:

- **Simulări imersive;**
- **Simulări în lumi virtuale;**
- **Medii virtuale;**
- **Jocuri educaționale.**

Simulări în lumi virtuale

Mediile multi-player, referite și ca lumi virtuale, un termen care cuprinde orice mediu de simulare bazat pe calculator, în care utilizatorul interacționează și comunică cu ceilalți.

Conform unui studiu din 2011 din SUA, 60% din companiile respondente afirmă că vor investi în “evenimente și medii virtuale,” iar 42% din companii utilizează medii virtuale pentru pregătirea angajaților.

Caracteristici: medii realizate cu ajutorul calculatorului.

Pro: adaugă simulării o componentă socială, colaborativă, inter-personală;

Contra: poate fi scump; poate să nu capteze necesitățile reale.

Lumile virtuale utilizate pentru pregătire la nivel de organizație permit implementarea învățării active prin metode non-liniare. Un rol important în cadrul multor simulări virtuale se acordă învățării sociale; colaborării în echipă și managementului relațiilor la locul de muncă.

Multe din calitățile care determină utilizarea lumilor virtuale sunt cele care asigură distincția față de mediile de simulare descrise mai sus: acces la medii 3D imersive, grafică de înaltă-fidelitate și efecte fizice realiste și abilitatea de a simula medii cu risc sau periculoase, realizate cu costuri relativ mici.

Platformele de lumi virtuale oferă avantaje suplimentare bazate pe capacitatea acestora de a oferi moduri atrăgătoare de interacțiune și comunicare, cum ar fi:

- identități individuale sau “avataruri” pe care participanții le pot customiza după preferințe sau necesități;
- abilitatea de a lucra în echipa și de a conduce exerciții complexe bazate pe roluri.
- opțiuni aproape nelimitate pentru interacțiunea cu colegii, pentru luarea de decizii, și alegerea soluțiilor, bune sau greșite.

Într-un studiu privind simularea dezastrelor, 62% din studenți au afirmat că mediul virtual a fost la fel de bun sau mai bun decât scenariile de antrenare tradiționale.

2.7 EVOLUTIA 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*);

Caracteristici: timp mare de dezvoltare; sisteme sincrone (clase virtuale); sisteme asincrone (courseware). După modelul tradițional, sunt dezvoltate de instructor și gestionate de sisteme LMS. Sisteme de design de cursuri.

Learning 1.3. definit de *Learning Content Management Systems* (LCMS); instrumente rapide de design și creare de conținut; sisteme hibride.

Caracteristici: Este generația actuală în care sistemele se dezvoltă mai rapid și în module mai mici. Conținutul este disponibil în contextul activității curente pentru a fi accesat rapid. În general nu este furnizat prin LMS, ci prin email sau intranet. Este dezvoltat de experți pe subiectul respectiv și folosind instrumente rapide cum ar fi LCMS.

Dezvoltarea web 2.0, web-ul colaborativ și social, a permis dezvoltarea de conținut pe internet și distribuția lui prin intermediul rețelelor sociale (ex tweeter și delicious), a blog post-uri și a feed-urilor RSS. Au apărut sisteme wiki, video pe *youtube*, fotografiile pe *Flickr*, sindicalizarea RSS.

Learning 2.0 definit de Stephen Downes (2008), care înseamnă pentru utilizatori: sisteme wiki, blog-uri, mash-up-uri.

Caracteristici: Facilitarea creării de conținut, furnizarea prin internet ca mod de transmitere a informațiilor, permite lucrul colaborativ și primirea de feedback-uri, componente sociale. Centrate pe utilizator. E-learning 2.0 este un concept opus sistemelor convenționale, în care studenții primesc pachete didactice. Noul sistem pune accent pe învățământul social (*social learning*) și pe lumi virtuale, de tipul Second Life, denumit “*Long Tail Learning*” (Brown & Adler, 2011).

Exemple de aplicații și site-uri de e-Learning 2.0

edublogs.org, wikispaces.com – exemple de blog și resurse wiki pentru e-Learning.

edu-blogging, podcasting, media sharing, rețele sociale.

Elgg – o rețea socială pentru educație. Elgg descrisă de fondatori ca spațiu educațional (*learning landscape*), oferă fiecărui utilizator propriul weblog, arhivă de fișiere cu capacități de podcasting, un profil online și un reader RSS. Conținutul poate fi indexat cu cuvinte cheie, ceea ce permite conectarea între utilizatori cu interese similare și crearea unui mediu *personal de e-Learning* (*Personal Learning Environment – PLE*).

E-learning 2.0 se focalizează puternic pe sindicalizarea de conținut, reutilizarea, adaptarea și personalizarea acestuia (Drășil & Pitner, 2006). Numeroase alte lucrări de cercetare analizează conceptul de Learning 2.0: Conole & Alevizou (2010); Nentwich (2012); Holland (2013), Popescu (2013), Hew & Cheung (2013), Holotescu (2015).

2.8 DESIGN-UL INSTRUCTIONAL

Design-ul instrucțional (Driscoll, 2000; Instructional Design, 2015) 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 instrucționale și a unei strategii pedagogice. Modelele instrucționale eficiente se bazează pe teoriile învățării (*learning theories*). Acestea descriu modul în care teoreticienii învățării formalizează modul în care se învață idei și concepte noi. Există numeroase teorii și modele legate de design-ul instrucțional, dar rezultatele concrete se bazează mult pe experiența și talentul pedagogic al profesorului.

În design-ul instrucțional se utilizează o succesiune (timeline) de evenimente. Aceasta poate fi liniară sau comparativă. Aceasta asigură secvențierea cursului și îl face interactiv. Secvențierea previne oboseala mentală și mărește gradul de înțelegere.

O *succesiune liniară* indică evenimentele într-o anumită perioadă de timp, fiind adecvată pentru un subiect și o secvență de timp. Aceasta poate fi scrisă orizontal sau vertical. O *succesiune comparativă* indică două sau mai multe domenii de subiecte care au avut loc în același timp, indicând o imagine globală.

Utilizarea acestor secvențe în cursurile de elearning oferă un cadru în care conținutul poate fi prezentat. O cronologie indică momentele exacte ale unei serii de evenimente.

Există două categorii largi de design instrucțional:

Modelele *Instructional Systems Design* (ISD) care reprezintă “ghiduri sistematice pentru crearea de ateliere, cursuri, curricule, programe instrucționale sau sesiuni de training” (McGriff, 2001). Un exemplu tipic utilizat în elaborarea unui scenariu educațional este modelul **ADDIE** (ADDIE, 2015; Mc Griff, 2010), care stabilește 5 faze ale unui proces instrucțional: (1) Analiza; (2) Design; (3) Dezvoltare; (4) Implementare; (5) Evaluare: “*systematic approach to the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation of learning materials and activities*” (McGriff, 2001).

Ghiduri mai generale pentru design și dezvoltare la diverse niveluri de granularitate. De exemplu, astfel de modele definesc evenimentele care ar trebui să aibă loc în timpul unui proces educațional. Exemple tipice sunt cele **9 evenimente instrucționale cognitive/comportamentale** ale lui Gagne (Gagné, 1987) sau **modelele socio-constructiviste** pentru învățarea bazată pe probleme.

- Elaborarea scenariilor educaționale beneficiază și de suportul unor programe de proiectare grafică (vizuală):
- **Editor Reload** pentru design educațional în format IMS LD.

- **Graphical Learning Modeller** oferă o interfață grafică de editare intuitivă, care abstractizează aspectele tehnice ale IMS LD.
- **OpenGLM** este o extensie a *Graphical Learning Modeller*, pentru regasirea, publicarea și partajarea de resurse și design educațional.
- **Moodle** oferă un format de export cursuri conform IMS Learning Design.
- **LAMS v2.0** (*Learning Activity Management System*), este un sistem de design open source pentru design, management și furnizare activități online colaborative. Oferă profesorilor un mediu vizual pentru crearea de secvențe de activități de învățare. Aceste activități pot include sarcini individuale, pentru grupuri mici sau pentru o clasă întreagă. LAMS este integrat cu diferite sisteme de management (Moodle, BlackBoard/WebCT, Sakai, Microsoft Share Point).

2.9 PARADIGMA DE ÎNVĂȚARE HIBRIDA (BLENDED-LEARNING)

Blended learning gravitează în jurul a 6 modele, ceea ce îl face distinct de alte tipuri de e-Learning. Cele 6 modele distincte au în comun elemente de design dar care le diferențiază de altele în termeni de roluri ale profesorilor, programarea cursurilor, spațiu fizic și metode de furnizare.

În (Staker et al., 2011) se realizează o schemă sugestivă (Fig. 2.1). Toată zona gri reprezintă blended learning. Perimetrul și punctele roșii se referă la zone care nu sunt blended learning. Perimetrul și punctele albastre de asemenea se relaționează cu programe non blended learning, doar dacă studenții nu se auto-înrolează în aceste programe auto-hibrid /self-blend prin înrolarea în școli, după modelul tradițional.

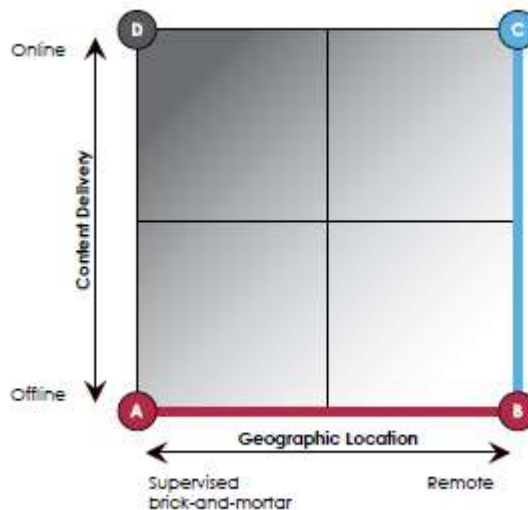


Figura 1.1 Matricea sistemelor hibride de învățare (Staker et al.,2011)

În Fig. 2.2 este prezentată o schema care conform (Staker et al., 2011), reprezintă “o schemă de clasificare a peisajului de blended-learning, așa cum există în prezent în urma unei analize a programelor care fie urmează să fie lansate fie sunt deja utilizate. Modelele reprezintă programe particulare în cadrul unei școli, nu o tipologie pentru toate școlile”.

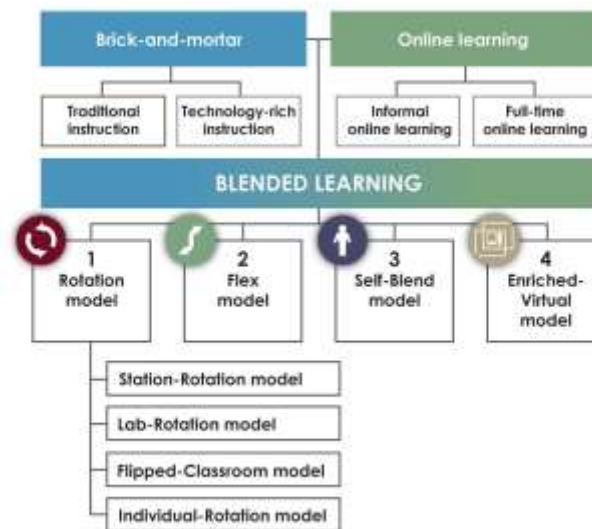


Figura 2.2 Schema de descriere a modelului hibrid de învățare (Staker, 2011)

Flip teaching (*flipped classroom*) este o forma de blended learning care cuprinde orice utilizare a tehnologiei pentru a învăța înafara clasei, astfel încât să se petreacă mai mult timp pentru interacțiune cu studenții, în loc de lecturarea lecției. De obicei profesorii creează lecții video pe care elevii le vizualizează înafara orelor.

2.10 SISTEME DE ÎNVAȚARE COLABORATIVA

Învățarea colaborativă cu ajutorul calculatorului (*Computer-supported collaborative learning - CSCL*) este o paradigmă educațională relativ nouă în cadrul procesului de învățare colaborativă care utilizează tehnologia, în special în mediul universitar. Are rolul de a *media și susține* interacțiunile de grup într-un context colaborativ de învățare.

Învățare colaborativă în lumi virtuale prin natura lor oferă un caz optim pentru învățarea colaborativă. Inițial, a fost restricționată la întâlnirile din clasă și la cursuri, în mod similar cu modalitățile din viața reală. În prezent, evoluează odată cu facilitățile oferite de spațiul lumilor virtuale.

2.11 SISTEME PERSONALE DE ÎNVAȚARE

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 (2008) și perfecționată de George Siemens (2010). Studenții creează conexiuni și dezvoltă o rețea care contribuie la dezvoltarea lor profesională și la acumularea de cunoștințe.

Programul UE Lifelong Learning Programme 2007–2013 a recunoscut potențialul pentru PLN prin finanțarea proiectului aPLaNet (*Autonomous Personal Learning Networks for Language Teachers*), care explică valoarea PLN pentru dezvoltarea profesională a profesorilor de limbi străine.

2.12 CURSURI ONLINE CU PARTICIPARE MASIVA

O altă paradigmă actuală a sistemelor de e-Learning este aceea de **CURS ONLINE CU PARTICIPARE MASIVA** (*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 Stephen Downes în 2008 și inovat de George Siemens (2010), ca rezultat unui curs online condus de ambii cercetători și profesori, care s-a sprijinit pe filosofia conectivismului.

Termenul a apărut în 2008 și oferă celor care doresc o pregătire continuă diverse instrumente pentru a-și construi și gestiona propria rețea de learning. Termenul “masive” se referă în primul rând la numărul de participanți, dar și la acoperirea cursului.

La acest tip de cursuri participanții sunt distribuiți iar materialele de curs sunt dispersate în mediul web. MOOC reprezintă o formă recentă de dezvoltare de cursuri online, plecând de la formate care se bazează pe resurse existente, ca sistemele LMS, și pe structuri care combină LMS cu resurse web deschise.

MOOC sunt fundamentate pe teoria conectivismului și a pedagogiei deschise (*Open Educational Resources - OER*) (Downes, 2011), bazate pe rețele de învățare (*networked learning*).

Ca dovadă că cei care participă la un MOOC trebuie să își facă din acel curs unul personal. În centrul procesului de e-Learning de tip MOOC stau postarea de discuții, reflecțiile pe subiecte și partajarea de resurse utilizând o varietate de medii de social media.

Fenomenul MOOC este analizat în numeroase lucrări de cercetare recente (Holotescu, 2013; Holotescu, Cretu, & Grosseck, 2013; Yousef, 2014). În Yousef et al. (2015) sunt analizate forme colaborative de MOOC, cMOOC și xMOOC.

2.13 MOBILE LEARNING

Mobile learning reprezintă “utilizarea tehnologiilor mobile în scopul învățării” (Alsheail, 2010). O definiție mai explicită (MOBilearn, 2003) este “*any sort of learning that happens when the learner is not at a fixed, predetermined location, or learning that happens when the learner takes advantage of the learning opportunities offered by mobile technologies*”. O altă definiție, care pune accentul pe scopul *mobile learning* este “*the acquisition or modification of any knowledge and skill through using mobile technology, anywhere, anytime and results in the modification of behavior*” (Geddes, 2004). Alterarea în comportament semnifică faptul că învățarea efectivă are loc atunci când are loc o modificare în schimbarea comportamentului studentului.

Dispozitivele mobile pot fi “*any device that can provide access to information, from any location or while on the move*” (Kadle, 2010), respectiv orice device mobil, exceptând laptopurile.

Mobile learning (m-learning) permite o **contextualizare a învățării** care este imposibilă cu calculatoarele desktop. M-learning reprezintă o formă de e-Learning care utilizează dispozitive mobile cu următoarele particularități:

- permite noi metode de învățare: de la cel intermediat de instructor, la cel legat de *experiența mijlocita de dispozitivul mobil*.
- focalizat pe mobilitate și interacțiunea cu tehnologiile portabile.
- *mobilitatea instructorului*, posibilitatea de a crea material didactic la fața locului, în special cu ajutorul telefoanelor mobile.

- permite învățarea în *spațiul liber/contextuala* și pe principiul *oriunde/oricând*;
- difuzare de mini-module/pod-casting sau conținut 3D;
- relativ accesibile financiar.

Permis de evoluția tehnicii de calcul înspre portabilitate și mobilitate: *notebooks, tablet PC/ internet tablets, smartphone-uri* precum și de tehnologiile mobile de comunicații: Wi-Fi, GPRS, 3G, suportul rețelelor sociale (web 2.0) și micro-blogging. Mobile-Learning permite utilizarea *tehnologiilor sociale și colaborative* (web 2.0) în condiții de mobilitate, context geografic.

În educația universitară, dispozitivele mobile pot oferi material de curs, date limită pentru teme și informații administrative (Kukulka-Hulme, 2010; Cochrane & Bateman, 2010; Sharples et al., 2009).

Este necesară o abordare combinată pentru a permite învățarea cu tehnologii mobile, deoarece activitățile care atrag studenții se bazează pe diferite teorii și practici pedagogice. Datorită disponibilității tot mai mari a dispozitivelor mobile, m-learning poate beneficia de dispozitivele proprii, 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**.

2.14 ÎNVAȚARE SOCIALĂ

Având în vedere că lumile virtuale au fost concepute în primul rând ca platforme de interacțiune socială, a fost investigat și acest domeniu, cu atât mai mult cu cât nu poate fi neglijat, fiind tot mai mult utilizat în educația terțiară (academică).

Social media este un concept asociat cu informații și comunicare inter-personală în comunitățile virtuale.

Social media este un termen generic care cuprinde mai multe tehnologii care implementează concepte web 2.0, definit de (O'Reilly, 2005) în timpul primei conferințe Web 2.0; se referă la crearea de conținut, agregare, etichetare, recuperare sau distribuție, cu scopul îndeplinirii de funcții și activități sociale, cum ar fi promovarea de idei sau de știri, conținut social, promovare utilizator sau comunități", socializare, colaborare, comunicare, networking, blogging-ul sau adnotare (Zeiller, 2011; Nentwich & Konig, 2012; Popescu, 2013). Acest lucru duce la grupuri de informare distribuite sau "ecosisteme" (Brown & Adler, 2011), organizate pe categorii sau subiecte.

Instrumentele Web 2.0 cuprind mass-media de partajare (Youtube, Trilulilu, Flickr, Pinterest, Slideshare, Panoramio, Scribd sau Google Drive ca un serviciu cloud), social-networking (de exemplu, Facebook, MySpace, LinkedIn), blogging (de exemplu Wordpress, Blogger, Google+) și micro-blogging (de exemplu, Twitter, identi.ca, cirip.ro (Holotescu, 2015), mini-blogging (Tumblr), wiki (de exemplu, Wikipedia, Wikispaces), social bookmarking (del.icio.us), Syndication (RSS feed-uri, Digg), servicii mash-up-uri, și, de asemenea lumi virtuale ca platformele sociale (de exemplu, Second Life).

În e-Learning, social media poate juca un rol important prin facilitarea creării și distribuirea de informații, și crearea de comunități în care atât profesorii cât și elevii sunt stimulați să-și asume *roluri participative*.

Serviciile de micro-blogging (de ex. Twitter) sunt puternice platforme de social media de publicare și schimb de mesaje scurte denumite *tweets*, precum și pentru crearea de rețele și în urma altor utilizatori pe teme specifice sau conexe de interes. În proiecte educaționale Twitter poate stimula o comunicare sintetică, pentru că impune un număr limitat de caractere pentru postări mesaj. Recent, serviciul a fost extins cu posibilitatea de a atașa filme.

În (Holotescu, 2015) este prezentată implementarea și experimentarea platformei românești de microblogging, CIRIP.ro, pentru educația formală și informală, cu aplicarea celor mai noi teorii și tehnologii educaționale. În [STEF, 2013/2], [STEF, 2014/3] este prezentată utilizarea Wordpress, Google+, Panoramio și Twitter pentru educația vocațională informală.

2.15 MEDII VIRTUALE DE ÎNVĂȚARE 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.

Mediile virtuale de învățare **tradiționale** sunt sisteme educaționale în general accesibile din mediul web care emulează sistemul real educațional, prin integrarea unui set echivalent de concepte, virtuale, pentru clasă, teste, proiecte, precum și alte resurse externe academice. Utilizează în mod normal instrumentele web 2.0 (forumuri, blog, feed-uri RSS) pentru crearea unui spațiu social, în care studenții și profesorii pot interacționa.

Învățământul virtual poate avea loc în orice mediu. Învățarea poate avea loc în 2 moduri diferite, unul **în timp real sau sincron**, în care studenții comunică cu ajutorul unui microfon, chat sau prin scrierea pe o tablă virtuală. Profesorul poate prezenta lecția sub forma PowerPoint, video, sau prin chat. Studenții pot discuta cu colegii și profesorii, pot colabora, pot răspunde sau pot pune întrebări. Pot utiliza instrumente puse la dispoziție de aplicații, de ex. ridicarea mâinii în mod virtual, pot trimite mesaje sau răspunde la întrebări puse pe ecran.

Alt mod este cel **asincron**, care mai este denumit și **învățare în ritm propriu**. Studenții completează lecții zilnice și teme. Cursurile asincrone au termene limită, ca și cele sincrone, dar în primul caz fiecare studenții învață în ritm propriu, în timp ce în sistemul anterior utilizează un utilitar de **clasă virtuală** (Virtual Classroom).

Într-un mediu virtual studenții au flexibilitate în privința educației lor. Colaborarea și comunicațiile dintre profesori, studenți și părinți, combinat cu facilitățile de lucru individual, contribuie la eficiență învățării.

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, conectate prin rețele audio-video și tehnologii web 2.0 chat, care beneficiază de partajare de aplicații (de ex. documente Google Docs).

Un sistem VLE nu este destinat unui anumit curs sau subiect, ci este capabil să ofere suport pentru multiple cursuri în cadrul unui întreg program academic, oferind o interfață unitară în cadrul instituției și către alte instituții care utilizează sistemul.

2.16 MEDII VIRTUALE DE ÎNVĂȚARE 3D

Un **mediu virtual 3D (3DVLE)** este un termen general care definește un mediu interactiv care beneficiază de grafică 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. În funcție de gradul de imersare, utilizatorii pot juca jocuri, interacționa cu alți utilizatori, participă la seminarii sau realiza teme pentru o clasă online.

În Arangarasan & Phillips (2002) se face o distincție între tipurile de medii virtuale:

- **Medii virtuale**, care sunt aplicații individuale ale tehnologiei de realitate virtuală (*Virtual Reality* - VR), în care utilizatorul **face parte fizic** din mediu.

- **Medii sintetice sau realitatea artificială**, care sunt mai generale, aplicate și în alte domenii, cum ar fi jocurile video. Aceste medii sunt în general medii distribuite, online, multi-utilizator. În aceste medii sunt integrați utilizatorii, sub forma de avataruri și elementele de inteligență artificială (AI) (Biocca, 1997).

În prezent lumile virtuale 3D online joacă un rol important în educație. Conform Sykes et. Oskoz (2008) există 3 tipuri de medii virtuale 3-dimensionale:

- **jocuri cu participare masivă** (MMOG - *massively multiplayer online games*) (exemple, World of Warcraft, Everquest, Eve Online);

- **lumi virtuale sociale, deschise, imersive** (Second Life, There, Active Worlds);

- **medii sintetice imersive** (SIEs), respectiv “spații redat vizual, care combină aspecte din mediile deschise sociale cu modele de gaming centrate pe obiective, pentru a adresa obiective specifice educaționale” (exemple, Croquelandia, ZON, Edusim, Umgumbo).

2.17 LUMI VIRTUALE 3D

Lumile virtuale 3D (*3D virtual worlds*) reprezintă o generalizare a sistemelor de realitate virtuală, într-o formă accesibilă oricărui utilizator. Edward Castronova (2005) le definește ca instrumente practice de realitate virtuală, care oferă o modalitate decentă de a face practice oricărui utilizator aceste spații virtuale imersive.

“practical virtual reality” tool, a way to make decently immersive virtual reality spaces practically available to just about anyone on demand.”

Deosebirea față de paradigma realității virtuale, care face uz de tehnologii hardware sofisticate și creează un mediu artificial, mediile virtuale 3D reprezintă **medii construite, proces la care poate participa și utilizatorul**. Un alt element care le diferențiază este faptul că lumile virtuale pot fi accesate de mulți utilizatori simultan. De aceea, majoritatea acestor lumi sunt considerate jocuri și mai sunt cunoscute și sub denumirea de MMOG - *Massively Multiplayer Online Games*. Dacă inițial puteau fi accesibile de către un număr de 8–16 utilizatori, în prezent participarea masivă este justificată de un număr de 3000–4000 utilizatori.

O lume virtuală 3D multi-utilizator (3DMUVE) este un mediu simulat cu ajutorul calculatorului, similar sau diferit de unul real, în care se poate locui și interacționa prin intermediul avatarurilor.

O rețea sincronă și persistența de persoane, reprezentate de avataruri, facilitată de calculatoare inter-conectate (Bell, 2008): *“A synchronous persistent network of people, represented by avatars, facilitated by networked computers”*.

Bartle (2010) definește lumile virtuale ca *“an automated, shared, persistent environment with and through which people can interact in real time by means of virtual self”*.

Cele mai acceptate definiții ale lumilor virtuale subliniază ca acestea sunt medii **persistente grafic** între sesiunile de lucru.

Dickey (2003) definește mediile 3D VLEs ca realitate virtuală în rețea, desktop, care oferă 3 componente de bază: a) iluzia unui spațiu 3D; b) avataruri care servesc ca reprezentări vizuale ale utilizatorului și c) medii interactive de chat pentru utilizatori pentru a comunica unii cu alții. În plus, unele obiecte din mediu ar trebui să răspundă la acțiuni ale utilizatorului, iar elemente 3D audio sporesc senzația de imersiune (Dalgarno, 2010).

Lumile virtuale 3D reprezintă medii noi pentru educație, cu multe oportunitati, dar și provocările de implementare și utilizare. Persistența permite continuarea și amplificarea interacțiunii sociale, care poate fi o bază pentru educația colaborativă. Abilitatea de a colabora, situează studenții în medii și contexte indisponibile în clasă, acest stil fiind denumit și învățare “situată” (Barab & Duffy, 2000).

Este de reținut că lumile virtuale sunt numai “**infrastructuri**” în care “locuitorii” creează “viețile” lor; de aceea mai sunt denumite sau referite ca “metaverse” sau “universuri alternative”. Pentru a transforma un astfel de spațiu într-unul educațional, este necesar să se realizeze un design pedagogic și să se creeze un conținut de calitate, 3D și multimedia.

2.18 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 a înțelegerii conceptelor abstracte.

Reificarea abstracțiunilor

Reificarea sau **concretizarea** transformă obiecte care nu sunt accesibile simțurilor umane, în “obiecte vizibile, audibile și tangibile”. Scopul învățării în special al științelor exacte, este ca întâi să detecteze apoi să explice modele găsite în lumea naturală (Gell-Mann, 1994).

Modificarea percepției conceptuale și a complexității

Multe studii referitoare la învățarea în lumi artificiale se referă la modificările conceptuale. Aceasta presupune ca studenții au înainte o idee generală despre fenomenele pe care urmează să le studieze doar că aceste idei sunt naive, intuitive și greu de modificat (Winn, 2002, citând Posner et al., 1982). Mediile artificiale pot să elimine multe dintre complexitățile lumii reale și în același timp să permită studenților să interacționeze cu ea într-un mod nou și productiv. Cu sprijinul adecvat (*pedagogical scaffolding*) (Linn, 1995), care îi ajută pe studenți când întâmpină dificultăți fără să reducă prezența, studenții pot rezolva probleme relativ complexe într-un mediu la fel de bogat și complex ca lumea reală. Studenții care obțin succese (Winn, 2002) sunt cei care folosesc avantajele noului mediu: utilizarea de instrumente virtuale pentru a dezvolta și testa ipoteze; deplasarea în diferite perspective (*viewpoints*) pentru a studia fenomene din diferite unghiuri; angajarea (*engagement*) în mediu.

Prezență și angajament

Prezența ajută la predicția învățării. Cu cât un student se simte mai prezent într-un mediu artificial, cu atât crește probabilitatea ca el să învețe. Imersiunea în mediu prin purtarea unui HMD este mai eficientă în creșterea prezenței decât vizualizarea de pe un calculator desktop (Winn, 2002).

Prezența are două consecințe. O consecință cognitivă, prin angajamentul activ. Implicarea într-un proces educațional a studenților este considerată mai importantă pentru modificarea conceptuală decât activitatea cerebrală detașată, considerată în mod tradițional a fi la baza rezolvării de probleme (Clark, 1997).

Rescalarea în timp și spațiu

Barab (2000) a realizat un sistem solar în realitate virtuală, în care planetele sunt scalate în jos de dimensiunea unor mere. Pentru a realiza imersarea studenților în mediu, este necesară rescalarea masivă a obiectelor, pentru a le face ușor de gestionat la scală umană. Timpul suferă de asemenea rescalări.

Realizarea în siguranță a unor acțiuni periculoase.

De interes particular este construirea și utilizarea la prețuri competitive a mediilor artificiale. Costul hardware este în descreștere, dar nu și al dezvoltării software. Mediile artificiale sunt scumpe și trebuie utilizate când este eficient.

Situațiile în care nu este eficientă utilizarea unui mediu artificial în scopuri educaționale:

- nu se recomandă utilizarea mediilor artificiale pentru predarea *cunostințelor de bază declarative*. Prezența, interactivitatea și reificarea excelează atunci când are loc o trecere de la un proces de îndrumare centrat pe student, la învățarea bazată pe rezolvarea de probleme. Pentru materialele de învățat, sunt eficiente planurile (worksheet-urile) de învățare.

- mediile artificiale nu sunt eficiente până când studentul nu învață interfața și instrumentele virtuale. Mediile artificiale nu sunt locuri unde studenții să se poată baza pe experiențe apriori și pe intuiție. Ei trebuie să aibă deja cunoștințe, și să le exploreze înainte de a începe procesul de învățare.

- mediile artificiale nu sunt adecvate pentru studenți pentru a dezvolta abilități motoare fine. Transferul de orice tip dintr-un mediu artificial către mediul real este de obicei dificil de obținut (Caird, 1996). Aceasta deoarece aceste capabilități necesare pentru a funcționa într-un mediu artificial sunt de obicei diferite de cele necesare într-un mediu real. Astfel, mediile artificiale sunt utile pentru obținerea de cunoștințe conceptuale și înțelegerea proceselor și fenomenelor.

- mediile artificiale nu sunt bune substitute pentru experiența reală, nici pentru simulările de înaltă fidelitate, cum sunt cele de zbor. Mediile artificiale sunt adecvate pentru a ajuta studenții să înțeleagă fenomene și concepte pe care nu le pot experimenta în lumea reală sau în clasă.

- posibile efecte secundare ale vizitelor extinse în medii artificiale. Efectele fizice cum ar fi răul de simulare și mișcare, dureri de cap de la HMD. Recent, astfel de efecte au fost raportate de la echipamentele Oculus Rift (OPENSIM OCULUS, 2015). Efectele secundare psihologice nu sunt bine documentate. De asemenea, se poate crea o confuzie între fantezie și realitate, în special la copiii și tineri.

Clark Aldrich (2009) consideră lumile virtuale, jocurile și simulările ca fiind un continuum. Cercetătorul le consideră medii virtuale puternic interactive (“Hives – *highly interactive virtual environments*”), fiecare cu caracteristicile și scopul lor. Deși par similare, Aldrich afirmă că toate au loc în lumi 3D cu avatururi 3D, dar:

Simulările educaționale utilizează scenarii structurate riguros cu un set rafinat de reguli, provocări și strategii care sunt proiectate pentru a dezvoltă competente specifice care pot fi direct transferate în lumea reală.

Jocurile sunt activități distractive care sunt de obicei utilizate exclusiv pentru entertainment, dar care permit oamenilor să utilizeze un set particular de instrumente sau idei. Toate jocurile sunt jucate într-un mediu sintetic (virtual) structurat prin reguli specifice, mecanisme de feedback, și necesită instrumente pentru suportul lor – deși acestea nu sunt la fel de bine definite ca în simulări.

Lumile virtuale sunt medii sociale 3D persistente, multi-utilizator (și deseori cu participare masivă), dar fără a fi focalizate pe un anumit obiectiv, cum ar fi avansul la un nivel superior sau navigarea cu succes a unui scenariu.

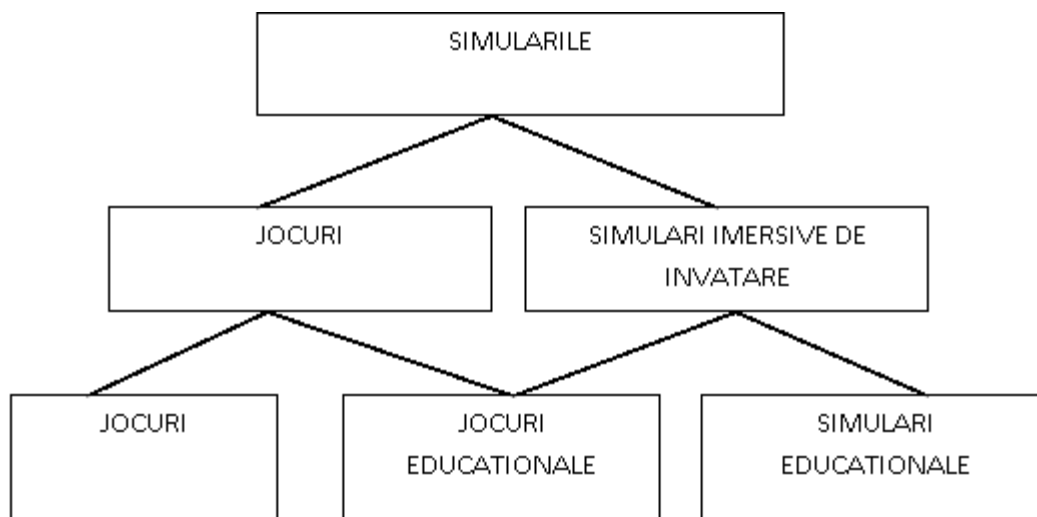


Figura 2.3 Relația dintre joc, simulare și învățare (după Aldrich, 2009)

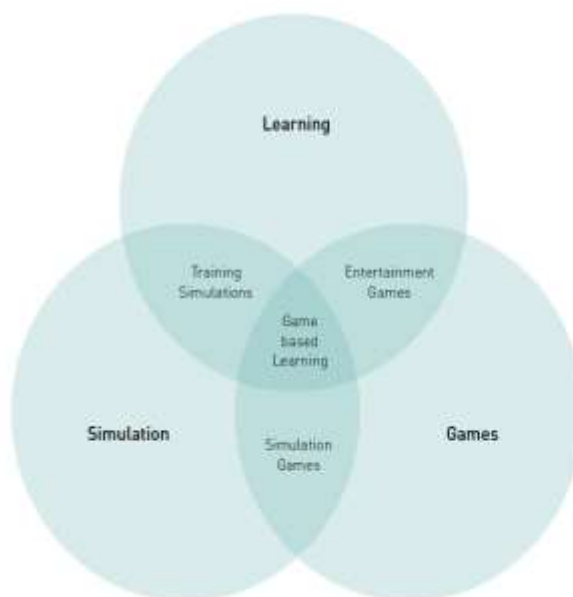


Figure 2: Interplay of pedagogy, computer science and games (taken from Martens et al 2008, p.174)

Figura 2.4 Diagrama Venn joc, simulare și învățare (Martens et al., 2008, după Ulicsak & Wright, 2010)

Dacă nu există o simulare, atunci avem de a face cu jocuri de divertisment, denumite *edutainment*, cu un format simplist. Dacă se omite jocul și mecanica jocului, rezultatul este o simulare. Martens et al. (2008) ilustrează legătura dintre componente cu ajutorul unei diagrame Venn și consideră că pentru activitățile de antrenare sunt necesare toate componentele.

Mike Zyda (2005) consideră că jocurile educaționale se disting de cele distractive prin adăugarea de elemente pedagogice la cele 3 elemente ale unui joc pe calculator: poveste, artă, software. Zyda afirmă că pedagogia, care educă sau instruește, trebuie să fie subordonată și nu egală cu jocul și povestea. Jocurile educaționale se sprijină pe relația dintre acești factori, învățarea fiind dependentă de pedagogie și joc.

Specificul învățării în lumi virtuale 3D este analizat în numeroase cercetări, de exemplu în Dickey (2003, 2010); Dede (2005); Bedford et al. (2006); de Freitas (2006); de Freitas (2008);

Warren et al. (2008, 2009); Girvan (2010); Dalgarno et al. (2010); Blume et al. (2010); Worwood (2011); Herlo, 2012; Gült et al. (2008); Burden (2010).

2.19 MEDII ONLINE CU UTILIZARE MASIVA

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**.

MMOG acoperă în general extremele de mai jos:

- MMOW - *massively multiplayer online worlds* construite pe modele 3D și prezentări 3D grafice și audio dar interacțiunea este restricționată la ecrane 2D, sunet stereo, tastatură, mouse. Aceste configurații nu sunt considerate total imersive, dar vor deveni odată cu evoluția tehnologiilor în zona comercială (cum ar fi monitoare și proiectoare 3D, echipamente montate pe cap) (Jacobson et al., 2009; Kappe & Gütl, 2009; Schrank, 2009; Schroeder, 2008; Sivan, 2008).
- MMORPG - *massively multiplayer online role-playing games*, denumite și lumi virtuale de gaming, în care utilizatorul joacă un anumit personaj.
- MMORLG - *massively multiplayer online real-life games*, denumite și lumi virtuale sociale, în care utilizatorul poate edita și altera oricând avatarul personal, permițându-i să joace multiple roluri.

Sunt mai mulți factori partajați de majoritatea MMOG care le diferențiază de alte tipuri de jocuri. MMOG creează un **univers persistent** în care o componentă de bază continuă să existe indiferent de interacțiune. Aceste jocuri sunt proiectate să susțină un joc cu mai mulți participanți, de aceea inteligența artificială de pe server este dedicată pentru a suporta grupuri de jucători. Ca rezultat, un joc MMOG nu se încheie ca jocurile tipice cu un singur jucător. Poate exista și varianta *single-player*, dar în aceste condiții nu se poate experimenta tot conținutul.

Pentru a asigura suport pentru toți jucătorii, MMOG au nevoie de mai multe servere pentru a conecta jucătorii la aceste lumi. Un univers poate fi copiat **pe mai multe servere**, prin separarea jucătorilor, rezultând în **secvențierea universurilor**.

Alte jocuri utilizează un singur univers divizat pe mai multe servere și necesită ca jucătorii să comute între ele. Jocurile de tip MMORPG au universuri secvențiate, pentru ca aceasta oferă cea mai flexibilă soluție la încărcarea serverelor.

Jocurile de tip **MMORPG** - *Massively multiplayer online role-playing games*, sunt cele mai comune jocuri MMOG. Unele rulează în browser pentru reducerea infrastructurii, acestea au acronimul *BBMMORPG*.

Caracteristici

În general jucătorii controlează un număr mic de personaje și pot obține o victorie prin parcurgerea unei serii de expediții și ajungând la concluziile unei narațiuni principale. Jucătorii explorează o lume în timp ce rezolvă puzzle-uri și se angajează într-o luptă tactică. O caracteristică este aceea ca personajele capătă puteri și abilități tot mai mari și sunt configurate chiar de jucător.

Acest tip de jocuri se sprijină pe o poveste bine dezvoltată care este împărțită într-un număr de misiuni (*quests*). Jucătorii controlează unul sau mai multe personaje prin emiterea unor comenzi, care, îndeplinite de personaje cu o anumită performanță, determină atributele acestor personaje. Aceste atribute cresc de fiecare dată când un personaj castigă un nivel, iar acest nivel se actualizează odată cu creșterea experienței personajului. Jocul nu se bazează pe capacități fizice.

Acest tip de jocuri încearcă de asemenea să ofere și o interacțiune mai complexă și dinamică a personajelor decât în alte genuri de jocuri video. Aceasta implică utilizarea pe scară mai largă a inteligenței artificiale și a unor scripturi pentru comportamentul controlat de calculator sub forma persoanelor “non-player”.

O misiune într-un joc bazat pe roluri este o sarcină pe care un personaj controlat de jucător sau un grup de personaje o pot completa pentru a câștiga o recompensă. Aceasta poate include o creștere a experienței personajului pentru a capăta noi abilități sau comori, moneda din economia jocului, acces la noi locații, sau orice combinații.

MMORPG este o nouă paradigmă în jocurile pe calculator care utilizează lumi virtuale și comunicațiile în rețea. În Tabelul 4.5 sunt prezentate 3 paradigme de jocuri MMORPG (Yee, 2006).

Tabel 2.1 Paradigme de jocuri MMORPG (după Yee, 2006)

Atribute	Jocuri de sine statatoare	Jocuri în rețele locale și WAN	MMORPG
Exemple	Solitaire, Snood, SimCity	Diablo II, Unreal, Age of Empires	EverQuest, Star Wars
Costuri pentru jucatori	Software	Software	Software avansat și abonament
Numar de jucatori	1	1-16	0-2000
Lume persistentă	Nu	Nu	Da
Agenti utilizatori	Direct	Unul sau mai multe avataruri	Avataruri personalizate
Dimensiune/domeniul lumii virtuale	Bord de joc abstract	Abstractă sau limitată	Naturale, galaxii, neabstractizate
Interacțiunea socială a jucatorilor	Nu există	Prin strategia de luptă	Intensiva, colaborativă, interacțiuni sociale

Majoritatea MMORPG necesită pentru progres cooperarea sau dependența de alții. Majoritatea au nevoie de suport complementar și reciproc pentru că întâmpină probleme din ce în ce mai dificile. Dar cel mai important, fiecare utilizator decide ce formă de avans va urma, și bogăția și complexitatea mediului elimină necesitatea pentru obiective și linii narrative coordonate. Fiecare utilizator este motivat de o combinație diferită de posibile recompense. Rezultatul este acela că relațiile semnificative între utilizatori se formează în timpul interacțiunii. Astfel apar **grupuri de luptă** (colaborări temporare între câțiva utilizatori), **guild-uri** (organizații persistente create de utilizatori), **alianțe ideologice** (înțelegeri între guild-uri și grupuri).

Jocurile MMORPG au fost puțin experimentate ca medii de e-Learning (Riegle & Matejka, 2006). Acestea reprezintă lumi virtuale funcționale care ar putea fi eficient utilizate ca medii de e-Learning (Riegle, 2006). Profesorii ar trebui să creeze un portal online, ca o intrare

controlată de profesor. Acesta ar trebui să conțină o explicație despre rolul pe care urmează să îl joace studentul în cadrul cursului MMORPG. Pentru a obține rezultatele maxime, trebuie păstrate caracteristicile jocurilor MMORPG, metafora jocului, să se creeze explicații și roluri consistente.

Profesorul trebuie să creeze teme pentru acasă sub formă de quest-uri. Acestea trebuie să fie completate de către: a) personaje individuale; b) grupuri de personaje individuale; c) colecții de personaje (guild-uri) și d) grupuri de colecții (quest-uri multi-guild).

Profesorul trebuie să decidă cum își organizează studenții, în funcție de obiectiv, studenții pot fi asigurați să fie membri ai unui guild, creat deja, de ex. Learning Guild; să fie direcționat să creeze un singur guild pentru toți membrii cursului; să se alăture oricărui guild sau să nu se alăture niciunuia.

Deși este posibil într-o clasă să se organizeze studenții pe mai multe grupe, nu este posibil să se dublice o întreaga clasă și mai ales să fie prezenți toți studenții care nu sunt în școală.

O problemă în utilizarea MMORPG ca mediu educațional este acela că experiența de joc este foarte diferită la nivelele superioare ale jocului față de cea de la nivelele inferioare. În plus, este nevoie de multe ore de joc pentru a ajunge la nivelul superior.

Cea mai mare provocare pentru profesorii care utilizează MMORPG ca mediu educațional, este modul în care trebuie să furnizeze conținutul academic. Există posibilitatea să se studieze un singur subiect sau să se abordeze multi-disciplinar.

Jocurile MMORPG sunt foarte scumpe, greu de făcut competiție jocurilor comerciale. Există însă motoarele MMORPG care permit modificarea conținutului.

Soluția eficientă este utilizarea platformelor existente pentru a furniza conținut educațional.

Cercetări recente legate de MMORPG sau MUD în contextul mai larg al lumilor virtuale, precum și perspective, se pot găsi în Dionsio et al., 2013 și în Moldoveanu et al., 2009.

2.20 ÎNVAȚAREA 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*). Dezvoltatorii și cercetătorii lucrează în orice zonă a învățării prin jocuri, inclusiv a jocurilor orientate după anumite obiective (goal-oriented), jocuri sociale, jocuri non-digitale ușor de construit și jucat, jocuri special proiectate pentru educație, jocuri comerciale care s-au rafinat în această perioadă. Role-playing, rezolvarea colaborativă de probleme, și alte forme de experiențe simulate sunt recunoscute ca având o largă aplicabilitate în multe discipline.

În ultimii ani, mișcarea *Serious Games* s-a focalizat pe unificarea conținutului educațional semnificativ cu jocul. Aceste jocuri aduc o modificare game play-ului, printr-o nouă perspectivă asupra angajării active. Centrul *Serious Games* din Purdue University este dedicat găsirii unor noi metode de colaborare în medii virtuale.

Definiții (Ulicsak & Wright, 2010)

Termenul a fost definit în 1968 de Clark Abt (1970) în cartea sa "Serious Games", în care examina jocurile de război (în care scenariile dramatice se combina cu analiza matematică și joc între grupuri) și simulări pentru antrenarea managerilor, studenților și a profesorilor în dezvoltarea curriculei educaționale, planificarea sistemului școlar, management industrial și

planificare tehnologică și prognozare. Definiția lui Abt: “jocuri cu scop educațional explicit și atent realizat, și care nu au ca scop principal divertismentul, dar care pot fi distractive”.

“have an explicit and carefully thought-out educational purpose and are not intended to be played primarily for amusement. This does not mean that serious games are not, or should not be, entertaining.” (Abt, 1970).

“Serious Games are defined as digital games and equipment with an agenda of educational design and beyond entertainment” (Sorensen & Meyer, 2007).

“Serious games aim to use new gaming technologies for educational or training purposes. It investigates the educational, therapeutic and social impact of digital games built with or without learning outcomes in mind.” (Felicia, 2009).

“There is no one single definition of the term “serious games”, although it is widely accepted that they are games “with a purpose”. In other words, they move beyond entertainment per se to deliver engaging interactive media to support learning in its broadest sense.” (Stone, 2008).

“Serious game: a mental contest, played with a computer in accordance with specific rules, that uses entertainment to further government or corporate training, education, health, public policy, and strategic communication objectives” (Zyda, 2005).

Această definiție a 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.

Relevanța pentru predare, învățare, sau descoperire creative

Învățarea pe bază de joc reflectă un număr de abilități importante pe care instituțiile de învățământ se străduiesc să le stimuleze elevilor/studentilor: colaborare, rezolvare de probleme, comunicație, gândire critică, abilități digitale. Există multe genuri și aplicații asociate cu ele. De la jocurile role-playing la jocuri sociale online și cursuri create pentru a preda game design.

Când sunt integrate în curricula, oferă o cale de parcurgere a materialului care permite studentului să învețe cum să învețe pe lângă stăpânirea subiectului propriu-zis. Aceste jocuri se conduc singure către conținutul curricular, necesitând ca studenții să descopere și să construiască cunoștințe pentru a rezolva probleme. Provocarea jocurilor educaționale — un indicator al faptului că rămân încă la un orizont de timp mediu — este integrarea cât mai naturală a conținutului educațional tradițional ca parte integrantă din joc. Profesorilor li se pare dificil să facă conexiuni între un conținut de curs specific și obiectivele jocurilor. Dar aceste jocuri trezesc interesul studenților de a-și extinde învățarea în afara jocului.

Jocurile sunt o “formă de joacă organizată” (Dondlinger, 1987). Jocurile au obiective și reguli prin care jucătorii sunt ghidați către acele obiective. Obiectivul poate fi atrăgător sau să aibă un scop. Un joc bine proiectat produce un joc semnificativ, o condiție asemănătoare învățării (Salen & Zimmerman, 2003). Acești autori definesc joc semnificativ (“meaningful play”) “ceea ce se întâmplă când relațiile dintre acțiuni și rezultate într-un joc sunt ambele ușor de discernut și integrate în contextul mai larg al jocului”. Când proiectarea jocului se focalizează pe rezultatele învățării, atunci, menținând capacitatea de joacă, este posibilă învățarea serioasă.

Karl Kapp (Kapp, 2007) consideră că cea mai mare provocare este transferul de cunoștințe de la categoria pe care o denumește “boomers” la cea a “gamer-ilor”, și sugerează că aceștia din urmă învață diferit. De aceea, stilul vechi de învățare nu se poate menține în acest nou mediu dependent de tehnologie.

Boomers reprezintă generația născută după al 2-lea război mondial, aproximativ între 1946 și 1960. *Un gamer* a crescut în generația influențată de jocuri video și tehnologie.

Conform Prensky (2001) și Kapp (2007) cele 2 categorii au moduri diferite de învățare, sintetizate în Tabelul 4.1.

Tabel 4.1 Comparatia între generații în ceea ce privește GBL

Percepția	La utilizatorii tradiționali	La utilizatorii “jucători”
Cunoștințelor	Structurate (cărți, memo, etc)	Nestructurat (instant messaging, blog, email)
Structurii organizaționale	Structura ierarhică bazată pe echipe de lucru	Pe nivele de joc, egalitate
Canalelor de comunicație	Formale (telefon, prin prezență fizică)	Informală (instant messaging, email, mesaje text)
Aplicațiilor software	Interfața și informația sunt separate	Informația reprezintă interfața
Avansului în carieră	Creștere lentă	Creștere rapidă
Mediului de învățare	În clasă	E-learning
Aplicațiilor divertisment	Opționale	Esențiale
Jocurilor video	Distrație, pierdere de timp	Mod de viață
Procesării informației	Liniară	Multitasking
Nivelului de confort cu tehnologia	“Imigrant digital”	“Nativ digital”

Există numeroase cercetări referitoare la eficiența jocurilor online ca instrumente de învățare; Dondlinger, 1987; Malone & Lepper, 1987; Prensky, 2001; Garris, Ahlers & Driskell, 2002; Gee, 2003; Dickey, 2005; Schaffer, 2006; de Freitas, 2006; Derryberry, 2007; Kapp, 2007; Amory, 2007; Egenfeldt-Nielsen & Smith, 2007; Järvinen, 2008; Anderson & Bavelier, 2011; Oliver, 2011; Squire, 2011.

Framework-ul propus de de Freitas & Oliver (2006) este utilizat într-un concept de joc mobil cu realitate augmentată în [STEF, 2013/1].

2.21 ANALITICA ÎNVĂȚĂRII (LEARNING ANALYTICS)

Learning Analytics (LA) se referă la utilizarea unui volum semnificativ de date pentru analize statistice, modelări predictive, în scopul de a descoperi informații utile despre un proces.

Definiția dată de Horizon Report 2012:

“Learning analytics (LA) is the measurement, collection, analysis and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs. Learning analytics are largely concerned with improving learner success.” (HR 2012).

Learning Analytics utilizează aceste metode pentru a îmbunătăți performanța studentului în cadrul proceselor educaționale, respectiv capacitatea studentului de a învăța.

Educause Learning Initiative (Educause, 2015) definește LA as *“the use of data and models to predict student progress and performance, and the ability to act on that information”*.

Horizon Report 2012 (HR, 2012) afirmă că Learning Analytics este un domeniu care va deveni tot mai important legat de calitatea sistemelor de învățare, și se referă la analiza volumului mare de informații legate de studenți care să permita organizațiilor de învățământ să

aibă o opinie informată despre experiența de învățare a studenților, prin observarea unor pattern-uri în date complexe.

În edițiile recente, HR 2014, HR 2015, LA este listată ca o tehnologie educațională prioritară. LA a fost explorată în cadrul cercetării prezente și într-o propunere de articol [STEF,2015/4].

2.22 CONTINUTUL EDUCAȚIONAL DIGITAL

Conținutul educațional se supune proprietății intelectuale. În prezent există o multitudine de resurse educaționale digitale.

Resurse Educaționale Deschise (OER) (Downes, 2011), definite ca "resurse educaționale licențiate în mod deschis" (OER, 2015), reprezintă o aplicare a licenței *Creative Commons* (CREATIVE COMMONS, 2015) aplicată la resursele educaționale - ("curriculum, planuri de lecție, teste, module de instruire, simulări, etc."), care pot fi distribuite liber pentru "utilizarea, reutilizarea, adaptare și partajare" (Wiki Educator, 2015).

CAPITOLUL 3

3. TEHNOLOGII SPECIFICE SISTEMELOR DE E-LEARNING TRADIȚIONALE

Sistemele virtuale se înrudesc 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; d) LSS - Learning Support System (LSS); e) OLC - Online Learning Centre (OLC); f) platforme de învățământ - Learning Platform (LP), educație prin comunicații mediate de calculator (CMC), sau educație online (Costa și Aparicio, 2011).

Componentele unui mediu virtual de învățare (VLE) sunt:

- Curricula cursului;
- Informații administrative despre curs;
- Informații despre cursul curent;
- Conținutul de bază al unor cursuri; cursuri complete pentru aplicațiile de distance learning, sau o parte din ele dacă sunt utilizate în paralel cu cursurile convenționale. Acestea includ materiale sub formă de copii ale lecțiilor în formă de text, audio, sau video, și prezentări vizuale;
- Resurse suplimentare, fie integrate fie ca link-uri, care reprezintă de obicei lecturi suplimentare;
- Chestionare de auto-evaluare cu notare automată;
- Funcții de evaluare formală, cum ar fi examinări, încărcări de eseuri, sau prezentări de proiecte; Acestea includ componente care asistă evaluarea de către un consorțiu (peer assessment);
- Suport pentru comunicații, incluzând e-mail, discuții, chat, twitter sau alte medii, uneori cu un instructor sau asistent ca moderator. Elemente suplimentare pot include enciclopedii (wiki), blog-uri, feed-uri RSS și spații virtuale de învățare 3D;
- Managementul drepturilor de acces pentru instructori, asistenți, alt personal și student;
- Documentație și statistici necesare pentru administrație instituțională și controlul calității;
- Instrumente de authoring pentru crearea de documente necesare pentru instructori și pentru upload de documente de către studenți;
- Furnizarea de hyperlink-uri necesare pentru a crea prezentări unitare pentru studenți.

3.1 SISTEME DE MANAGEMENT AL ÎNVĂȚĂRII

Sistemele de management al învățării sunt sisteme virtuale de învățare (VLE). Cele mai cunoscute sunt Moodle, Sakai (open source), Canvas, Desire2Learn, Saba, Blackboard/WebCT, Microsoft Share Point (comerciale). Dintre acestea, Blackboard este o aplicație comercială care

reprezintă un model învechit și nu se focalizează pe aspectele de comunitate ale sistemelor de e-Learning.

Learning Management Systems (LMS) sunt sisteme software pentru furnizarea, urmărirea și gestiunea procesului de învățare. LMS permit urmărirea **evoluției studentului și învățarea colaborativă**.

Serviciile oferite de LMS cuprind: sisteme pentru gestiunea învățării; software pentru distribuția de cursuri pe internet; colaborare online; self-service (auto-înregistrarea la cursurile cu profesor), workflow al training-ului (notificarea utilizatorilor, aprobarea managerului, gestiunea listelor de așteptare, furnizarea de on-line learning, evaluare on-line); managementul educației profesionale continue; gestiunea resurselor (profesori, facilități, echipamente).

Unele LMS includ sisteme de gestiune a performanței, care cuprind evaluarea angajaților, gestiunea competențelor, analiza capacităților și a nevoilor de instruire, s.a.

Un VLE utilizat de universități și colegii permit instructorilor să-și gestioneze cursurile și să facă schimb de informații cu studenți în cadrul unui curs care poate dura câteva săptămâni. Într-o corporație un curs durează mai puțin și este realizat în cadrul unui singur eveniment de instrucție cu profesor sau o sesiune online.

Secvența de învățare (*learning pathway*) este descrisă ca o rută aleasă de către persoana care învață prin intermediul unui grup de activități de învățare, care îi permit acesteia să construiască progresiv cunoașterea. Cu aceste secvențe, controlul alegerii se deplasează **de la instructor la student**. În cazul sistemului Moodle, o secvență de învățare cuprinde diverse **activități** în cadrul unui **curs** și mai multe **resurse** (texte, imagini, video).

Implementări de LMS în diverse domenii : Popescu (2013), Barbieru (2014).

3.2 SISTEME DE MANAGEMENT AL CONȚINUTULUI EDUCAȚIONAL

Un sistem de tip *learning content management system* (LCMS) este un software pentru conținut creat (cursuri, obiecte reutilizabile de conținut). Un sistem de tip LCMS poate fi dedicat pentru producerea și publicarea de conținut care este găzduit pe un LMS, sau poate el însuși să-l găzduiască.

Un sistem LCMS este o tehnologie înrudită cu sistemele LMS prin aceea că sunt focalizate pe dezvoltarea, gestiunea și publicarea de conținut care va fi furnizat în mod tipic via un LMS. Un sistem LCMS este un mediu multi-utilizator în care dezvoltatorii pot crea, stoca, reutiliza, gestiona și furniza conținut digital de learning dintr-un depozit central de obiecte.

3.3 COMPARATIE INTRE SISTEME LMS CU SISTEME LCMS

LMS este un software pentru planificare, furnizarea și gestiunea evenimentelor de învățare în cadrul unei organizații, incluzând clasele online virtual și cursurile bazate pe instructor. De exemplu, un LMS poate simplifica eforturile globale de certificare, rolul principal fiind acela de a gestiona studenți, de a ține evidența progresului și a performanțelor lor în cadrul tuturor activităților de training. Realizează task-uri administrative, cum ar fi predarea către instructori, elemente de HR și ERP dar nu este utilizat pentru crearea de conținut.

Un sistem LCMS este un software pentru gestiunea conținutului de învățare în cadrul diferitelor domenii de dezvoltare ale unei organizații. Oferă dezvoltatorilor, autorilor, designerilor instrucionalii mijloace pentru crearea și reutilizarea conținutului de e-Learning și reducerea duplicării efortului de dezvoltare.

LMCS nu oferă suport pentru dezvoltarea întregului curs și adaptarea la audiențe multiple, dar oferă posibilitatea modificării unei singure instanțe de curs și republicarea pentru diverse audiențe, întreținere versiuni și istoric. Obiectele stocate în depozite centralizate pot fi accesate de dezvoltatori și experți de conținut la nivelul întregii organizații pentru potențiala reutilizare.

Un LMS este centrat pe nevoile studentului. Se focalizează pe gestiunea procesului de e-Learning și pe furnizare de conținut. Un LCMS este centrat pe conținut, pe authoring și management al conținutului de e-Learning reutilizabil.

3.4 STANDARDE SI REUTILIZAREA CONTINUTULUI IN SISTEMELE DE E-LEARNING

Learning Objects, respectiv obiectele de învățare, sunt module auto-conținute, etichetate în mod adecvat cu cuvinte cheie, sau alte metadata, de obicei stocate în fișiere XML.

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*).

SCORM (SCORM, 2015) este o colecție de standarde și specificații pentru e-Learning bazat pe tehnologii web. Definește comunicația dintre conținutul de pe client și sistemul host de timp real, care este de obicei suportat de un sistem de tip LMS. SCORM definește de asemenea modul în care un conținut poate fi împachetat în formate transferabile de tip ZIP (*Package Interchange Format*).

SCORM este o specificație a inițiativei *Advanced Distributed Learning* (ADL), elaborată în SUA de biroul *United States Secretary of Defense*.

LOM (LOM, 2015) este un model de date, codat în XML, utilizat pentru descrierea unui obiect didactic (*learning object*) și a unor resurse digitale similare utilizate în procesul de e-Learning. Scopul metadatelor obiectelor didactice este de a asigura reutilizabilitatea obiectelor didactice, să ajute la descoperirea lor, să faciliteze descoperirea lor, de obicei în contextul sistemelor online de management (LMS).

Standardul IEEE 1484.12.1 – 2002 pentru Learning Object Metadata este un standard internațional deschis (publicat de IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association, New York) pentru descrierea obiectelor didactice. Exemple de atribute relevante ale obiectelor didactice: tip de obiect; autor; posesor; termeni de distribuție; format; atribute pedagogice, cum ar fi stilul de predare sau de interacțiune.

Mai există standarde pentru partajarea de conținut, cum ar fi cele definite de **IMS Global Consortium**. **IMS Learning Design** (IMS LD) este o specificație pentru un meta-limbaj care permite modelarea unor procese de învățare. Specificația este întreținută de IMS Global Learning Consortium (IMS, 2015).

Specificația este o metodă pentru descrierea de strategii de învățare (modele pedagogice) și obiective educaționale. Limbajul este reprezentat în XML, putând fi prelucrat automat. Este necesar un instrument care să cunoască IMS LD pentru a pune în funcțiune un modul de învățare.

3.5 PLATFORME EXISTENTE PENTRU IMPLEMENTAREA SISTEMELOR ONLINE DE E-LEARNING

Blackboard Learning System este un sistem virtual de învățare (VLE) și un sistem de management de cursuri dezvoltat de Blackboard Inc. Este o platformă web de tip server. Caracteristici: gestiune cursuri, arhitectură deschisă personalizabilă, design scalabil care permite integrarea cu sistemele de informații ale studenților și cu protocoalele de autentificare. Poate fi instalat pe servere locale sau găzduit de Blackboard ASP Solutions. Scopul este de a adăuga elemente online la cursurile tradiționale face-to-face și de a dezvolta cursuri online complete cu câteva sau cu nicio întâlnire face-to-face. BlackBoard este sistemul dominant în SUA pentru instrumente de e-Learning în învățământul superior, având ca principal rival sistemul Moodle.

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) este o platformă software de e-Learning open-source cu rol de Course Management System, LMS sau VLE. Din decembrie 2011 are o bază de 72 177 site-uri înregistrate și verificate. Filozofia Moodle include o *abordare educațională constructivistă și social-construcționista* (Moodle, 2015), în sensul că și studenții, nu numai profesorii, pot contribui la experiența educațională. Utilizând aceste principii pedagogice, Moodle oferă un mediu flexibil pentru comunitățile de e-Learning.

Sakai Project este tot un sistem open-source, online, gratuit, pentru gestiune de cursuri, dezvoltat de Universitatea din Michigan. Suportă distribuția online de documente, discuții, live chats, upload de proiect pentru acasă, testare online.

Microsoft Learning Gateway (MLG) este un framework web pentru colaborare, comunicare și furnizare de conținut pentru educație. MLG 2007 este construit pe Microsoft Office SharePoint Server (MOSS) 2007.

3.1 ANALIZA CRITICA A SISTEMELOR LMS

Una din problemele raportate de utilizatori, conform UpsideLearning (2012), este legată de ușurința de utilizare a LMS. Sistemele LMS sunt instrumente relativ dificil de administrat. De asemenea, s-au raportat probleme legate de programele efective de învățare precum și probleme de IT, cum ar fi lărgimea de bandă. Nu oferă programe “holistice” de antrenare. Nu pot încorpora și măsura cursuri care se afla în depozite externe de conținut. În prezent, platformele LMS au nevoie să se conecteze și la alte sisteme de management de conținut, inclusiv căutări agregate (căutări comprehensive de informații, dashboards), precum și căi de învățare personalizate. Aceasta este extrem de important; conținutul trebuie să fie personalizat astfel încât să se adapteze la diferite persoane, inclusiv din zone diferite geografic.

Sistemele LMS au capacități limitate de măsurare și raportare.

3.2 CONCLUZII

Cercetarea sistemelor de e-Learning tradiționale (online, 2D) a indicat un stadiu tehnologic dezvoltat și o diversitate de tipuri de sisteme. Implementările nu sunt însă generalizate ca practică, mai ales în Europa, unde sistemele de e-Learning se prezintă mai ales sub formă de conținut încărcat în site-uri web. Standardele, în special de conținut, facilitează legătura între sisteme hibride, din institute sau țări diferite.

CAPITOLUL 4

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

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 la definiția originală filozofică, termenul virtual este utilizat 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 (**multimodala**): vizuală, auditivă, tactilă sau olfactivă.

4.1 SISTEME DE REALITATE VIRTUALA

Realitatea Virtuală (*Virtual Reality* – VR) a apărut ca un domeniu distinct de interfețe și aplicații computerizate în 1980. Istoria VR este legată de realizarea simulatoarelor computerizate de zbor.

Morton Heilig (Heilig, 2008), cu sistemul multimodal Sensorama, creat în 1956 (Rheingold, 1992), 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. Lucrările lui Sutherland au oferit fundamentul pentru apariția realității virtuale în 1980, când termenul de "virtual reality" a fost creat și popularizat de Jaron Lanier (McLellan, 2001; Craig, Sherman & Will, 2009).

4.1.1 Definiții

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, există în literatură numeroase definiții, care subliniază aceste aspecte diferite.

Definiții care subliniază aspectele funcționale:

Fallman (1999): O definiție general acceptată este că VR este “un sistem în care o persoană este imersată într-un mediu generat de calculator, care are sau nu similarități cu mediul real”.

Vlada & Popovici (2004) definesc realitatea virtuală ca “un sistem de concepte, metode și tehnici care se utilizează la elaborarea și construirea de produse software în scopul utilizării lor prin intermediul unor sisteme de calcul moderne (*calculatoare și echipamente specializate*)”.

Moldoveanu et al. (2009): “o aplicație de realitate virtuală (spațiu virtual 3D) este o aplicație software care îmbină elemente informaționale și interacțiuni utilizator bogate și complexe, definitorie fiind tentativa de imersiune într-o lume reprezentată cu ajutorul elementelor avansate de grafică 3D”.

Craig, Sherman & Will (2009): “un mediu compus din simulări interactive pe calculator care preiau pozițiile și acțiunile participantului, care furnizează un feedback sintetic pentru unul sau mai multe din simțurile participantului, dând impresia acestuia de a fi imersat sau prezent în simulare.” Stimulii artificiali sunt în primul rând de natură vizuală, și în al doilea rând, aurală. Alți stimuli se referă la senzații ale pielii sau de forță de reacție, care sunt denumite generic

simțuri haptice. Mai puțin obișnuite sunt cele vestibulare (echilibru), olfactive (miros) sau gustative (gust).

Craig, Sherman & Will (2009): "VR este o simulare a unui mediu care permite unei persoane să experimenteze locuri și acțiuni, altele decât cele din realitate sau neaccesibile în realitate".

O definiție care subliniază aspectele tehnologice, care diferențiază VR de alte tehnologii, este existența cel puțin a unui echipament stereoscopic de vizualizare montat pe cap - HMD - Head Mounted Display și mănuși de interacțiune cu mediul, prin urmărirea mișcării mâinii.

Definiții care subliniază aspectele psihologice

McLellan (2001) dă o definiție complexă, care cuprinde toate aspectele de mai sus: VR poate fi definită ca "o clasă de tehnologii de comunicație multisenzorială controlată de calculator, care permit interacțiuni mai intuitive cu datele și implica simturile umane în noi moduri". Ceea ce diferențiază VR de alte tipuri de aplicații pe computer este senzația de prezență sau de imersiune. VR implica un grad de interactivitate mult mai mare decât în aplicațiile multimedia tradiționale. Într-o lume virtuală perfectă este permis accesul oriunde și explorarea din orice unghi de vedere.

Vlada & Popovici (2004) afirmă ca "în realitatea virtuală calculatorul și echipamentele specializate modifică modul în care omul percepe realitatea din mediul natural, prin simularea/modelarea unei alte realități".

4.1.2 Conceptele VR

În *The Metaphysics of Virtual Reality* (Heim, 1993), sunt identificate următoarele concepte ale realității virtuale: **simulare, interacțiune, artificialitate, imersiune, teleprezență, imersiune totală (cu întregul corp), comunicații prin rețea.**

Alți cercetători, de ex. Burdea & Coiffet (2003) consideră că teleprezența nu este o caracteristică a VR, ci a teleroboticii, și definesc VR ca interfața utilizator de înaltă tehnicitate, care implică simulare și interactivitate în timp real prin multiple canale senzoriale: vizual, auditiv, tactil, miros, gust. Autorii consideră că VR are trei caracteristici: *imersiune; interacțiune; imaginație*, respectiv capacitatea minții de a percepe lucruri inexistente.

Realitatea virtuală utilizează reprezentări grafice 3D, cu care utilizatorul este într-o "interacțiune permanentă" (Vlada & Popovici, 2004). VR este "o simulare generată de calculator a unui *mediu tridimensional*, în care utilizatorul este capabil să vizualizeze și să manipuleze conținutul acestui mediu". Spre deosebire de alte tehnologii, cum ar fi *multimedia*, care este bidimensională și utilizează imagini conform unui scenariu predefinit, realitatea virtuală este *tridimensională*, mult mai flexibilă și intens interactivă, și realizată prin utilizarea de hardware și software multimedia. Utilizatorul *unui sistem virtual* are libertatea de a explora lumea creată de calculator și de a interacționa direct cu ea (Vlada & Popovici, 2004).

Thalmann (1999) afirmă că **imersiunea** este un element cheie în sistemele VR fiind "centrala paradigmei în care *utilizatorul devine parte a mediului* simulat, și nu mediul simulat să fie o caracteristică a lumii proprii. Primul sistem VR imersiv au fost simulatoarele de zbor, imersiunea fiind realizată printr-o "subtilă mixare de echipamente hardware și imagistica virtuală". **Imersiunea** este o stare în care "conștientizarea propriei persoane este diminuată sau pierdută prin pătrunderea într-un mediu total acaparant, de multe ori artificial". Această stare mentală este frecvent acompaniată de un "excesiv simț spațial, focalizare intensă, un simț distorsionat al timpului, acțiuni fără efort".

Condiția de realizare a imersiunii, este de a avea suficiente informații de la senzori, în mod tipic vizuali. De exemplu, un echipament montat pe cap cu câmp vizual mare (FOV),

stereoscopic, cu rezoluție mare și un echipament de urmărire a mișcării capului. Un grad sporit de imersiune este creat cu echipamente de urmărire a mișcării corpului, reprezentări ale corpului, creșterea vitezei de răspuns a sistemului față de mișcările corpului.

Un sistem de VR trebuie să ofere senzația de **prezență** a participantului în mediul simulat. Iluzia de prezență într-un mediu VR este creată prin utilizarea unor elemente vizuale mai mari decât câmpul vizual, sunet 3-D, mișcare controlată de calculator.

Teleprezența se referă la tehnologii care permit unei persoane senzația aparentă de prezență, sau de acționare în alt loc, diferit de cel real. Teleprezența necesită ca utilizatorul să primească stimuli care să-i dea impresia că se află în acea locație. În plus, utilizatorii pot avea și capacitatea de a acționa de la distanță, caz în care poziția utilizatorului, mișcările, acțiunile, vocea, etc. trebuie captate și transmise și duplicate în locația aflată la distanță pentru a face simțit acel efect. Informația trebuie să circule în ambele direcții între utilizator și locația distanță.

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 VE interacționează cu mediul și prin intermediul calculatorului, prin controale fizice, cum ar fi butoane, marcaje, joystick, etc. sau virtuale (menu-uri). Există aplicații care utilizează platforme de tip bandă de alergat pentru a permite și simula experiența de mișcare spațiul virtual.

Deoarece **utilizatorul** unui sistem VR este direct implicat, participant în experiența complexă a unui sistem VR, putem considera că face parte constitutivă dintr-un sistem VR. Acesta este prezent fie printr-o imagine a sa, fie printr-o reprezentare grafică, denumite în ambele cazuri *avatar*. Având în vedere ca omul acționează într-un spațiu 3D, VR utilizează aplicații cu grafica 3D de înaltă calitate, intens interactive, bazate pe interfețe om-mașină sofisticate.

4.1.3 Tipuri de sisteme de VR

Unii autori consideră ca există 4 tipuri de sisteme de realitate virtuală: (1) sisteme VR imersive; (2) sisteme VR desktop VR (3) sisteme VR proiective; (4) sisteme VR de simulare (McLellan, 2001).

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*).

Tipurile de RV larg acceptate sunt:

- **Sisteme VR desktop** - sunt sisteme VR ieftine și la îndemâna utilizatorului obișnuit, care constau dintr-un calculator standard și un mediu 3D. În acest tip de VR, utilizatorului îi lipsește complet senzația de imersiune pe partea utilizatorului, interacțiunea fiind prin intermediul unor dispozitive de tip mouse. Experiența de vizualizare este din ***perspectiva "first-person"***, utilizând o noțiune din jocurile pe calculator.

- **Sisteme VR semi-imersive** - care încearcă să ofere o ușoară senzație de imersare într-un mediu virtual; permit utilizatorilor să vadă atât lumea virtuală cât și pe cea reală.

- **Sisteme imersive** - care constau din unități de afișare montate pe cap, care permit utilizatorilor o izolare completă de mediul fizic exterior. Un astfel de sistem este **CAVE** (dezvoltat de *Electronic Visualization Laboratory* la Universitatea din Illinois). Constă dintr-o cameră în care pe pereții înconjurători se proiectează imagini, creându-se o senzație de imersiune. Acestea sunt sistemele VR care respectă definiția conceptuală și cele mai utile din multe puncte de vedere. Prin capacitatea de a elimina orice interferență cu lumea exterioară permit utilizatorului să se focalizeze complet pe mediul virtual. Experiența de vizualizare este din ***perspectiva "first-person"***.

Mirror World sau lumi în oglindă (*realități proiectate*) oferă o *experiență de tip “second-person”* în care utilizatorul stă înafara lumii imaginare dar comunică cu persoane sau obiecte din interiorul ei. Sistemele Mirror World utilizează o camera video ca dispozitiv de intrare. Utilizatorii văd imaginile proprii suprapuse sau combinate cu lumea virtuală prezentată pe un monitor de dimensiuni mari sau prin video-proiecție. Calculatorul procesează imaginile utilizatorului pentru a extrage caracteristici cum ar fi poziția lor, mișcarea sau numărul de degete ridicate. Aceste sisteme sunt mai puțin scumpe decât cele total imersive, iar utilizatorii nu trebuie să poarte echipamente sofisticate, cum ar fi HMD, mănuși s.a.

Realitatea augmentată sau realitatea îmbogățită (AR) oferă utilizatorului o altă vizualizare asupra lumii reale, dar în acest caz, locația este cea curentă în care se află utilizatorul. Utilizând tehnologii similare celor din VR, realitatea augmentată suprapune informații virtuale peste informațiile senzoriale percepute în mod natural din realitatea fizică. Ca și în cazul VR, simțul vizual este cel augmentat, permitând de ex. vederea prin obiecte etc.

Având caracteristica de a “transcende timpul și spațiul” (Craig, Sherman & Will, 2009), sistemele VR sunt indicate pentru colaborare. Sistemele VR permit o colaborare într-un mediu 3D, cu obiecte 3D, manipulabile. Colaborarea angajează în general **simțurile vizual și auditiv**, care reprezintă componentele cele mai evolute ale sistemelor VR.

4.1.4 Tipuri de aplicații VR

În general sistemele VR pot fi utilizate în orice aplicație care implică utilizarea calculatorului. O aplicație VR "candidat" este aceea care poate beneficia de prezentarea informației în 3D, cu controale de intrare. Sunt incluse și aplicațiile care utilizează date multidimensionale și care pot fi reprezentate în 3D (Craig, Sherman & Will 2009).

O aplicație VR se sprijină pe un model 3D, fie acesta al lumii reale sau al unor obiecte pe care le include. Beneficiile utilizării VR pot deriva în situațiile în care un model computerizat poate fi realizat cu mai puține resurse sau mai precis decât unul fizic.

Gama de utilizări tipice: a) Prototipizare virtuală (ex.: industrie, procese CAD/CAM); b) telerobotică c) explorări arhitecturale; d) vizualizări sofisticate (de ex. micro-universuri atomice); e) antrenare (ex. industrie, medicină); g) aplicații culturale (muzee, arheologie).

Vlada & Popovici (2004) realizează o clasificare a celor mai importante tipuri de aplicații de realitate virtuale.

4.1.5 Sistemele VR colaborative

Sistemele VR colaborative permit partajarea spațiului fizic sau virtual, prin dialog sincron sau asincron. Sistemele CAVE permit partajarea spațiului fizic, participanții putând vedea simultan acțiunile celorlalți. Partajarea spațiului virtual este realizabilă prin intermediul rețelelor de calculatoare, permițând lucrul colaborativ al unor persoane aflate la mari distanțe unele de altele. Aceste sisteme mai sunt denumite și medii *colaborative în rețea*. În aceste sisteme se practică reprezentarea participanților prin “entități virtuale” denumite avataruri, care pot fi o reprezentare realistă sau una abstractă. Aceasta permite colaborarea prin *mesaje non-verbale*, de exemplu, indicarea sau privirea într-o anumită direcție, ridicarea mâinii, etc.

Sistemele care se bazează pe colaborare umană trebuie să ofere un realism comportamental. Ele intră în categoria sistemelor cooperative de lucru (*Computer Supported Cooperative Work – CSCW*). Trebuie să ofere o interfață confortabilă pentru comunicația gesturală, să ofere suport pentru conștientizarea prezenței altor utilizatori în mediu, să ofere mecanisme pentru diferite moduri de interacțiune (sincronă vs. asincronă, permițând munca în

diferite momente de timp în același mediu), mecanisme pentru vizualizari, partajare și protecție de date.

VR oferă un mecanism puternic pentru sistemele conectate de tip CSCW prin natura sa de a pune în evidență prezența utilizatorilor într-un mediu VR.

4.1.6 Medii de dezvoltare a sistemelor VR

Componentele necesare dezvoltării unui sistem VR sunt:

Software de simulare pentru a trata legile naturale care guvernează lumea reală. În general trebuie să trateze în mod obligatoriu coliziunea (*collision detection*), dar pot simula și efecte cum ar fi gravitația, sau să aplice reguli specifice unor obiecte. Simulări avansate fac uz de descrieri matematice ale fizicii reale. Conceptul de fizică a lumii virtuale se aplică și mediilor multi-utilizator.

Într-un sistem de realitate virtuală nu este o cerință să se urmeze legile din lumea reală, este deci posibil să se atașeze obiectelor comportamente excepționale. De exemplu, o viziune de tip raze X, de a vedea prin obiecte, sau structuri interne, sau să ridice obiecte grele fără efort.

Bibliotecile de funcții de redare trebuie să convertească datele din baza de date în experiența participantului, ținând cont de simțurile care trebuie să primească informații. Sunt biblioteci de grafică, dar și audio sau haptice.

Bibliotecile grafice realizează atât funcții de bază de redare a unei scene, cât și funcții avansate, cum ar fi iluminări sau texturi fotografice pentru a crea realism. Pot suporta funcții avansate de tratare ierarhică a obiectelor, cum ar fi grafuri de scene, sau detecția coliziunilor.

Bibliotecile de funcții VR trebuie să asigure ieșirile corespunzătoare poziției curente și acțiunilor utilizatorului. Trebuie să se interfațeze cu toate sistemele de intrare și de ieșire și să răspundă în timp real.

Alte aplicații software necesare pentru realizarea unui sistem VR sunt cele de modelare 3D, editare de sunet, procesare de imagini pentru hărțile de texturi.

Evoluția mediilor de dezvoltare pentru aplicații VR este ilustrată în Fig. 4.1.

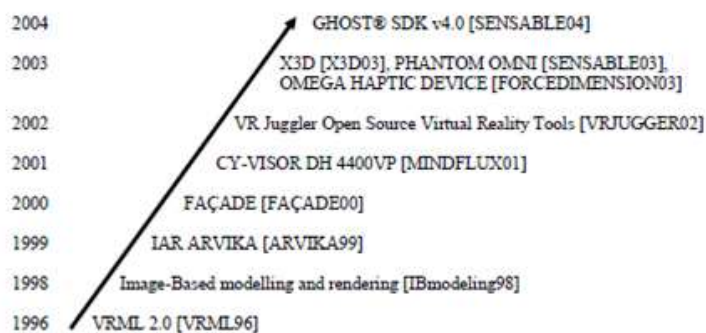


Figura 4.1 Axa evoluției sistemelor de dezvoltare a sistemelor VR (Jimeno, 2007)

4.1.6.1 Virtual World Framework

Virtual World framework (VW Framework, 2015) dezvoltat de Sense8 Corporation, oferă un mediu complet de dezvoltare a unui sistem de realitate virtuală. Biblioteca constă din peste 1000 funcții C/C++ de nivel înalt, organizate în peste 20 de clase, cum ar fi *universe*

(gestionează simulare și conține toate obiectele), *geometrical objects, viewpoints sensors, paths, illuminations*. Este o bibliotecă proprietară.

4.1.6.2 Minimal Reality Toolkit

Minimal Reality Toolkit (MR Toolkit, 2015) dezvoltat la University of Alberta. Se prezintă sub forma unei biblioteci de funcții care suportă dezvoltarea de aplicații VR. Suportă diferite dispozitive de urmărire, un mediu distribuit, performanțe bune de interacțiune în timp real și instrumente de analiză. Conține 3 nivele de software: un nivel coborât de pachete dependente de dispozitiv; al doilea constă din funcții care convertesc datele primare obținute de la dispozitive în formatul necesar interfeței grafice, precum și funcții de transfer de date între stații de lucru; al treilea constă în funcții de nivel înalt, care permit dezvoltarea interfeței utilizator.

4.1.6.3 HECTOR

HECTOR este un framework de dezvoltare pentru VR, open source, bazat pe scripting, distribuit, independent de sisteme hardware, realizat de University of British Columbia, Ceetron GmbH și Bauhaus-Universität Weimar.

Este scris în PYTHON și utilizează câteva biblioteci C++ de înaltă performanță. Extensiile framework-ului pot fi rapid prototipizate la runtime.

A fost testat cu succes cu diferite aplicații distribuite (Wetzstein et.al., 2001). Modulele HECTOR individuale sunt thread-uri care implementează funcționalități pentru redare 3D, sinteză sunet 3D, distribuție evenimente, simulare fizică și management intrări dispozitive. Majoritatea modulelor utilizează biblioteci existente, ca OpenGL Performer, OpenScene-Graph, Open Dynamics Engine sau Spread. Implementarea unui anumit modul se specifică într-un script de configurare în funcție de sistemul de operare utilizat.

4.1.6.4 VR Juggler

Proiectul VR Juggler (VR Juggler, 2015) a fost lansat în 1997 la Iowa State University's Virtual Reality Applications Center.

4.1.6.5 InstantReality

Un framework modern este InstantReality (InstantReality, 2015), realizat de Insitute for Computer Graphics, Fraunhofer IDG, Germania. Permite dezvoltarea de aplicații Mixed Reality, respectiv de realitate virtuală și de realitate augmentată. Permite redare realistă, interacțiune om-mașină 3D, tracking, tehnologii de afișare imersive, utilizând standarde și tehnologii deschise (VRML, X3D).

4.1.6.6 Virtual World Toolkit

Este un toolkit de VR (VW Toolkit, 2015) care suportă Oculus Rift "Direct Mode" și alte echipamente de tip tracker, HMD și ecrane 3D.

4.1.6.7 DIVE

DIVE (*Distributed Interactive Virtual Environment*) (DIVE, 2015) de la Swedish Institute of Computer Science. Oferă un toolkit pentru construirea de aplicații VR distribuite într-o rețea eterogena. DIVE utilizează comunicații peer-to-peer pentru a implementa medii VR partajate. Mediul de run-time DIVE constă dintr-un set de procese de comunicații, care rulează pe noduri distribuite în cadrul unor rețele LAN sau WAN. Procesele, reprezentând fie utilizatori umani fie aplicații autonome, au acces la un număr de baze de date, pe care le actualizează în mod

concurrent. Fiecare bază de date conține un număr de descrieri abstracte de obiecte grafice care constituie un mediu virtual. Fiecare lume are asociat un grup de procesare, constituit din toate procesele care sunt membre ale acelei lumi. Pentru comunicații în interiorul unui grup de procesare sunt utilizate protocoale multicast.

4.1.7 VR și paradigmele de învățare

Tehnologiile realității virtuale asigură suport pentru înțelegerea noțiunilor complexe sau abstracte, recunoaștere de pattern-uri, modele dificile, fenomene intangibile, procese intelectuale, prin stimularea simțurilor cognitive. De aceea, se afirmă că tehnologia VR asigură o mediere a înțelegerii, asigurând suport pentru învățarea *experiențială*. În condițiile în care în prezent informația care ne parvine este 2D, prin VR se pot simula medii 3D.

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). Beneficiile sunt posibilitatea de mărire sau micșorare a obiectelor, unele dintre ele care nici nu sunt disponibile în viața reală (de ex. nivelul radiației). De multe ori nu există analogii cu lumea reală.

VR intermediază *învățarea perceptivă*: vizuală, auditivă, haptică; *învățarea prin experiență*, înțelegere intuitivă. VR facilitează noi moduri de experiențe de învățare care sunt perceptuale în natură, și care permit studenților să fie imersați vizual, auditiv și haptic într-un fenomen. De aceea utilizarea mediilor VR conduce la un *volum implicit* de cunoștințe, greu de evaluat.

VR poate suporta proiecte și discuții de grup, excursii tematice, simulări, vizualizare de concepte, toate strategii instrucționale de succes pentru învățarea *socială și colaborativă*.

4.1.8 Aplicații VR educaționale

Cu toate că este o tehnologie matură, există puține exemple de aplicații VR din domeniul educațional care să fie explicit utilizate pentru a îmbunătăți procesul învățării. Aceasta deoarece cercetările și dezvoltările din acest domeniu s-au concentrat în domeniul cercetărilor militare și explorărilor spațiale, unde este importantă cunoașterea secvențelor de comenzi iar necesitatea înțelegerii este secundară. Altă cauză o reprezintă costurile asociate realizării unei aplicații VR.

Implementări educaționale sunt descrise în Craig & Sherman (2009).

ExploreNet de la University of Central Florida, mediu virtual 2-D conectat în rețea pentru educația publică. Este conceput ca un joc cu roluri (role-playing game). Studenții trebuie să colaboreze pentru a rezolva diferite probleme matematice care apar în tipul completării unui “quest”. Fiecare participant are o figură animată pe ecran, care este partajată în lumea virtuală în rețea.

NPSNET, Naval Postgraduate School în Monterey, realizat de Zyda et al. (2005). Utilizează o abordare bazată pe obiecte și evenimente pentru a crea lumi virtuale distribuite, interactive pentru simulare câmp de luptă și antrenare. Lumile virtuale constau din obiecte care interacționează unele cu altele prin distribuția unei serii de evenimente. Pentru minimizarea prelucrărilor de comunicație și a cerințelor de bandă, obiectele transmit numai modificări în comportamentul lor. Pozițiile unui obiect distant se actualizează periodic sau se extrapolează din ultimele stări raportate de acele obiecte. NPSNET este utilizat pentru simularea de lumi în aer, pământ, apă, sau vehicul virtual, ca și de subiecți umani. Dispozitivele standard pentru interfața pentru navigație includ un sistem de control de zbor, un SpaceBall, eventual tastatură. Sistemul modelează mișcarea pe suprafață (pământ/apă), subacvatic și în atmosferă. Alte

entități din simulare sunt controlate de utilizatori de pe alte stații de lucru, care pot fi participanți umani, entități autonome bazate pe reguli, sau entități cu comportament definit prin scripturi. VR este populat nu numai cu persoane și vehicule, dar și alte obiecte statice și dinamice care pot produce miscari și efecte audio/vizuale. NPSNET a creat un mediu VR interconectat eficient pe scară largă, prin utilizarea rețelelor și a calculatoarelor de uz general și protocoale standard de comunicație.

SPLINE (*Scaleable Platform for Interactive Environments*), Mitsubishi Electric Research Labs, este o platformă software, care permite crearea de lumi virtuale cu utilizatori multipli, simultani, distribuiți geografic; simulări pe mai multe calculatoare; interacțiuni verbale; imersiune într-un mediu vizual și audio 3D; posibilitatea de modificare și extindere la run-time. Principala temă a aplicației este un VR social, în care utilizatorii interacționează utilizând corpurile lor. Suportă atât audio pre-înregistrat cât și în timp real.

VISTEL, ATR Research Lab, reprezintă un sistem VR de teleconferință. Constă dintr-un spațiu virtual în care participanții nu numai că pot vorbi unii cu alții, dar pot colabora într-un mediu 3D, partaja obiecte 3D. Sistemul curent suportă numai doi utilizatori care încearcă să rezolve probleme de topologie de rețea, structurare de rețea. Mișcarea corpului uman este extrasă dintr-un set de senzori magnetici plasați pe corp. Mișcarea membrelor poate fi capturată și transmisă la capătul distal unde sunt vizualizate utilizând o reprezentare a unui corp articulat 3D. Expresiile faciale sunt capturate prin urmărirea punctelor faciale din semnalul video.

DAVE (*Definitely Affordable Virtual Environment*) (Instant Reality,2015). Sisteme imersive de tip CAVE, care utilizează componente hardware standard pentru reducerea costurilor. Se utilizează spațiile disponibile fără modificări constructive.

4.1.9 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, și redare senzorială. Scopul este realizarea unor lumi artificiale cu elemente senzoriale și de interacțiune directă și naturală.

Sunt necesare următoarele tehnologii care permit imersiunea și percepția, deci senzația de prezență:

- sistem de modelare și management pentru artefactele lumii virtuale;
- sistem adecvat de redare grafică;
- interfețe vizuale/aurale/haptice;
- sistem de tracking pentru poziția și orientarea utilizatorului.

Sistemele de realitate virtuală sunt intrinsec legate de educație, au însă dezavantajul că necesită echipamente hardware sofisticate, specializate, costisitoare.

Sistemele VR desktop sunt utilizabile și de către utilizatori obișnuiți. În prezent sunt disponibile echipamente 3D atașabile la sistemele desktop, va fi posibilă experiența imersivă și la aceste sisteme, cu costuri relativ mici.

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. În 2001, Azuma, împreună cu alți câțiva

cercetători importanți din domeniu, a publicat o versiune actualizată (Azuma et al., 2001) a articolului anterior, în care trece în revistă stadiul de atunci al tehnologiei AR.

Tehnologia AR este încă în dezvoltare, atât din punct de vedere al echipamentelor de afișare, al modalităților de interacțiune, al instrumentelor de dezvoltare, și chiar al tipurilor de aplicații, probleme tehnice încă în cercetare, cum ar fi cele legate de utilizarea efectivă a algoritmilor de computer-vision.

4.2.1 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 sensul strict tehnic original al AR, imagini 3D, deoarece se adresează percepției vizuale care se îmbogățește cu informații noi. Tehnologia actuală a extins gama de informații și la imagini 2D, texte, fișiere audio, fișiere video, dar unii autori (Papagiannakis, 2002) consideră ca aceste informații (de ex. audio) nu reprezintă augmentări în sensul AR, pentru ca augmentarea trebuie să se refere la informații virtuale, aliniată natural cu imaginile din realitate.

Cercetări recente au abordat domeniul integrării de sunete 3D în imaginile video, pentru a crea “augmentări audio”. Mai mult, spectrul augmentărilor s-a extins și către alte simțuri, și anume tactil, prin realitatea augmentată haptică, sau olfactive, care au ca rezultat un caracter de imersivitate dat realității augmentate.

Imaginile din realitate pot fi captate optic sau prin camera video, aceasta din urmă fiind modul cel mai răspândit în prezent. Dispozitivele de afișat pot fi monitoare, ecranele dispozitivelor mobile, echipamente montate pe cap HMD, și mai recent, Google Goggles sau Google Cardboard.

Definiția tehnică a AR: un mediu care combină elemente din lumea reală cu elemente din lumea virtuală.

"an environment that includes both virtual reality and real-world elements." (Azuma, 1997).

O definiție independentă de tehnologii specifice, este aceea a unui sistem care are simultan și obligatoriu următoarele 3 caracteristici (Azuma, 1997):

- 1) Combină realul cu virtualul;
- 2) Prezintă interactivitate în timp real;
- 3) Realizează înregistrare în 3-D.

O problemă importantă în limitarea performanțelor aplicațiilor de realitate augmentată este cea a **înregistrării obiectelor virtuale în mediul real**.

Definiția AR ca mediu real-virtual: Realitatea Augmentată (AR) este o formă de mediu virtual/medii virtuale sau de Realitate Virtuală (VR) (Milgram & Kishino, 1994; Azuma, 1997; Azuma et al., 2001). Diferența constă în faptul că într-un mediu VR, utilizatorul poate fi complet imersat, fără să păstreze legătura cu mediul real din jurul său. Prin contrast, AR permite vizualizarea mediului real cu obiecte virtuale suprapuse. De aceea, se poate spune că AR suplimentează realitatea (Azuma, 1997). În mod ideal, utilizatorul ar trebui să aibă impresia că cele 2 lumi coexistă perfect în același spațiu, deoarece obiectele virtuale și reale sunt combinate într-un spațiu 3-dimensional. AR poate fi considerată ca o zonă intermediară între mediu virtual (complet sintetic) și teleprezență (complet real) în cadrul continuum-ului definit de Milgram and 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. Dificultățile sunt legate de procesul de urmărire și înregistrare, care sunt mult mai dificil de realizat, din cauza resurselor limitate și faptului că înregistrarea informațiilor virtuale se realizează în medii “necontrolate”. Câmpul de vizualizare și suprafața de afișare sunt mai mici. Avantajul este că se adresează unui număr practic nelimitat de utilizatori.

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).

Definiția din punct de vedere al impactului educațional (HR Report, 2012):

O definiție din punct de vedere al utilizării pentru aplicații educaționale dată de Educause în HR Report, 2012: “Realitatea augmentată adaugă informații și semnificații obiectelor sau locurilor reale”. De aceea, mai este utilizat și termenul de “*blended reality*”. De asemenea, din punct de vedere educațional, AR poate fi definită astfel:

- Combinarea informației din lumea reală cu informații furnizate contextual, în mod automat și intuitiv;
- O tehnologie inovativă de căutare, vizualizare, manipulare de informații; informațiile pot fi din trecut sau viitor, fapte reale sau imaginare, care se adaugă la realitatea văzută și auzită.

4.2.2 Tipuri de aplicații AR

Din punct de vedere al platformei hardware, există aplicații **AR desktop**, care utilizează o cameră 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 (ARGuide, 2011; Belcher, 2007; 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. Ecranul este separat de utilizatorii sistemului. Datorită acestei caracteristici, SAR poate fi utilizat de grupuri de utilizatori, ceea ce creează o paradigmă nouă, aceea de *AR colaborativ*.

AR interactiv: AR interactiv este realizat prin *interfețe tangibile, table-top*, care suportă interactivitate directă cu obiecte fizice (Poupyrev, 2001; Kato et al., 1999).

Aplicații AR colaborative: Aplicații AR care pot beneficia din participarea simultană a mai multor persoane pentru vizualizare, discutare, interacțiune cu modele virtuale 3D (Schmalstieg, 2005 ; Reitmayr & Schmalstieg, 2001).

4.2.3 Continuumul VR – AR și Realitatea Mixtă

Mixed Reality (MR) cuprinde realitatea augmentată și virtualitatea augmentată (*augmented virtuality*) și se referă la “mixarea dintre lumi reale și virtuale pentru a produce noi medii și

vizualizari în care obiectele fizice și digitale co-există și interacționează în timp real” (Milgram & Kishno, 1994).

În 1994 Paul Milgram și Fumio Kishino au definit **Mixed Reality** ca fiind în cadrul *continuum-ului virtualității* (*virtuality continuum*) (Fig. 4.2), care cuprinde extrema de la lumea reală la cea complet virtuală, cu realitatea augmentată și cu virtualitatea augmentată în interior.

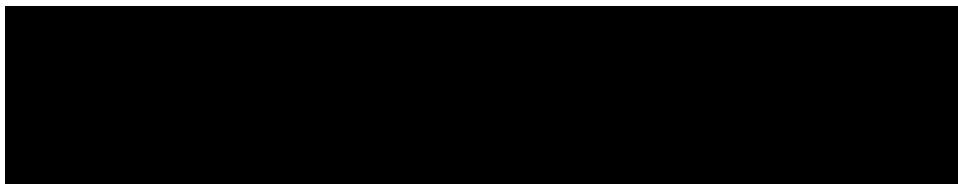


Figura 4.2 Continuum-ul Virtual-Real (Milgram & Kishno, 1994)

Realitatea Virtuală este conventional mediul în care un participant-observator este total imersat și capabil să interacționeze, un mediu complet sintetic. O astfel de lume poate mima proprietățile unei lumi reale, existentă sau fictivă. Poate, de asemenea, să depășească limitele realității fizice prin crearea unei lumi în care legile fizice nu mai există.

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: “*two worlds (one virtual and one real) that reflect, influence, and merge real-time information from each other by the use of sensor/actuator networks. Both the real and virtual components of a dual reality are complete unto themselves, but are enriched by their mutual interaction*” (Lifton & Paradiso, 2010).

Blended Reality este un alt concept care se referă la modul în care utilizatorul comută contextul între diferite medii și combina influențe ale unei lumi în altă într-un mod inconștient și aparent simultan, în acest mod evitând problema denumită de autori “*vacancy problem*” (Applin&Fischer, 2011).

Experimentări de realitate mixtă sunt prezentate în Cassell et al. (2000), Balcisoy et al. (2001), Cavazza et al. (2004), Jung (2008), Costanza, Kunz & Fjeld (2009), Callaghan et al. (2010); Peña-Ríos (2012).

4.2.4 Aportul AR la sistemele de e-Learning

Referitor la utilizarea tehnologiei realității augmentate în mod efectiv în context educațional, revista *Horizon Report 2012* (HR, 2012) identifică AR ca o tehnologie emergentă, cu potențial de a avea un impact semnificativ asupra predării și învățării în următorii 5 ani. Raportul plasa AR ca “al doilea orizont de adopție” în următorii 2-3 ani, odată cu dezvoltarea și răspandirea dispozitivelor mobile. Raportul arată că dispozitivele wireless mobile promovează această tehnologie în spațiul mobil, în care este de așteptat ca aplicațiile să ofere relevanță pentru “predarea, învățarea și interogarea creativă”.

Comportamentul utilizatorului joacă un rol important într-un proces AR, determinand ceea ce se numește *experiența AR a utilizatorului*.

Prin aceasta, AR mai este descris și ca proces de *realitate mediată* prin intermediul simțurilor și a comportamentului uman, transmise cu ajutorul dispozitivelor și a senzorilor.

Realitatea augmentată este în legătură cu următoarele paradigme de învățare (Billinghurst, 2002; Rose, Potter & Newcombe, 2010; AR Guide, 2011; Hamilton, 2011):

- învățare bazată **pe comportamentul utilizatorului** – mișcare, poziționare, acțiuni tactile;
- învățare în funcție de localizarea geografică (“**învățare 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: Papagiannakis (2002); Hermon (2004); Zöllner (2009); Langlotz (2011); Gheorghiu & Ștefan (2013); Gheorghiu & Ștefan (2014); Ștefan & Gheorghiu (2015).

4.2.5 Medii de dezvoltare aplicații AR/MR

AR ToolKit, biblioteca C open source pentru aplicații de realitate augmentată; suportată de multe limbaje și platforme. Dezvoltată în 1999, AR Toolkit este un tool open-source pentru AR, care permite crearea de aplicații de realitate augmentată care suprapun obiecte grafice peste marcaje din lumea reală.

Instant Reality, un framework modern, care oferă un set complet de caracteristici pentru aplicații clasice de Virtual Reality (VR) și avansate de Augmented Reality (AR). Oferă o interfață simplă, care include cele mai recente tehnologii în domeniile de redare realistă, interacțiune 3D cu utilizatorul, AR-tracking s.a. Framework-ul mai include diverse standarde industriale, cum ar fi VRML și X3D, pentru a ușura dezvoltarea și implementarea de aplicații.

Qualcomm AR SDK (QCAR) este o soluție AR pentru detecția și urmărirea de imagini de referință și markere utilizând detecția de caracteristici naturale pentru Android și iOS. Se poate integra cu motorul Unity3D.

D-Fusion Studio - o platformă gratuită de dezvoltare AR a firmei Total Immersions pentru aplicații desktop, comerciale, bazată pe marcaje. Creează experiențe imersive și pune la dispoziție diferite scenarii de urmărire a mișcării.

Papervision 3D – biblioteca open-source de scripting bazată pe Adobe ActionScript, care permite redarea de obiecte 3D în timp real, în proiecte Flash. Utilizat cu FLARToolkit, necesită player Adobe Flash.

AVANGO - framework pentru aplicații VR/AR pentru crearea de medii virtuale, distribuite, interactive. O nouă versiune este AVANGO NG, care folosește OpenSceneGraph (OSG, 2015) și Python ca limbaj de scripting.

STUDIERSTUBE, Universitatea din Graz, framework proprietar pentru AR colaborativ.

KHARMA realizat de *Georgia Institute of Technology*, bazat pe standardul KML pentru puncte geografice.

MXR Software Development Kit (MXRToolkit, 2015) de la *Mixed Reality Lab, NUS* este o bibliotecă de funcții C. Au fost propuse multe tipuri de aplicații de mixed reality. Acestea includ: adnotări ale lumii reale, în care etichete text sunt suprapuse peste scena văzută de utilizator; plasarea de obiecte realiste 3-dimensionale într-un mod în care acestea devin greu de distins de părțile reale ale scenei; utilizări în educație, vizualizarea de date complexe, de ex. medicale.

Sunt de menționat două aspecte interesante legate de acest toolkit: a) *realitate colaborativă* : mixed reality permite utilizatorilor să interacționeze în mod natural cu obiectele grafice, ca și cum acestea ar face parte din lumea reală. Aceasta oferă un substrat pentru o interacțiune *om-om*. b) *interacțiune tangibilă*: prin aceasta se atașează obiecte grafice la obiecte fizice. Prin manipularea poziției obiectului real, se poate manipula poziția obiectului virtual.

4.3 LUMI VIRTUALE 3D ONLINE

4.3.1 Caracteristici generale

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).

Caracteristici comune:

- univers persistent;
- reprezentare utilizatori prin avataruri;
- implementările open source sau proprietare;
- arhitecturi client - server independente de producător;
- accesibile prin clienți (viewer-e) sau din browser ;
- implementări de text chat și voice chat;
- grafică de rezoluție mare;
- suport multi-user pentru medii colaborative;
- avataruri personalizabile pentru grafica de înaltă rezoluție, gesturi și animație corporală, suport pentru conținut creat de utilizatori.

În (Guntl, 2007) sunt evaluate mai multe medii virtuale 3D și se consideră că în prezent sunt disponibile diferite medii 3DVLE pentru implementări educaționale care pot fi clasificate în diferite categorii: (1) software închis vs. open source, (2) serviciu vs. instalări locale, (3) posibilitate de a crea și modifica obiecte și medii vs. setări pre-definite pentru procesul de învățare.

Problemele de securitate și confidențialitate în termeni de infrastructură ICT (politica de acces la internet, politica aplicațiilor client și server, probleme de performanță) și medii de dezvoltare (limbaj de programare, instrumente de dezvoltare, disponibilitate bibliotecii, module, tool-uri) trebuie de asemenea luate în considerare.

Necesitatea *de a proteja datele și resursele* în cadrul lumilor virtuale este de asemenea abordată în (Guntl, 2007).

Pentru a reprezenta un viitor Internet 3D persistent este nevoie de standarde, interfețe și protocoale de comunicație între și în cadrul mediilor virtuale. Există mai multe grupuri de lucru și colaborări, dar câteva sunt în prezent într-o fază de stagnare:

- Virtual Worlds - Standard for Systems Virtual Components Working Group (P1828), IEEE (2010-Present);
- Information Technology -- Media context and control -- Part 4: Virtual world object characteristics (ISO/IEC 23005-4:2011), ISO (2008-Present);
- Immersive Education Technology Group (IETG), Media Grid (2008-Present);
- Virtual World Region Agent Protocol (VWRAP), IETF (2009-2011);

- The Metaverse Roadmap, Acceleration Studies Foundation (2006-2007);
- Proiectul open source Metaverse (2004-2008).

Viewer-ele third-party ale Second Life sunt în prezent lansate sub **licență GPL**. Acest lucru înseamnă că software-ul este open source, și că societățile care creează noi software-uri bazate pe acest cod și îl distribuie trebuie să îl facă, de asemenea, open source. Acesta este un motiv pentru care nu au fost viewer-e comerciale bazate pe codul Second Life.

OpenSim este în prezent distribuit sub **licență BSD**, ceea ce permite companiilor de a modifica software-ul OpenSim și păstra modificările în mod proprietar. Acest tip de licențiere a permis companiilor să producă versiuni proprietare ale OpenSim, de ex. *produsul IBM 3D SameTime*. Cu toate acestea, faptul că serverul și viewer-ul funcționează sub două politici diferite de licență este cauza unor probleme pentru comunitățile de dezvoltatori open source.

Platforme open-source: Sun Wonderland, Open Simulator;

Platforme semi open-source: Multiverse Project.

Platforme proprietare: Second Life, Kaneva, There, Active Worlds.

În continuare sunt descrise caracteristicile celor mai importante platforme de lumi virtuale.

4.3.2 Metaverse

Metaverse este un concept de spațiu online partajat, creat prin convergența realității fizice extinse cu spațiul virtual persistent fizic, incluzând **totalitatea lumilor virtuale, realităților augmentate și internetul**. Termenul de *metaverse* este format din prefixul "meta" (cu semnificația dincolo de) și "universe" și este utilizat în mod tipic pentru a descrie conceptul unei "iterații viitoare" a internet-ului compus din spații virtuale 3D, persistente, partajate, conectate în cadrul unui univers virtual atotcuprinzător (Metaverse Project, 2015).

Termenul a fost inventat de **Neal Stephenson** în 1992 în cadrul romanului science fiction denumit *Snow Crash* (Stephenson, 1992), în care oamenii, reprezentați prin avatururi, interacționează unii cu alții și cu agenți software, într-un spațiu tri-dimensional care se bazează pe o metaforă a lumii reale. Stephenson a inventat termenul pentru a descrie un succes al internetului, bazat pe realitatea virtuală.

4.3.3 Active Worlds

Active Worlds (AW) este platforma 3D de realitate virtuală, care oferă sandbox-uri pentru construirea de lumi proprii (Active World, 2015). A fost lansat în **1995**. Utilizează un client care rulează atât pe Windows cât și pe Mac OpenSim, și se percepe o taxă. Active Worlds este format din universuri, ca lumi virtuale 3D, construite de diferiți utilizatori. Utilizatorii pot comunica prin chat sau pot construi structuri și arii, prin selecție de obiecte. AW permite utilizatorilor să intre în posesia lumilor și a universurilor, și să dezvolte conținut 3D. Browserul trebuie să aibă capabilități de voice chat și instant messaging.

Scopul inițial a fost de a fi un echivalent 3D al browserelor web pentru crearea de conținut 3D: birouri, clădiri, în care să se afișeze produse sau informații.

Necesitatea de artă 3D pentru popularea unei lumi virtuale, a condus la dezvoltarea unei piețe comerciale de modele 3D, texturi, avatururi și secvențe animate asociate. Există și conținut 3D liber și servicii de design personalizat pentru arta 3D, dar în special pentru avatururi.

Construcțiile (“Building”) sunt principalele și cele mai importante caracteristici ale Active Worlds; implică plasarea de obiecte pre-fabricate, făcute de utilizator sau de alții, pentru a adăuga valoare artistică mediului. Active Worlds suportă obiecte stocate ca scripturi, .rwx - *RenderWare* (și RW3+ echivalent binar .dff), obiecte .cob trueSpace, ca și obiecte DirectX. Obiectele sunt definite de proprietarii de lumi virtuale utilizând un director de obiecte (object path), accesibil numai de către posesorul acesteia.

Multe lumi virtuale care permit construcții publice conțin un Registry. Acesta conține fișiere stocate la distanță, protejate de permisiuni acordate utilizatorilor. Utilizatorii pot adăuga obiecte ca ferestre, uși, mobilier, arhitectură peisagistică. Utilizatorul poate construi în mod alternativ și utilizând obiecte primitive pe care să le manipuleze pentru a se încadra în mediul construit.

Chat. Comunicațiile în AW implică în mod tradițional ca utilizatorul să fie la mai puțin de 200 de metri de alte persoane din zonă să și să discute prin chat. Utilizatorii învață ariile destinate pentru chat, cum ar fi locația de start (“*ground zero*”) când se intră prima oară într-o lume AW. Se mai poate comunica cu *telegrame*, ceea ce înseamnă contactarea unui utilizator din altă locație. Telegramele sunt private (nu și față de administratorul de univers), și este posibil să se trimită mesaje private către utilizatori din vecinătate. Toate celelalte chat-uri sunt publice. Distanța de chat de 200 de metri poate deveni o problemă în cadrul lumilor de mare întindere, mai mari de 200 metri. Pentru această problemă, se programează *bot*-uri pentru a distribui mesajele la toți utilizatorii din lumea curentă. Cele mai cunoscute lumi, ca Alphaworld, au de asemenea un chat global, unde utilizatorii pot comunica unii cu alții oriunde în lume.

Lumi. ActiveWorlds este divizat în “lumi” (“worlds”), medii conținute pentru multi-utilizatori pentru a comunica și, în unele cazuri, construi în ele. Lumile în ActiveWorlds sunt deținute fie de ActiveWorlds fie de cetățeni individuali, lumile putând fi cumpărate de pe site-ul ActiveWorld's website. Ele sunt limitate în dimensiune, respectiv în zona construibilă.

Proprietarii de lumi AW mențin o listă de drepturi, care le atribuie anumite permisiuni utilizatorilor în cadrul lumii. Aceste liste conțin numerele celor care au primit acea permisune, sau un caracter ‘*’ pentru a- i indica pe toți utilizatorii, inclusiv pe turiști, care au acel drept.

Principalul **univers ActiveWorlds activ** are peste **800 de lumi** din 2008. Unele sunt foarte extinse și conțin multe comunități și sub-lumi, altele sunt private și nu sunt vizibile în lista de lumi, iar altele par să nu fie utilizate.

Cea mai mare lume din principalul univers ActiveWorlds este Alphaworld, care este și prima lume. Alphaworld conține mai mulți kilometri pătrați de spațiu disponibil decât statul California din SUA. Pentru a ajuta navigarea printr-o zonă atât de vastă, există posibilitatea de teleportare la o locație specifică, utilizatorii pot menține o *listă de teleportare*, similară listei “Favorite” dintr-un browser.

Universuri. Ca și în cazul lumilor, utilizatorii își pot cumpăra propriul “univers”, care poate fi o lume singulară, de sine stătătoare, sau un mediu conținut, de lumi multiple, asemănătoare ActiveWorlds.

Universurile sunt limitate de suprafața totală a terenului și de numărul maxim de utilizatori online simultani. Pe măsură ce platforma ActiveWorlds evoluează, proprietarii de universuri trebuie să cumpere upgrade-uri de servere pentru univers, direct de la ActiveWorlds, care reprezintă 40% din prețul de cumpărare al universului, după primul an de deținere a universului.

Bot-ii sunt aplicații dezvoltate utilizând SDK-ul Active Worlds. Unele din aceste aplicații au fost dezvoltate pentru a permite utilizatorilor să automatizeze task-uri simple, cum ar fi vremea, relay-ul de chat, tururi și informații, management complex de proprietate. Jocurile pot fi dezvoltate să interacționeze cu baze de date și alte tehnologii, pentru a oferi o platformă de

gaming de bază, dar extensibilă. Mai sunt și alte potențiale aplicații care pot fi dezvoltate cu SDK-ul, de exemplu, un program care să exploreze automat o lume și să creeze o hartă+, ș.a.

4.3.4 Quest Atlantis

Quest Atlantis (QA) a fost un mediu **3D multi-utilizator cu o funcționalitate complexă**, un mediu de învățare care a combinat “*educational quests, unit plans, comic books, a novel, a board game, trading cards, a series of social commitments, various characters, ways of behaving, and other participant resources*” (Barab et al.,2005). Este destinat activităților educaționale pentru **copii între 9–15 ani**. Principalul promotor a fost Sasha Barab, de la Arizona State University. *În prezent, lumea virtuală nu mai este funcțională.*

Participanții contribuiau la conținut, de aceea implicarea și angajarea a fost puternică în acest mediu. Aceasta s-a realizat cu ajutorul unei linii narative distribuite în diferite medii (“transmedia narrative”) (Barab et al., 2005).

QA a oferit un toolkit de programare narativă pentru a imersa, în task-uri de tip chestionare. Quest Atlantis a combinat strategii utilizate în mediile de gaming comerciale cu lecții, cu elemente de cercetare educațională și motivațională. Proiectul a fost unic în obiectivele sale, deoarece a combinat cele mai bune aspecte ale învățării și jocului, suportului educațional, ca mijloace de a motiva și angaja studenții. A permis utilizatorilor să călătorească în locuri virtuale pentru a realiza activități educaționale (denumite **Quests**), să discute cu alți utilizatori sau mentori, să construiască persoane virtuale.

Au fost implicați peste 100.000 de copii de pe 5 continente în acest proiect.

4.3.5 Open Cobalt

Open Cobalt (OpenCobalt, 2015) utilizează mediul software Squeak, care este un sistem open source de tip Smalltalk pentru Windows, Mac și Unix.

Open Cobalt permite implementarea de lumi virtuale securizate care suportă activități de educație și cercetare a organizațiilor virtuale. Se bazează pe grafică 3D realizată cu OpenGL, suportă vizualizari scalabile și colaborative de date, medii virtuale de învățare sau de rezolvare de probleme, 3D wiki, medii online de gaming (MMOG), ca medii virtuale private și securizate, multi-utilizator.

Utilizatorii pot furniza conținut spațiului Open Cobalt, care poate fi dezvoltat și gestionat utilizând instrumente și resurse third-party, cum ar fi depozitul de modele 3D - *Trimble 3D Warehouse*.

4.3.6 Edusim

Este un mediu virtual bazat pe conceptul de **tabla interactivă** (Fig. 4.4, 4.5) (Edusim, 2015).



Figura 4.4 Mediul virtual de e-Learning Edusim, clasă virtuală (Gutl, 2009)

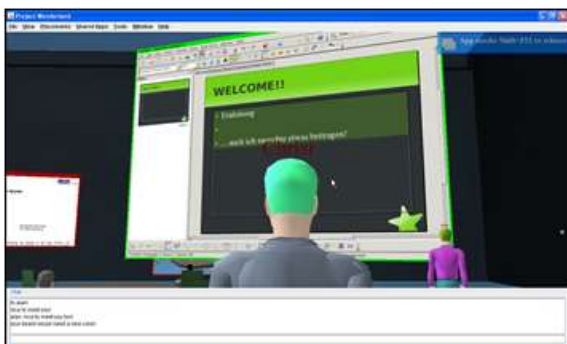


Figura 4.5 Mediul virtual de e-Learning Edusim, whiteboard (Gutl, 2009)

Edusim este un sistem imersiv de tip CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), care se bazează pe conceptele de **interfață naturală de tip touch** (*Natural User Interface -NUI*) și **lume virtuală 3D multi-utilizator**. Folosește lecții și clase desfășurate interactiv prin intermediul unei table albe (*whiteboard*) sau a unei suprafețe interactive. Conceptul Edusim este demonstrat pe platforma Edusim dezvoltată cu ajutorul toolkit-ului *Open Cobalt*. Acest toolkit este *open source*, multi-utilizator, și permite crearea de lumi virtuale locale sau pe internet, fără a fi nevoie de servere.

Aplicația *Edusim* este o ediție modificată a proiectului open source *Open Cobalt Project*, care se sprijină masiv pe posibilitățile de manipulare directă de modele 3D pentru învățare virtuală și pe principiile învățării constructiviste.

Termenul de interfață naturală 3D imersivă și sensibilă la atingere ("*immersive touch*" 3D *natural user interface*) a fost creat în septembrie 2007 la Greenbush Education Service Center în Southeast Kansas ca un efort de a aduce o experiență 3D, angajantă, tablei interactive din clasă. Au fost stabilite grupuri pilot din clasele sub-liceale și s-au observat modul în care studenții se pot angaja cu acest software și modul în care interfața utilizator trebuie să fie îmbunătățită pentru a deveni interactivă și a crește utilizabilitatea ei.

Tehnologia *Open Cobalt* permite crearea de spații virtuale intens colaborative, multi-utilizator, bazată pe hiperlink-uri, de spații virtuale de expunere, de medii de învățare și antrenare bazate pe principiile jocurilor pe calculator. Se utilizează un protocol de messaging peer-to-peer, pentru a reduce încărcarea sau infrastructurile server comerciale, ca suport în interacțiunile care au loc între mulți participanți. *Open Cobalt* permite utilizatorilor să-și conecteze prin hyperlink lumile lor virtuale prin portaluri 3D și să-și formeze o rețea largă, distribuită, de spații colaborative interconectate. Permite școlilor și altor organizații să-și configureze liber propriul spațiu 3D virtual, public și privat, care are integrate caracteristici de web browsing, voice chat, text chat și access prin remote desktop la aplicații și servicii.

4.3.7 Open Wonderland

Open Wonderland (denumit inițial **Project Wonderland**) este un **toolkit 100% Java, open source**, pentru crearea de **lumi virtuale colaborative** (Open Wonderland, 2015). A fost lansat în **2010** de către compania Sun Microsystems. În prezent este menținut de către o comunitate independentă.

În cadrul acestor lumi, utilizatorii pot comunica și partaja în timp real aplicații și documente desktop. *Open Wonderland* este un **mediu extensibil** cu ajutorul plugin-urilor; se pot adăuga atât funcționalități noi cât și conținut, scripturi, servicii web. Acceptă multiple surse pentru conținut: Google SketchUp, Autodesk Maya, Blender, fisere .kmz (Google Earth), fișiere Collada (.dae). Oferă securitate la nivelul obiectelor și grupurilor de utilizatori, conține un

plugin pentru conectarea la sistemele de autentificare bazate pe LDAP. Oferă multiple facilități pentru integrare multimedia: audio imersiv (mixare de sunet înregistrat cu sunet live), video player pentru înregistrări sau video streaming, webcam viewer, aplicații audio (de ex. recorder, cone-of-silence, microfon virtual).

Suportă **50-60 utilizatori**, în funcție de configurația serverului.

Open Wonderland a fost creat cu intenția de a avea un mediu robust din punct de vedere al securității, scalabilității, fiabilității și funcționalității pe care să se sprijine organizațiile, ca loc pentru conducerea afacerilor. Organizațiile pot utiliza Open Wonderland pentru a crea prezențe virtuale, pentru a comunica. Pentru persoane individuale acest spațiu ar putea fi folosit pentru desfășurarea muncii de zi cu zi, eliminând necesitatea unui instrument separat de colaborare. Tipurile de colaborare care pot avea loc în cadrul spațiului includ comunicații audio cu sunete imersive de înaltă fidelitate, aplicații live desktop, crearea colaborativă de conținut (atât grafic cât și procedural).

Platforma Wonderland este diferită de Second Life (Garrison, 2003), fiind în primul rând destinată să fie adaptată și integrată de organizații în cadrul infrastructurii proprii. Second Life este un serviciu online accesibil public, cu un număr mare de utilizatori, care utilizează o economie virtuală. Second Life a fost utilizată extensiv și cu succes de instituții de învățământ pentru învățare și predare online. Second Life prezintă câteva probleme legate de confidențialitate și securitate pentru participanții online, precum și pentru integrarea în infrastructura formală de educație. Aceste probleme sunt abordate de platforma Wonderland prin arhitectura deschisă client-server care poate fi complet integrată cu orice mecanisme de acces și control.

Avantaje care o diferențiază de alte platforme: oferă un set bogat de obiecte pentru crearea de structuri de construcție și mobilier, ca suport pentru **aplicații software third-party**, cum ar fi procesoare de text (de ex. Open Office), browsere web, prezentări de documente (de ex. Power Point, PDF). De exemplu, o tablă virtuală poate fi creată de unul sau mai mulți utilizatori.

Dezavantajele principale ale acestei platforme : a) curba abruptă de învățare; b) necesitatea de a asigura hostarea aplicației server. Ca și Second Life, Sun Wonderland (platforma Wonderland dezvoltată de Sun Microsystems) are probleme de ușurință de utilizare (Gutl, 2009a) (cum ar fi o limitare în comunicația non-verbală prin avatar, voice chat) și de performanță (număr limitat de avatururi concurente sau de aplicații sau media într-o anumită zonă). De asemenea, lipsa de conținut complex, personalizabil și gratuit, a reprezentat o barieră majoră pentru adoptarea platformei în educație și organizații non-profit (Baldi & Lopes, 2012).

Învățarea colaborativă în Open Wonderland este analizată în Gutl (2011).

4.3.8 Second Life

Second Life (SL, 2015), cea mai mare lume virtuală (**13 mil utilizatori înregistrați, 1 million de utilizatori permanenți, 10 mil m²**), a fost lansată în **2003** (SL, 2015 ; White, 2007).

Este un mediu proprietar, care utilizează un client propriu **SecondLife Viewer 2** (SL Viewer2, 2015) și alți clienți compatibili, care sunt oferiti ca open source, de ex. Firestorm (Firestorm, 2015). Simularea fizică se face cu motorul Havok 7.

Recent a fost lansat SecondLife Viewer 3 (SL Viewer 3, 2015) care suportă integrarea cu Oculus Rift.

Second Life oferă un mediu virtual ca serviciu și posibilitatea cumpărării unui loc continental sau a unei insule (comparabilă cu o hostare de server) pentru a crea spații virtuale. Oferă și sandbox-uri gratuite pentru testări pe o perioadă limitată.

Lumile virtuale sunt ușor de creat cu instrumentele de construcție din interiorul platformei sau importate din alte medii grafice. Are limitări legate de numărul de obiecte importate,

integrarea de aplicații externe, tipuri de media, activități colaborative, securitate pe obiecte. Nu oferă securitate referitoare la natura conținutului. Suportă lucrul în grup, navigare web, comunicare cu text, chat, IM, voce, alocare media (video) pe obiecte. Oferă un set de reguli pentru comportament în interiorul platformei, de ex. pentru *persoane de cel puțin 16 ani*.

Multe colegii și universități au o prezență în SL, în scop academic, dar și pentru vizite virtuale în campus, colectare de fonduri, recrutare de personal.

Prin integrare cu **Sloodle** (Sloodle, 2015 ; Konstantinidis, 2010) se pot crea medii virtuale educaționale integrate în sistemele LMS. Modulele Sloodle sunt un exemplu de module add-în orientate obiect.

Avantaje: dezvoltarea este facilitată de existența unei documentații bine organizate și a numeroase tutoriale, scripturi gratuite și cărți. Oferă caracteristică de mapare pe web a locațiilor din gridul Second Life și deci accesul la acestea dintr-o pagină web.

Dezavantaje: este un mediu închis, comercial; nu oferă securitate asupra tipului de conținut, respectiv pentru protejarea copiilor de conținut inadecvat.

Cu toate acestea, Second Life reprezintă o soluție remarcabilă, cuprinzătoare, de lume virtuală, respectiv cu funcții de: autentificare, editare avatar, unelte de creare lumi simple, depozite de obiecte, monedă curentă, grupuri sociale.

4.3.8.1 Caracteristici importante ale Second Life

Second Life (SL) este un mediu 3D comercial, cu un număr foarte mare de utilizatori și numeroase lumi virtuale, construite de utilizatori într-un spațiu continuu denumit grid.

Utilizatorii interacționează unii cu alții prin agenți și avataruri (denumiți și rezidenți).

Un *avatar* este un agent cu interfața vizuală, care utilizează structuri de tip skeleton și texturi pentru îmbrăcăminte, denumită și *outfit*.

Un *bot* este un avatar sau o instanță care este controlată de calculator, nu de un utilizator uman.

Contul de Second Life pentru boti poate fi creat la fel ca pentru avatarurile controlate de utilizatori. Aceasta se face prin marcarea contului botului ca *agent scriptat*.

Utilizatorii SL ("rezidenții") pot explora gridul, socializa, participă în activități individuale și de grup, pot să creeze și să comercializeze proprietăți și servicii virtuale. Second Life conține un utilitar de modelare 3D bazat pe forme geometrice simple (primitive) pentru construirea de obiecte virtuale.

Conținut avansat – de ex., primitive "sculptate" (*sculpted primitives/sculpties*), obiecte 3D mesh, texturi pentru îmbrăcăminte și aspect avataruri, animații și gesturi pot fi create utilizând tool-uri software externe și apoi importate în SL. Termenii de utilizare ai *Second Life* afirmă că utilizatorii dețin copyright-ul pentru orice conținut creat de ei, iar serverul și clientul oferă funcții simple de DRM (digital rights management).

La nivelul unui teren deținut de un utilizator, gridul Second Life **nu are încă puterea computațională pentru aplicații high-end**, ca de ex., *streaming video multiplu* și acțiuni real-time caracteristice mediilor de gaming.

Nu este posibilă preluarea încărcării pe servere private, deoarece **codul** Second Life **server** este **proprietar**. Dar software-ul client este open-source, ceea ce permite extinderea funcționalităților la acest nivel. Cu toate acestea, la fiecare actualizare oficială a softului client, nu se preiau și modificările utilizator, deoarece Linden Lab implementează foarte puține și la scara mică (TOM, 2000).

Există mai multe tipuri de comunicații instantanee de text în Second Life:

- **Chat local de text**, prin care toată lumea din apropiere vede ceea ce se tastează;

- **Instant message (IM)**, în cazul în care numai destinatarul vede ceea ce se tastează;
- **Group text chat**, în care toată lumea într-un grup de care aparține utilizatorul vede ceea ce se tastează (în cazul în care moderatorul o permite).

4.3.8.2 *Limbajul de scripting Linden Scripting Language*

LSL (LSL, 2015) este un limbaj simplificat de scripting, ușor de asimilat de către programatorii non-profesionali, pentru a scrie și personaliza obiecte (la nivel de primitive) și avatari. Sintactic este similar cu C sau Java. Textul este compilat într-un cod executabil care rulează într-o mașină virtuală pe serverul principal Second Life. Din 2008 este utilizată mașină virtuală MONO, bazată pe cod .NET., care este mult mai performantă.

4.3.8.3 *Creare conținut 3D*

Mediul Second Life conține instrumente relativ simple de construcție, în raport cu cele oferite de mediile specializate de 3D modelling, cum ar fi 3D Studio Max sau Blender. Această simplitate trebuie completată cu creativitate din partea utilizatorului.

Obiectele în Second Life sunt construite din componente denumite primitive ('prims'). Există 15 astfel de primitive de bază (Cub, Prisma, Piramida, Tetrahedron, Cilindru, Hemicilindru, Con, Hemicon, Sfera, Hemisferă, Tor, Tub, Cerc, Copac, Iarba) care pot fi preluate din interfața SL. Pentru construcție este necesar ca accesul la terenul pe care se face construcția ('rezzing') să fie permis de proprietarul terenului, sau aceasta să aibă loc în zona publică de tip 'sandbox'.

Unei instanțe a unei primitive i se pot opera numeroase modificări pentru dimensiune, formă, poziție, transformări (ex., rasuciri, găuriri), texturări dintr-o bibliotecă de texturi. Se pot aplica texturi multiple pentru fiecare fațetă a unui obiect, și de asemenea orientări și repetări ale acestor texturi modificate pentru obținerea efectului dorit. Aspectul texturii poate fi modificat și prin parametri specifici, referitori la transparență, strălucire și luminozitate.

Fișiere externe de imagini pot fi importate contra-cost (10 Linden Dollars).

Combinarea dintre mai multe primitive permite realizarea unor obiecte complexe. Dacă este necesară o animație a întregului grup, se realizează o grupare a obiectelor într-un obiect grup pentru ca acțiunile scriptate să aibă loc asupra întregului grup. Un obiect grup are o primitivă 'root' ca punct de referință pentru determinarea poziției, și un container pentru scripturi sau alte obiecte care să fie incluse în obiect.

4.3.8.4 *Utilizare multimedia*

Second Life impune restricții referitoare la streaming-ul de imagini, pagini web și video ('streaming media') pe parcelele din land. Aceasta afectează setarea unor obiecte, cum ar fi Slodde Presenter. Dacă land-ul aparține unui grup Second Life, este necesar ca cei din grup să primească drepturi ("deeds") asupra acelor obiecte, pentru a putea utiliza parcela media.

Pentru redarea unor obiecte 3D de calitate, Second Life utilizează *primitive sculptate* (*sculpted prims*). O astfel de primitivă reprezintă un obiect 3D a cărui formă este determinată de o textură.

4.3.8.5 *Navigarea spațială prin Pathfinding*

Pathfinding este o metodă prin care avatarurile aflate în mișcare în mediul virtual pot evita obstacole, colțuri, pot urca pe planuri înclinate, pot trece de limitele unei regiuni. De asemenea, permite crearea de mecanici de joc. În general, tehnica este necesară avatarurilor de tip NPC.

Am studiat aceste tehnici deoarece în cazul campusului virtual este necesară implementarea unor tehnici de navigare rapidă pentru a parcurge spații mari.

Din studiul tehnicilor disponibile în Second Life pot fi extrase idei utile, implementabile în OpenSim. Simulatorul trebuie să cunoască configurația mediului; există multe metode pentru aceasta. Cea mai simplă este furnizarea unui set de coordonate pe care avatarurile să le urmărească. Metoda funcționează optim pentru medii statice și predictibile dar nu este adecvată pentru medii complexe ca cele din OpenSim, care se pot schimba rapid.

O altă metodă este calcularea căilor posibile de urmat, cunoscând volumele care pot reprezenta obstacole. Aceasta înseamnă că pathfinding-ul este o metodă costisitoare ca efort computațional.

O altă metodă este ca simulatorul să aibă predefinite (“*baked*”) sau să creeze mesh-uri de navigație (navmesh-uri). Simulatorul folosește navmesh ca pe un ghid pentru a calcula o listă de coordonate pe care le poate utiliza pentru a ghida un avatar autonom în cadrul unei scene.

În Second Life pot fi implementate mesh-uri de navigație cu următoarele funcții:

- `##Evade` – alergare de la un avatar sau obiect specificat.
- `##Flee` – Mișcare pe o distanță specificată de la o locație specificată.
- `##Navigate` – Mișcare către o locație specificată.
- `##Patrol` - Mișcare de-a lungul unei căi specificate de puncte de control.
- `##Pursue` – Urmărirea unui avatar sau obiect specificat.
- `##Wander` – Deplasare aleatorie pe o distanță specificată de la un punct central specificat.
- `##Actions` – Activarea sau oprirea comportamentului curent de pathfinding.
- `##Update` – Modificarea atributelor de pathfinding ale avatarului;
- `##Get a Path` – Cerere de path pentru un obiect diferit de avatarul de pathfinding.

4.3.8.6 Integrarea serviciilor web 2.0 în Second Life

Pe lângă funcționalitățile proprii mediului 3D este de interes cercetarea posibilităților de integrare cu alte servicii web, proces numit mash-up. Mash-up-urile pot juca un rol major pentru extinderea funcționalităților din Second Life (Bestebreurtje, 2007). Second Life se bazează pe mediul web pentru accesul la informații externe.

Mash-up-urile sunt posibile de la versiunea 1.10 a Second Life când în Linden Scripting Language (LSL) s-a introdus caracteristica de *HTTP request*.

Aceste mash-up-uri se referă la conținut web care este afișat în Second Life, dar și preluarea de conținut din Second Life în mediul web, fără a utiliza viewer-ul Second Life.

Aplicațiile de mash-up existente în prezent, dintre care unele sunt dezvoltate de Linden Lab:

Slurl (Second Life url) dezvoltat de Linden Lab, permite teleportarea din mediul web către locații Second Life. Slurl combină funcționalitatea din Delicious (fost del.icio.us) (serviciu web de social bookmarking pentru stocare, partajare, și discovering de web bookmarks) cu Second Life. Este un utilitar Second Life care permite utilizatorilor să facă bookmark pe locații ca Slurl-uri. Acestea sunt stocate în delicious.com ca URL-uri cu tag-ul Slurlmarker și asigură teleportarea utilizatorului dacă acesta are instalat clientul Second Life.

Webmap API este un proiect Linden Lab care utilizează JavaScript pentru a crea o hartă interactivă a grid-ului.

Second Life suportă transferuri de date XML de pe Internet, dar impune constrângeri în procesarea datelor XML, de ex. obiectele scriptate LSL intra într-o stare de *sleep* timp de 3 secunde, după un reply la un apel XML *Remote Procedure Call*.

Alte metode de comunicare în Second Life sunt **text chat**, **instant message** și **e-mail**. Un apel XML RPC trebuie să fie inițiat de un server extern. Din cauza constrângerilor interne asupra procesării de date XML pe serverele Second Life, este necesar un web server separat care să gestioneze traficul XML.

Arhitectura din Fig. 4.6. (Bestebreurtje, 2007) poate fi baza pentru orice tip de sistem care se interfațează cu gridul Second Life. Aceasta constă din componente care comunică unele cu altele.

Componentele cele mai importante care permit comunicația *în afara gridului* sunt obiecte care conțin diverse scripturi LSL și un server extern care să proceseze evenimente generate de obiect. Toate datele procesate sunt transparente clientului și au loc în afara gridului. Utilizând o arhitectură de web service, modificările din clientul Second Life nu mai sunt integrate în client.

Comunicația prin protocol XML-RPC este inițiată de script și permite cel mai mare volum de date transportate în afara Second Life comparativ cu cererile HTTP și E-mail.

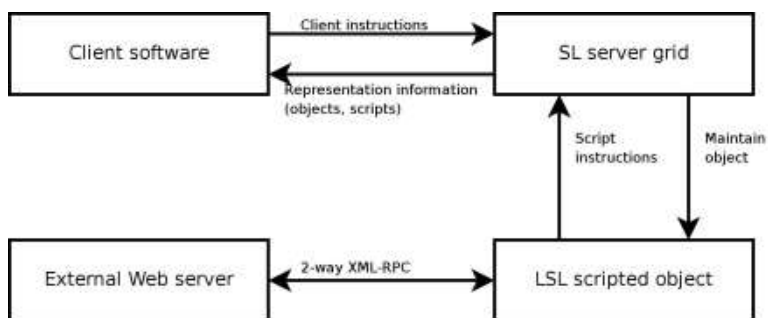


Figura 4.6. Pipeline informațional dintre client și server prin intermediul serverului Second Life și a protocolului XML-RPC (Bestebreurtje, 2007)

În Fig. 4.7 se prezintă schema logică de mashup servicii în SL: un obiect LSL scriptat realizează legătură între Second Life și serverul extern, iar clientul SL actualizează informațiile.

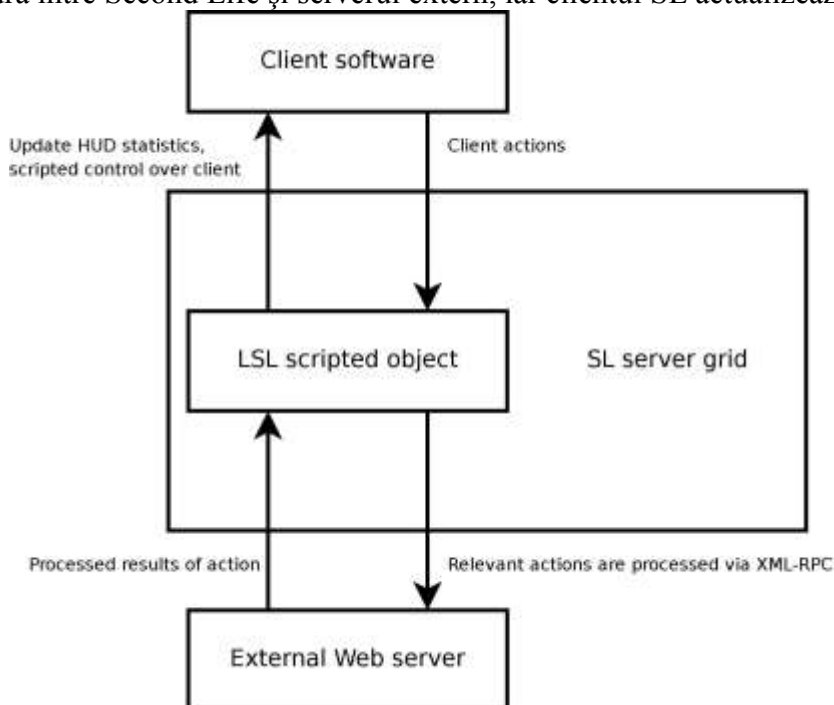


Figura 4.7 Schema logică de mashup de servicii în Second Life (Bestebreurtje, 2007)

Cercetări legate de utilizarea educațională a Second Life: Bedford et al. (2006); Bessièrè, Ellis & Kellogg (2009); Warburton (2009); Savin-Baden (2010); Wankel & Kingsley (2009); Mamo et al. (2011); Macedo & Morgado (2014); Zarraonandia et al. (2015).

4.3.9 OpenSimulator

OpenSim (OpenSim wiki, 2015) este un server de aplicații, open source, multi-utilizator, pentru crearea de medii 3D care să poată fi accesate de diferiți clienți, folosind diferite protocoale. 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. Este deci *dependent de platformă*. Permite particularizarea și extensia aplicațiilor virtuale prin utilizarea de module de plugin de scenă, denumită și regiune (256x256 m²), respectiv prin *OpenSim Region Modules*, sub forma de DLL-uri .NET/Mono. OpenSim conține o colecție de astfel de module pe pagina OpenSim din site-ul GForge.

Scalabilitatea serverului este analizată de Casey (2010), unul din dezvoltatorii OpenSim.

OpenSim utilizează protocolul Second Life pentru comunicația client-server și implementează majoritatea funcționalităților de scripting. În plus față de SL, oferă funcționalități extinse de scripting prin crearea unor funcții proprii, denumite OSSL (*OpenSim Scripting Language*) și facilitatea inovativă de **Hypergrid** (Diva Distribution, 2015) care permite utilizatorilor să viziteze alte servere OpenSim prin intermediul unui browser web folosind un cont dintr-o instalare OpenSim proprie. Se utilizează o hartă cu hyperlink-uri, care indexează grid-urile publice. Există mai multe griduri publice care necesită înregistrare. Gridurile publice se bazează pe conținut generat de utilizator și pe contribuțiile comunității la dezvoltarea resurselor. **Hypergrid-ul contribuie la realizarea conceptului de metaverse în cadrul platformei OpenSim.**

Pe **partea de client**, beneficiază de caracterul open-source al clienților, de ex. Firestorm (Firestorm, 2015) și Singularity (Singularity, 2015).

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.

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

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

4.3.9.1 Arhitectura OpenSim

O configurație OpenSim constă din regiuni (gestionate de simulatoare de regiuni) și servicii de backend (care gestionează utilizatori, asset-uri și inventory). OpenSim poate rula în modurile standalone, grid (public, privat), hypergrid (OpenSim, 2015).

Modul Standalone este mai simplu de configurat, dar limitat la un număr mai mic de utilizatori. **Modul grid** este scalabil pe măsura creșterii numărului de utilizatori, deoarece separă simulatorul de regiuni de celelalte servicii.

Un sistem OpenSim în mod **standalone** rulează atât simulatorul cât și serviciile de date într-un singur proces OpenSim (Fig. 4.8). Se pot rula oricâte regiuni, dar nu se pot distribui pe mai multe mașini.

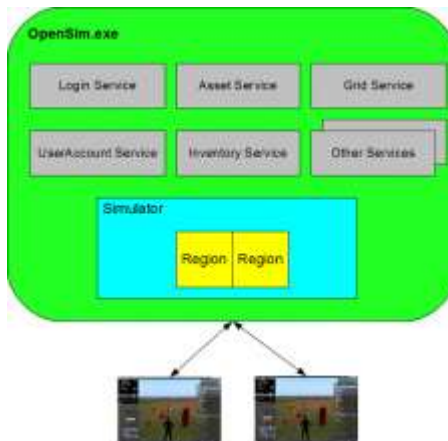


Figura 4.8 Arhitectura OpenSim în modul standalone (OpenSim wiki, 2015)

În **modul grid**, serviciile de date nu fac parte din procesul server al simulatorului de regiune. Ele rulează într-un executabil separat denumit *server Robust* (Fig. 4.9).

Un shell **Robust** poate rula toate serviciile sau acestea pot fi partiționate pe mai multe instanțe Robust, inclusiv pe mașini diferite. În acest mod, OpenSim acționează singur ca *region server*, deserving unul sau mai multe regiuni care pot comunica cu servicii de date diferite. De asemenea, OpenSim.exe poate rula în diferite instanțe pe mai multe mașini. Un mini-grid poate avea în jur de 15 regiuni.

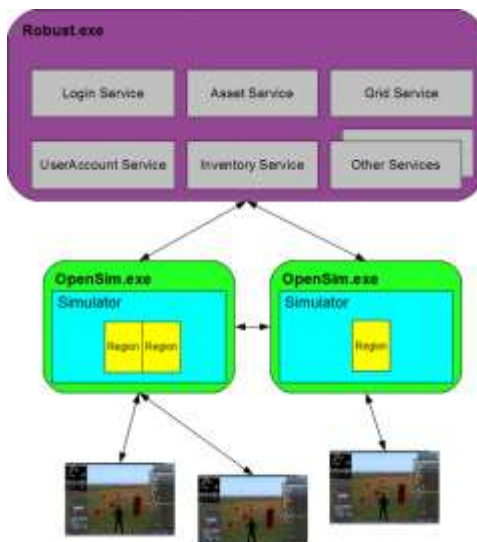


Figura 4.9 Arhitectura OpenSim în modul grid (OpenSim wiki, 2015)

Dacă se operează un grid complex, diferitele servicii (de ex. asset-uri, inventory) se pot distribui în diferite instanțe ROBUST, pentru a distribui încărcarea.

Modul Hypergrid este o extensie OpenSim, implementată de Diva Canto cu scopul ca OpenSim să aibă o funcționalitate similară unui server de Web3D. Utilizatorii se pot teleporta dintr-o regiune în alta, cu condiția ca acestea să nu aiba între ele mai mult de 4096 de regiuni. În

prezent această limitare a fost eliminată. Din punct de vedere tehnic, reprezintă o arhitectură și un protocol federativ pentru Second Life și OpenSim, care asigură transferul de agenți și asset-uri între acestea. Administratorul poate crea o hartă cu hyperlink-uri la regiuni dintr-un hypergrid. Deplasarea la un region/grid se face prin *teleportare*. Utilizatorul interacționează automat cu o lume virtuală diferită, fără să fie nevoie să facă **logout** din lumea în care se găsea, și având în continuare acces la propriul inventory.

Ce este important, opțiunea poate fi **activată pentru ambele moduri**, standalone sau grid.

4.3.9.2 Viewer-e

OpenSim nu oferă o aplicație client (viewer). Deoarece platforma utilizează protocoalele de comunicație din Second Life, se poate utiliza orice viewer compatibil SL.

Aceste aplicații realizează în primul rand vizualizările 3D și oferă mecanisme de caching pentru optimizare (OpenSim wiki, 2015; Varvello et al., 2011). Viewer-ul păstrează în **memoria cache** informațiile despre biblioteci, de aceea este nevoie să se steargă memoria cache atunci când se realizează modificări ale acestora.

Sunt de preferat următoarele viewer-e, care permit selectarea (gestiunea) gridurilor prin modificarea sau adăugarea de string-uri de conexiune la griduri OpenSim:

Firestorm – viewer-ul cel mai utilizat cu Second Life, care are o versiune și pentru OpenSim;

Singularity – viewer-ul care suportă mesh, OSSSL, LightShare, Alpha, Tattoo, Physics, attachment-uri multiple, multiple straturi de clothing, legături între obiectele inventories.

Imprudence – viewer-ul focalizat pe OpenSim (cu support OSSSL bun).

Lumiya- viewer Second Life și OpenSim pentru Android.

3Di Open Viewer – viewer OpenSim în browser.

4.3.9.3 Regiuni

OpenSim Wiki definește regiunea ca ceea ce se vede după logare: "*what you see when you log into OpenSim. It is a square patch of land which may contain an island, mountains, a plain, buildings, etc., or just an ocean*" (OpenSim wiki, 2015).

Regiunea este o unitate funcțională a OpenSim, care corespunde unui spațiu de memorie și un comportament de simulator care poate partaja starea să cu agenții din mediu (denumiți și observatori), de fapt un MUD 3D (OpenSim wiki, 2015). Aceasta corespunde unei **insule** de 256x256 metri pătrați.

Regiunile cumulează funcțiile principale ale simulatorului :

- rulează scripturi și simulări fizice ;
- menține o listă a avatarurilor și a agenților (denumiți observatori) ;
- actualizează scena 3D și trimite aceste informații către observatori.

Regiunea utilizează cache-ing pentru a reduce întârzierea percepută de utilizatorii finali ("perceptual lag") (OpenSim Wiki, 2015).

Noua versiune **OpenSim 0.8.1** aparută în iulie 2015 suportă proprietatea de **regiuni variabile**, care constă în capacitatea de a crea regiuni pătrate mai mari decât standardul de 256x256. Aceasta este o alternativă la *megaregiuni* dar necesită un viewer care să suporte această facilitate, de ex. Firestorm și Singularity. În prezent plugin-ul de physics BulletSim suportă *varregions*. OAR oferă suport pentru *varregions*.

4.3.9.4 Motorul de simulări fizice

Implicit OpenSim utilizează un motor de simulări fizice (physics engine) extrem de simplu care permite doar staționarea pe sol. Toate obiectele care utilizează acest motor apar ca Phantom (obiecte non-fizice).

Procesarea fenomenelor fizice reprezintă sursa cea mai importantă de încetinire a simulatorului de regiune. În baza de date a simulatorului sunt stocate numai pozițiile obiectelor din mediul 3D simulat precum și referințe la texturile pentru suprafața obiectelor. Nu sunt stocate informații despre gravitate, forțe de reacție sau coliziune.

Dacă nu există un motor fizic, avatarurile apar plutind în spațiu și pot intra în alte obiecte sau avataruri, putând să se deplaseze în orice direcție.

Majoritatea obiectelor din simulator sunt fixate în spațiu și nu se mișcă. În mod normal nu necesită timp de procesare fizică. Acest lucru are loc numai când un obiect în mișcare se lovește de unul fixat, caz în care acesta din urmă este temporar tratat ca obiect fizic, dar forțele de reacție sunt aplicate doar obiectului în mișcare.

În anumite situații nerezolvabile legate de coliziuni și interacțiuni, un obiect fizic se poate transforma într-unul non fizic, pentru a nu determina simulatorul să întârzie cu calcule laborioase.

În ultima versiune, care permite proprietate de regiuni variabile se utilizează motorul BulletSim.

4.3.9.5 Conținut 3D

Primitive – primitive grafice 3D (cub, sfera, cilindri, tub), în număr de 15. Stau la baza construcțiilor complexe. Editarea este la nivelul acestor primitive.

Obiect – construcție 3D realizată din primitive legate între ele; primitiva-radacină (*root*) este cea selectată ultima oară; celelalte sunt denumite copii (*chidren*). Primitiva rădăcină oferă referință la întregul obiect.

Mesh – este o descriere 3D. Toate obiectele - avataruri, obiecte, obiecte purtabile (wearable), primitive, sculpturi – sunt mesh. Permit editarea la nivel de vârf.

Sculpted mesh sunt un tip special de mesh, în care pozițiile vârfurilor sunt definite de o textură. Sunt limitate de modul specific în care trebuie reprezentate, respectiv textura UV. Nu pot avea orice număr de vârfuri, ci trebuie să se conformeze la anumite dimensiuni și rezoluții ale imaginii.

Prin extinderea suportului pentru alte tipuri de mesh-uri, restricțiile existente au fost depășite. În prezent, orice formă, detaliu și complexitate este acceptată atât în Second Life cât și în OpenSim.

Conținutul se poate crea offline, pe un simulator propriu (de ex. versiunea Standalone) sau cu aplicații specializate, și apoi încarcă online. De asemenea, se poate crea în mod colaborativ, online.

Una dintre provocările cu care se confruntă creatorii este un compromis între detalii bogate vizual și complexitatea geometrică. În mod ideal, prin adăugarea de mai multe și mai mici fațete ale unui obiect, un modelator poate crea diferite texturi și obține modele realiste prin jocuri de lumină și umbră. Cu toate acestea, adăugarea de fațete crește rapid dimensiunea modelului și costul său de vizualizare. **Normal și Specular Maps** sunt tehnici de a aborda acest aspect, permițând crearea unor obiecte complexe ca suprafață, dar fără o modelare fină de geometrie.

Normal Map permite simularea geometriei unei suprafețe (rugozitate, umflături, muchii și fețe suplimentare) (Moldoveanu et al.,1996) folosind texturi. În plus, Specular Map permite simularea reflexiei speculare la nivel de pixel. Dezvoltatorii open-source ai viewer-ului Exodus

au creat suport pentru Normal și Specular Maps, precum și unele controale suplimentare pentru modul în care lumina este reflectată de fețe.

4.3.9.6 Scripting

OpenSim suportă multiple motoare de scripting. Motorul implicit este XEngine. Se pot utiliza mai multe limbaje de scripting : Linden Scripting Language (LSL) (Moore, Thome, & Zita, 2008), C# și Visual Basic (VB).

În plus, în OpenSim este implementat și OpenSim Scripting Language (OSSL) care extinde anumite funcționalități care nu sunt implementate în LSL, printre care: funcții de creare și manipulare de agenți NPC server-side, funcții de desenare, funcții de creare și scrierea în notecarduri, funcții pentru scripturi dinamice.

Limbajul de scripting LSL se execută foarte lent în primele versiuni. Îmbunătățiri majore de viteză de execuție s-au obținut de când a fost inclus în mașina virtuală **Mono**, care implementează cod .NET. Este oferit ca open-source și poate rula pe toate sistemele de operare. Motorul OpenSim compilează codul LSL în **cod .NET** care este mai departe translatat în **cod nativ**, ceea ce determină o rulare mai rapidă.

LSL are o sintaxă similară limbajelor C sau Java, și este un limbaj event-driven. Se bazează pe un automat de stări bine definit, care constituie un *state model*, respectiv diferite comportamente pot fi captate în diferite stări, și există tranziții explicite între stări. Evenimentele sunt tratate în cadrul event handler-elor.

Un script este un "bun" (*asset*) al lumii virtuale. Aplicat unei primitive, îi determină comportamentul (*behaviour*), aspectul, relația cu alte primitive, starea de mișcare, textura, interacțiunea cu alte obiecte (primirea de mesaje, răspuns la acțiunile utilizatorului).

LSL utilizează câteva **tipuri de date** mai speciale: **vector** pentru poziții, direcție, viteză, s.a.; **quaternion** (structura 4D) pentru rotații ; **key** pentru identificator de tip UUID (Universal Unique Identifier); **list** pentru liste de valori și **Strided list** pentru structuri compuse (stride = număr de elemente din structura compusă): list COLORS = [« red«, <1., 0., 0.>, « green«, <0., 1., 0.>];

Se recomandă scrierea de scripturi mici, focalizate pe anumite funcționalități. Dacă un obiect are multiple scripturi, acestea se lansează în paralel. Lansarea lor în execuție este aleatoare, de aceea un obiect se pot afla în diverse stări.

Există întâzieri intenționate (*delays*) în execuția unor funcții.

4.3.9.7 Avataruri și NPC

În mediile virtuale utilizatorul este reprezentat printr-un agent și un avatar. Avatarul este un agent cu aspect vizual. Un bot sau Non-Player-Character (NPC) este un avatar sau o instanță care este controlată de mașină, nu de un utilizator uman. Aceștia au percepția asupra mediului cu ajutorul conceptului de senzor și utilizează un *proces de reasoning*, o formă de inteligență artificială, pentru a acționa în cadrul lumii virtuale.

Botii pot avea diverse utilizări, de ex. realizarea de invitații de grup (*ceea ce nu este posibil prin LSL*) sau acționarea ca non-player character (NPC) într-un joc role-playing.

Aspectul vizual server-side al botilor este salvat și încărcat prin serializarea structurii datelor de aspect (appearance) într-un obiect de tip notecard prezent în aceeași primitivă ca și scriptul. Imaginile texturilor se pot salva și încărca din fișiere arhivă, *OpenSim Archive (OAR)*.

4.3.9.8 Animații

Obiectele 3D pot fi animate cu ajutorul unor scripturi simple care definesc diferite comportamente.

Comportamentul scriptat poate fi aplicat și agenților. Animațiile avatarurilor reprezintă un set de instrucțiuni care determină o secvență de mișcări în care se angajează avatarul. Acestea înlocuiesc sau completează animația implicită, efect denumit *animation override* (AO).

Animațiile complexe se realizează cu aplicații specializate, cum ar fi Poser (<http://graphics.smithmicro.com/go/poser>) sau Blender (www.blender.org), utilizând formatul Biovision Hierarchy (BVH). Acestea se încarcă în mediul virtual, și se plasează în orice atașament, utilizând un script AO.

Pentru a schimba animația implicită, este nevoie de setarea unei permisiuni.

Există 21 de posturi pre-definite ale avatarurilor care pot fi animate.

4.3.9.9 Conținut multimedia

Conținutul multimedia se instalează pe primitive și a fost implementat începând cu OpenSim 0.7.1, caracteristica fiind denumită **MediaOnAPrim** sau **Shared Media**. Această facilitate permite :

- afișarea și navigarea de pagini web utilizând un browser web intern sau extern;
- streaming media în OpenSim.

Streaming-ul funcționează ca în Second Life, respectiv acesta are loc **în afara** platformei, pe un server dedicat. Conținutul de streaming este transmis direct către un player QuickTime din viewer. Streaming-ul nu impactează performanța simulatorului, deoarece tot conținutul este trimis viewer-ului și player-ului Quicktime. Formatele suportate sunt cele listate de Apple.

4.3.9.10 Asset-uri

Asset-urile reprezintă conținutul de orice formă care poate fi utilizat într-o platforma 3D. Acestea conțin informații despre obiecte: geometria primitivelor, imagini texturi, texte din notecard-uri, etc. Pentru adăugarea de asset-uri pe serverul OpenSim, acestea trebuie generate sub forma de fișiere XML, IAR sau OAR, arhive OpenSim în format tgz.

4.3.9.11 Comunicații

Comunicații între utilizatori

În OpenSim comunicațiile au loc prin :

- Text chat, între mai mulți utilizatori (discuției publice) ;
- Instant Messaging, între 2 utilizatori (discuției private) ;
- Voce

Mesageria instant (IM) este o modalitate privată de a comunica cu persoane sau grupuri de care aparține utilizatorul. Se poate comunica prin IM cu orice rezident, indiferent unde sunt, inworld sau offline, în orice moment, în contrast cu chat-ul local, care se limitează la cele in-world și în același timp.

Distanțele de vizibilitate ale **text chat**-ul depind de tipul de chat:

- Text șoptit are o rază de 10 metri ;
- Text chat normal are o bătaie de 20 de metri; utilizatorul trebuie să fie în picioare ;
- Text strigat are o rază de 100 de metri.

Mesajele instant, chat de grup și conferințe nu au limite de distanță. Destinatarii vor vedea textul, indiferent unde sunt plasați in-world.

Pentru integrarea de voce în OpenSim sunt disponibile:

- modulul Mumble voice, care indica avatarul care vorbește;
- serviciul de voce Vivox (din SL);
- serviciul Freeswitch.

Serviciile sunt utilizabile cu serverele corespunzătoare dar suportul este primitiv și nu este implementat sunet spațial (http://opensimulator.org/wiki/Feature_Matrix).

Comunicații între obiecte și avataruri

Comunicația între obiecte și avataruri este deosebit de importantă pentru implementarea unei lumi virtuale. Tipurile de comunicații sunt:

Avatar-obiect: *chat și dialog* (ferestre pop-up) ;

Obiect-obiect: *chat*;

Primitiva-primitivă: *linked messages*;

La distanță: email, IM, multi-object relays;

Comunicațiile utilizează canale. Pentru comunicația între avataruri se utilizează canalul 0.

Comunicații în afara mediului

În afara de comunicația prin email și cea prin streaming de audio-video, mediile virtuale SecondLife și OpenSim permit realizarea de aplicații distribuite pentru conversații între obiectele scriptate și mediul web 2D, prin utilizarea protocoalelor HTTP și XML-RPC.

Comunicația este bi-direcțională, aplicații tipice fiind: afișare de conținut web în interiorul lumii virtuale, sau controlul unor obiecte din lumea virtuală de către programe exterioare acestora.

Scripturile lansează cereri asincrone pentru pagini web.

LSL oferă mecanisme pentru obiectele scriptate din regiune de a solicita date prin *llHTTPRequest()*, respectiv de a recepționa date prin evenimentul *http_response*.

De asemenea pot solicita o adresă URL prin *llRequestURL()*, respectiv evenimentul *http_request* de la servere externe prin HTTP. O utilizare este în cazul MOAP (media on-a-prim).

Protocolul HTTP este important pentru ca asigură accesul la date externe, furnizate de pagini web, servicii web și baze de date.

4.3.9.12 Servicii RESTful și suport JSON

Pentru accesul la resurse (Asset sau Inventory) este oferită o bibliotecă, care implementează protocolul RESTful.

În actuală versiune a OpenSim sunt oferite câteva handler-uri RESTful: pentru **asset**, **avatar appearance** și **inventory** (OpenSim Wiki, 2015).

De asemenea, autentificarea de bază este suportată, dar nu și cea securizată. Procesul de adăugare de noi servicii la un handler este rapid (OpenSim Wiki, 2015).

Ca protocol se utilizează HTTP și metode de tip GET, PUT, POST, și DELETE. Resursele pot fi adresate ca o colecție, sau ca element dintr-o colecție.

În Fig. 4.10 se ilustrează stiva software a OpenSim pentru integrarea cu arhitectura REST.

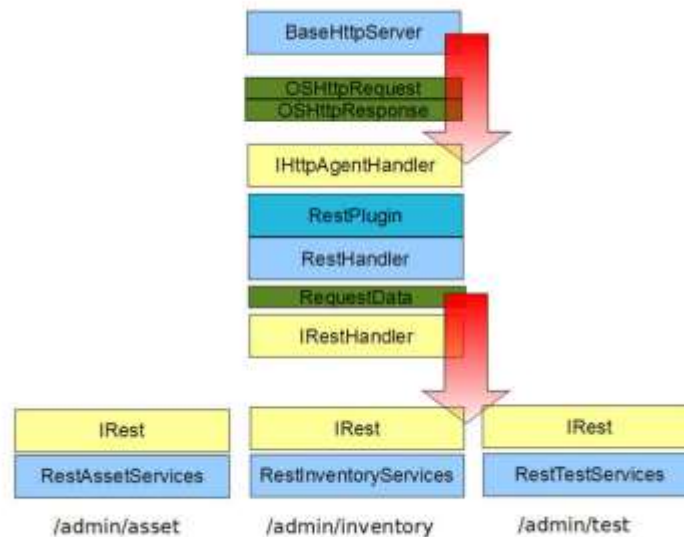


Figura 4.10 Figura Servicii REST OpenSim (OpenSim Wiki, 2015f)

După cum se observă, toate cererile sunt lansate și returnate către serverul HTTP al OpenSim. Handlerul este izolat de această implementare prin interfața IHttpAgentHandler și tipul de data OSHTTP. Cererea este pasată handler-ului adecvat.

Relația este definită de interfața IRest și de tipul RequestData. Implementarea principală este în clasele Rest.cs și RequestData.cs (OpenSim Wiki, 2015).

Limbajul de scripting din OpenSim are suport limitat pentru serializarea datelor în format JSON, cu care operează majoritatea serviciilor REST și web 2.0. Implementările OSSSL aduc o îmbunătățire prin funcția osParseJSON, care permite unui script C# să consume date JSON.

Modulul JStore permite scripturilor și modulelor regiune să partajeze date structurate.

4.3.9.13 Interfețe de interacțiune om-calculator

Simulatoarele actuale, prin intermediul viewer-elor, permit realizarea de controale speciale, denumite HUD (heads-up display), care reprezintă o forma de comunicație între utilizator și simulatorul 3D. Acestea sunt obiecte 3D scriptate, care au *latura numerotată cu 4* ca parte vizibilă și care se atașează în puncte specifice denumite “*HUD points*” de pe avatar sau de pe ecran. Ele nu sunt vizibile decât avatarului posesor. Aceste obiecte sunt destinate creerii de *elemente UI*, care încapsulează funcționalități scriptate, cum ar fi vitezometre, butoane, setări de animații (AO).

Fiecare punct de atasare la HUD are ca origine vectorul $\langle 0,0,0 \rangle$. Numai componentele .y și .z sunt utilizate pentru poziționare, în timp ce componenta x este utilizată pentru a determina ce părți se suprascriu când se suprapun 2 HUD-uri.

Sistemul de coordonate este invers față de cel tradițional, respectiv numerele pe axa orizontală a gridului HUD se măresc la deplasarea în stânga ecranului. Numai axa verticală este normală.

În Cudworth (2014) există o descriere a tipurilor de HUD pentru Second Life și OpenSim, și detalii de realizare a acestora.

4.3.9.14 *Utilizarea grupurilor și sistemul de permisiuni*

Grupurile sunt o caracteristică importantă deoarece reprezintă o modalitate de a gestiona utilizatorii în funcție de acțiunile și drepturile permise.

Sistemul de permisiuni este conceput să fie flexibil prin utilizarea unor măști de permisiune, care se reduc la drepturile “MCT” ale proprietarului (*owner*) obiectului: M- move; C-copy; T-transfer. Proprietarul obiectelor poate modifica aceste drepturi dintr-o fereastră a viewer-ului.

4.3.9.15 *Griduri educaționale OpenSim*

OPENVUE - institut virtual educațional și de cercetare în jurul Universitatii Edinburgh.

Login-URI: virtual.aiai.ed.ac.uk:8002

Site : <http://vue.ed.ac.uk/openvue/>

Dimensiunea maximă a unui asset în 2013 este de 16MB.

ScienceSim – grid pentru simulări științifice

Login-URI: grid.sciencesim.com

Site: <http://grid.sciencesim.com/grid/hypergrid.php> “Newton”

jokaydiaGrid - grid pentru educație și arta.

Site web: <http://jokaydiagrid.com>

Login-URI: 74.63.215.2:8002

VIBE (Virtual Islands for Biology Education) - Simulator cu mai multe regiuni, pentru diverse discipline (chimie, arheologie).

Registration Web Interface: <http://vibe.bio-se.info:9000/wifi>

Login-URI: vibe.bio-se.info:9000

Site: <http://wiki.bio-se.info/doku.php?id=start>

Genome Island: genome.bio-se.info:9000

University of Cincinnati

Grid OpenSim de tip Virtual Campus

Login-URI: <http://ucsim.uc.edu:8002>

Site web: <http://ucsim.uc.edu/blog/>

Zurich University of the Arts

Hypergrid public

Login-URI: <http://login.ngrid.org:8002/>

Coordonate Centru: 10000,10000

Landing Region: HyperSim

Site: <http://ngrid.org/>

Gridurile OpenSim active se găsesc listate în <http://opensim-edu.org/blog/edu-directory/> și în www.hypergridbusiness.com.

4.3.9.16 *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 limitări ale viewer-elor actuale.

În această secțiune am rezumat principalele limitări de funcționalitate ale versiunii actuale OpenSim.

Întârzieri de răspuns

Mediile virtuale 3D (lumi virtuale, jocuri) sunt caracterizate de întârzieri denumite *lags*, care reprezintă percepția umană ca ceea ce se întâmplă are loc în mod lent: animația, mișcarea, răspunsul la chat sau IM. Există mai multe cauze (Moore et al., 2008):

Întârzierea datorată viewer-ului, cauzată de existența unor texturi animate, efecte de particule, iluminări locale, obiecte în mișcare, evenimente care au loc periodic (pe timer).

Întârzierea datorată rețelei, cauzată de o conexiune lentă, dar și de existența unui conținut grafic complex care se actualizează.

Întârzierea datorată simulatorului, provocată de scripturi complexe sau calcule de simulări fizice, sau de întârzierile artificiale care însoțesc execuția anumitor scripturi (echivalente cu `llSleep(nr secunde)`).

Numărul de utilizatori

În (Baldi & Lopes, 2012) și (Gabrilova și Lopes, 2012), în care al doilea autor este creatoarea funcționalității de Hypergrid în OpenSim, se apreciază că una din limitările importante ale acestei platforme este numărul de utilizatori simultani într-o lume virtuală OpenSim. Pentru o experiență bună, cu întârzieri minime, acest număr este mai mic de 25.

Interfața grafică

Interfața grafică a clienților Second Life, utilizați și de OpenSim, este foarte încărcată și de aceea învățarea acesteia are loc după o experiență acumulată. Modul de interacțiune, specific mediilor 3D, este de asemenea dificil de învățat.

Și alți cercetători (Fox et al., 2010; Cheal, 2015; Coban et al., 2015) menționează deficiențe similare, de ex. mâna avatarului este limitată ca acțiune și este de așteptat un progres în interacțiunea haptică.

Este de așteptat ca aceste interfețe să evolueze o dată cu progresul echipamentelor, de ex. prin integrarea cu Oculus Rift (hypergridbusiness.com).

Editorul grafic

Editorul grafic din simulatorul OpenSimulator este un instrument important și util pentru crearea de conținut în interiorul mediului virtual. Ca instrument de authoring pentru proiecte complexe are limitări: a) lipsa de productivitate; b) lipsa unui control de tip Undo foarte necesar (de ex. se pot șterge din greșeala obiecte). La aceasta se adăuga organizarea destul de primitivă a conținutului în Inventory, care nu permite o versionare a conținutului grafic. Diversele versiuni au identificatori interni diferiți, dar în Inventory apar cu același nume.

Număr de media

O limitare importantă este a mecanismului de streaming care nu suportă mai multe media simultan în cadrul unei regiuni.

Sistemul de permisiuni

Sistemul de permisiuni nu funcționează fiabil și poate crea probleme la transferul de conținut între simulatoare.

În plus, modul de lucru pe grupuri funcționează doar când OpenSim utilizează baza de date MySQL.

Limitări ale limbajului LSL

Scripturile se pot testa în afara mediului doar din punct de vedere al sintaxei.

4.3.10 Studiu comparativ Second Life și OpenSimulator

În Tabelul 4.2 este sintetizată o comparație între cele 2 platforme de implementare a lumilor virtuale 3D.

Tabel 4.2 Comparație între Second Life și OpenSimulator

Caracteristici	Second Life	OpenSim
Tipul	Platforma virtuală 3D multi-utilizator (MUVE) cu elemente sociale, proprietară. Client open-source Lansat în 2003. Limita de vârstă a utilizatorilor mai mare de 16 ani.	Server de aplicație (Simulator/Platform) pentru crearea de medii 3D, open-source, multi-platformă. Clienți pentru SL, cu modificări pentru OpenSim, open-source. Lansat în 2006. Nu există limită de vârstă.
Arhitectura	Un spațiu continuu (denumit și grid), din care se cumpără și închiriaza parcele.	Standalone sau arhitectură de grid (servere interconectate). Constituit din regiuni. O regiune are 512x512 m ² . Un grid reprezintă un ansamblu de regiuni. -regiuni standalone (“sims”) -griduri (multi-regiune) -optional Hypergrid (HG)
Costuri	Necesita cumpărarea de teren și o taxă lunară. Subdivizat în parcele. Gratuit este numai clientul. Există zone libere – sandbox-uri, unde conținutul se șterge în fiecare zi. Din 2010 nu se mai acordă discounturi pentru educație	Mediu și client gratuit. Costuri de mentenanță. Griduri publice gratuite sau contra cost. De ex. OSGrid, Reaction Grid, OpenVue.
Stabilitate	Stabil, deservit de rețeaua de calculatoare Linden Lab.	Stabil în versiunea actuală, dar poate necesită restartarea serverului, ștergerea memoriei cache, recompilarea serverului dacă se adaugă regiuni, module dll. Necesită administrare.
Deschidere către alte lumi virtuale/ hypergrid	Mediu închis. Teleportarea doar în cadrul SL și dintr-un browser web prin intermediul <i>slurl</i> .	Permite o arhitectură de <i>hypergrid</i> prin care este posibilă teleportarea dintr-un grid în altul, menținute de diferite entități. 2008 – Primul salt avatar între OSGrid și SL.
Deschidere către medii exterioare/	La nivel de server, prin mashup de servicii. Suportă protocoalele HTTP, XML-RPC.	Dezvoltări atât pe server cât și pe client. Oferă acces la baza de date (MySQL, MSSQL). La nivel server, prin module

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

extensibilitate	La nivel de client, prin extinderea codului open-source.	plugin sau DLL-uri, fișiere de configurare. Prin mashup de servicii. Suportă protocoalele HTTP, XML-RPC. http://OpenSim.org/wiki/related_software
Scripting	LSL- Linden Lab Scripting Language. Server-side. Limbaj procedural de scripting. Sintaxa similară C. Suportă obiecte, dar nu este object-oriented. Integrare cu OpenMetaverseLib client-side pentru agenți ineligenți.	Suportă mai multe motoare de scripting : LSL/OSSL, C#. Se execută mai repede, fiind convertit în cod intermediar .NET.
Comunicații in-world	Pe diferite distanțe, la nivel de parcelă, IM, chat, email.	Similar.
Creare și gestiune de conținut 3D	Obiectele create din primitive SL sunt evaluate ca factor de impact. Acesta reprezintă cel mai mare factor de încărcare dintre: factorul de download, factorul de simulări fizice (physics) ; factorul de resurse server. Încărcarea de mesh-uri pe gridul principal Second Life costa Linden dollars. Pentru dezvoltare și testare se poate încărca gratuit pe gridul <i>Aditi beta</i> . Pentru importul de mesh-uri se plătește în avans și ceea ce depășește costul computațional admis. Modelare și texturare de teren. Gestiune obiecte inventory. Backup numai de conținut creat în totalitate. Import mesh-uri în format Collada 1.4. Export de mesh-uri și avataruri în fișiere XML.	Conținutul importat și creat in-world în mod gratuit. Se pot încărca mesh-uri cu ajutorul viewer-elor care suportă mesh-uri - Singularity, Imprudence. Modelare și texturare de teren. Suportă clienți care permit creare de conținut 3D în real time. Gestiune în inventory și arhive de inventory (IAR) și de regiuni (OAR, XML2) (se poate face backup la întreaga regiune). Resurse free de conținut cu licență Creative Commons: LindaKellie.com
Zone educaționale	> 250 universități	266 de griduri active (2013) (http://www.hypergridbusiness.com/statistics/opensim-grid-list), din care majoritatea sunt educaționale
Economie	Moneda L\$260 = US\$1 Se pot cumpăra / închiria teren, modele.	Se pot crea programatic o monedă și o piață.
Multimedia	Suportă streaming. Trebuie create servere de streaming.	Suportă streaming. Trebuie create servere de streaming.
Grupuri	Gestiune nativă de grupuri.	Se pot crea programatic.
Fenomene fizice	Motorul Havok 4.0	Motorul Havok 4.0 și altele care se pot declara în OpenSim.ini, de ex. ODE.
Securitate, protecția tinerilor de conținut inadecvat	Numai prin limită de vârstă. Există mesaje și emailuri spam, invitații în zone de gambling, etc.	Protejat prin separarea gridurilor.
Distribuție	Distribuție pe infrastructura de servere.	Conținutul nu este distribuit (baza de date)

		de avatari, de modele). Serviciile sunt distribuite: servicii utilizator, servicii pentru asset-uri, servicii de grid, servicii de inventory.
Clienți mobili	http://www.mobilegridclient.com/ Pocket Metaverse Lumiya Second Life Go	http://www.mobilegridclient.com/ OpenSim Mobile Lumiya
Integrare cu LMS	SLOODLE	MODLOS http://www.nsl.tuis.ac.jp/xoops/modules/xpwiki/?Modlos%20(E)
Documentație	Oficială, wiki, tutoriale, manuale.	Wiki, source software
Copyright/licențiere	licență GPL: Orice dezvoltare pe partea de client, rămâne open-source. Scripturile sunt Creative Commons. Copyright LL.	licență BSD: Orice dezvoltare pe partea de client, rămâne proprietar.

4.4 LUMI VIRTUALE 3D IN BROWSER

4.4.1 RealXtend

Este o versiune experimentală extinsă a OpenSim, focalizată pe utilizarea de mesh-uri 3D și informații multimedia (Kappe & Guetl, 2009; Realxtend, 2015).

Utilizează **SDK-ul Tundra** și un **add-on pentru serverul OpenSimulator**. Framework-ul tratează elementele fundamentale ale lumilor virtuale (de ex. suport pentru avataruri) ca **funcționalități add-în**, deci arhitectura permite **numeroase tipuri de lumi virtuale**, de la aplicații standalone (joc single-player sau instalație CAVE) până la lumi interconectate în rețea.

Acceași bază de cod se utilizează atât pentru server cât și pentru client, dar cu diferite configurații.

Ca și OpenSim, de la care provine o mare parte din codul său, realXtend are ca scop să permită persoanelor și grupurilor să creeze și să exploreze propriile lumi virtuale, fără a fi conectat la lumi virtuale mult mai mari, cum ar fi Second Life.

Inițial, în 2008, realXtend a publicat un viewer propriu derivat din viewer-ul SL. Clientul este gratuit, open-source pentru Windows, care permite vizualizarea și accesarea atât a Second Life cât și a gridurilor de lumi virtuale bazate pe OpenSim, licențiat sub GNU GPL.

Viewer-ul realXtend folosește motorul grafic OGRE, oferă umbrire în timp real, simulare îmbunătățită pentru iluminare, mesh-uri și avataruri realiste. Motorul fizic oficial din Second Life este Havok care este proprietar. Viewer-ul se conectează la codul OpenSim prin intermediul unui modul utilitar denumit ModRex.

Taiga, lansată în 2009, este o suită **software de tip server** derivată din proiectul **ScienceSim** (sustenut parțial de către Intel), care este el însuși derivat din OpenSim. Spre deosebire de OpenSim, pachetele Taiga integrează **utilitățile ModRex și ModCableBeach** (acesta din urmă, oferă acces la Robuste Inventory, servicii de asseturi ale gridului, implementează WebDAV inventory, avataruri și autentificare OpenID).

În 2009, proiectul a început să lucreze la un **viewer nou**, original, cu nume de **cod Naali**, care este licențiat sub licență BSD. Acesta este implementat cu o arhitectură de vizualizare mai robustă. Se face uz de politica OpenSim de contribuții, și, ca și Taiga, este relicențiat sub *Apache License V2*.

Prin crearea propriului program de vizualizare de la zero, dezvoltatorii realXtend s-au eliberat de constrângerile de licență GPL. În schimb, ei au adoptat **licență Apache 2** atât pentru server cât și pentru viewer. Apache 2 este similar cu licență BSD, dar merge mai mult în detalii decât BSD, și include dispoziții privind drepturile de brevetare. Viewer-ul realXtend, Naali, este substanțial diferit de la cel de la Second Life. Ca rezultat, utilizatorii finali ai realXtend nu pot folosi experiența lor anterioară cu Second Life, nici să profite de bogăția de documente, tutoriale video, cursuri gratuite de formare și alte resurse disponibile de la comunitățile Second Life și OpenSim.

Pot fi creați clienți pentru a instala aplicații realXtend pe web. Acești clienți sunt simpli, dar pot fi utilizați cu alte produse comerciale, datorită maturității tehnologiilor folosite (*WebGL, Flash Stage3D*), motoare 3D open source (*GLGE, Away3d*).

realXtend nu este limitată la lumi virtuale, ci poate fi utilizată la multe tipuri de aplicații. realXtend nu oferă în prezent o soluție completă pentru lumi virtuale, de tipul Second Life.

Necesită licențe, pentru versiunea Jibe Unity și pentru Jibe OpenSimulator.

Dezvoltarea se realizează cu **Jibe Project Kit**, care este o colecție de cod, obiecte 3D, fișiere Unity3D pentru dezvoltarea de lumi virtuale. Kiturile de produse au mai multe nivele de produs, în funcție de tipul de dezvoltare dorită. Acestea oferă anumite drepturi de dezvoltare, utilizare și deployment a lumilor virtuale. Deployment-ul reprezintă generarea versiunii compilate pentru end-user, pentru pagina web, dispozitiv mobil, aplicație standalone sau alt produs final.

Majoritatea codului sursa din Jibe poate fi modificat de către utilizator, dar copyright-ul rămâne al ReactionGrid. Se poate modifica orice script necompilat.

Comparatie realXtend – OpenSim

O diferențiere inițială a realXtend față de OpenSim a fost suportul pentru mesh. Cu toate acestea, Second Life a lansat suport experimental pentru mesh, după care și OpenSim a oferit acest suport la scurt timp. În prezent, gridurile de înaltă tehnicitate bazate pe OpenSim utilizează mesh-uri, iar vizitatorii le pot vizualiza cu ajutorul viewere-lor experimentale care suportă mesh-uri, ca Firestorm și Singularity.

În noul realXtend, viewerul este complet personalizabil și implementat deasupra platformei generice. De exemplu, elemente ale interfeței cu utilizatorul pot fi încărcate de pe un site web. Aceasta deoarece viewer-ul realXtend este în unele aspecte similar unui browser web. De exemplu, prin conectarea la reXQuake, reXSimCity sau reXTetris cu Naali, fiecare din aceste lumi sau aplicații se comportă diferit.

În multe privințe realXtend are mai multe similitudini cu Unity3D (Unity3D, 2015), plugin de browser pentru motor Unity3D de gaming. De fapt, viewer-ul a fost **testat ca un browser plugin** dar nu funcționează încă foarte bine.

În prezent este în dezvoltare viewer-ul **WebNaali**, care folosește WebGL și nu are nevoie de un plugin. Cu toate acestea, WebGL nu este încă pe deplin implementat de browserele web și nu toate caracteristicile realXtend sunt disponibile în WebNaali.

4.4.2 Jibe

UnityJibe (ReactionGrid, 2015) 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.

Unity3D (Unity3D, 2015) este o platformă profesională de dezvoltare de jocuri și creare medii 3D. Unity3D reprezintă mediul de dezvoltare pentru Jibe, ale cărui limbaj de scripting permite ca evenimentele din lumea Jibe să modifice starea paginii web în care rezidă lumea Jibe.

Unity3D și Jibe oferă facilități pentru dezvoltare de proiecte imersive și interactive, în special pentru învățământ. Lumile virtuale sunt accesibile dintr-un web browser, oferă voce și text chat, conținutul se bazează pe modele mesh la standarde industriale, se pot realiza script-uri în C# și JavaScript. Există și modalități de integrare a lumilor Jibe cu sistemele web-based de tip CMS /LMS. Versiunile viitoare de Jibe promit deployment pe iPads și alte platforme mobile.

Lumile virtuale pot fi gazduite fie pe **serverele ReactionGrid**, contra-cost, fie pe **proprile servere**. Instalarea este rapidă și fără restartarea browserului.

Arhitectura Jibe

Arhitectura extensibilă care utilizează un layer de abstractizare middleware pentru a comunica cu diverse **sisteme back-end** (SmartFox, Photon) și **front-end** (în prezent Unity3D, care suportă WebGL) este ilustrată în Fig. 4.11.

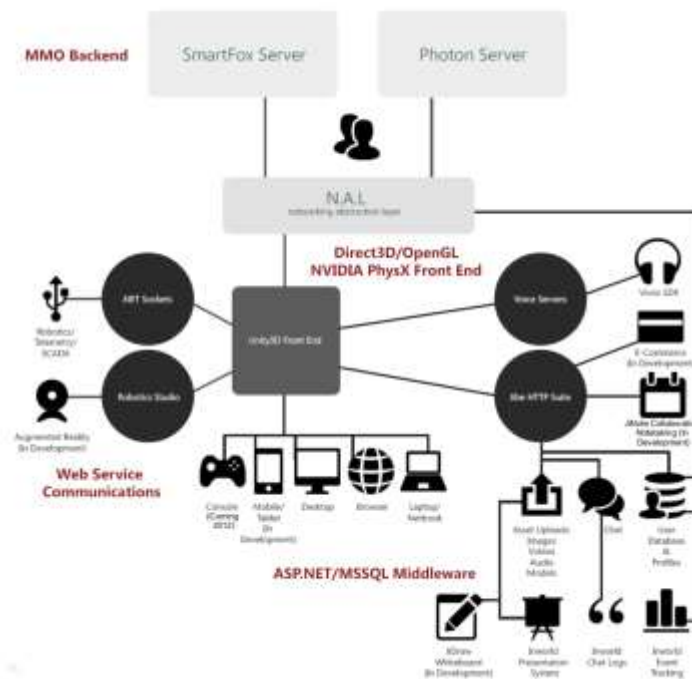


Figura 4.11 Arhitectura UnityJibe (Realxtend, 2015)

Arhitectura este optimizată pentru suportul unor lumi virtuale de tip MMO (conține un **back-end MMO**), și caracteristici grafice superioare.

Caracteristici și servicii suplimentare

- avatari 3D personalizabile;
- text chat private/public;
- suport pentru utilizare concurențială;
- integrare de voce prin tehnologia Vivox;
- sistem fizic NVIDIA Physx;
- integrare cu aplicații de Augmented Reality/SCADA/robotica/telemetrie;
- baza de date proprie pentru înregistrări;

- logging detaliat de evenimente in-world și urmărire (tracking) utilizator;
- capacitate de integrare cu baze de date ca LDAP, Facebook Connect, LMS, CMS.

Recomandări pentru Jibe OpenSimulator:

- Maximum 200 de scripturi per region OpenSimulator.
 - Maximum 20 000 primitive per region OpenSimulator.
- ReactionGrid suportă maximum 8 regiuni pe instanța OpenSimulator (consolă), iar în cazul în care acest număr este depășit, utilizatorul este taxat deoarece în această situație există timpi mai mari de startup și o potențială degradare de performanță.

Comunicații Jibe-web browser

Mediul Jibe permite comunicarea de date bidirecționale între o pagină web și lumea Jibe.

Pagina HTML care conține aplicația Unity (afișată cu ajutorul pluginului **Unity Web Player**) poate comunica cu acel conținut și invers, respectiv:

- pagina web apelează funcții din aplicația Unity;
- aplicația Unity poate apela funcții din pagina web.

4.4.3 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. Funcționează și cu Firefox dar mai lent. Cu Safari funcționează dacă se configurează în Browser Preferences suport WebGL. Microsoft Explorer necesită plugin WebGL.

Spre deosebire de alte medii 3D, oferă mai **multe moduri pentru controlul camerei**: *Free Camera, Focus Camera, Tethered Camera, Maya Camera*. Acestea trebuie corelate cu utilitățile de construcție 3D (Build Mode).

Cloud-Party are **sisteme de materiale** (o clasă superioară de texturi), **care nu sunt implementate** în Second Life și OpenSimulator. Acestea sunt importante deoarece permit creatorilor să utilizeze hărți normale.

4.5 INTEGRAREA LUMILOR VIRTUALE 3D CU SISTEMELE DE E-LEARNING TRADIȚIONALE – 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) (Sloodle, 2015; Callaghan et al., 2009). Arhitectura de integrare este ilustrată în Fig. 4.12.

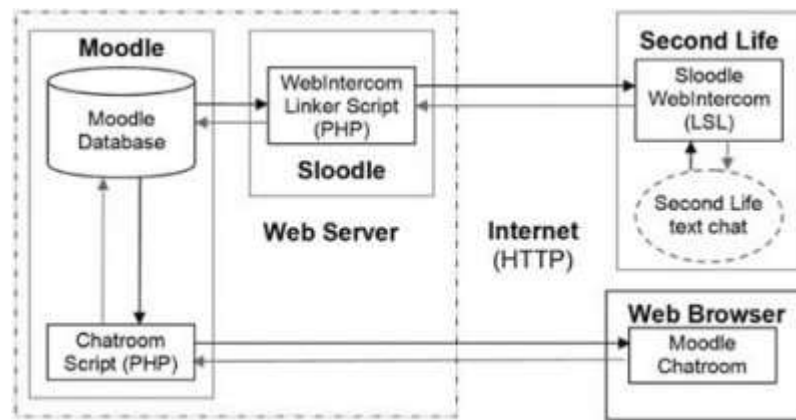


Figura 4.12 Arhitectura SLOODLE (Callaghan et al., 2009)

SLOODLE este gratuit, realizat sub licență GNU General Public License versiune 3. Oferă o bibliotecă API în PHP, orientată-obiect. Începând cu SLOODLE 2 serverul Moodle este capabil să trimită mesaje HTTP către SecondLife/OpenSim, cu condiția să fie realizate setări corespunzătoare ale firewall-ului. SLOODLE 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.

Modulul SLOODLE are 2 componente:

- a) server-side, care se descarcă și se instalează în Moodle;
- b) în simulator, care se descarcă din site-ul Sloodle. Pentru OpenSim se descarcă rezzer-ul SLOODLE2.1.

Pentru utilizare este necesar lucru colaborativ în sistemul Moodle și lumea virtuală: se creează în cadrul unui curs Moodle un *modul "Controller"*, se realizează autentificarea apoi se importă obiectul SLOODLE Rezzar.

Obiecte educaționale

Sloodle oferă mai multe obiecte 3D pentru utilizare în simulări educaționale.

SLOODLE Presenter – Obiect de prezentare multimedia, care combină imagini, video și pagini web, fără a fi necesar upload de imagini în OpenSim;

Sloodle WebIntercom - Sincronizare chat (live) din Sloodle cu OpenSim;

Sloodle Toolbar – Toolbar de tip HUD pentru blogging, gesturi în cadrul clasei s.a.;

Sloodle Quiz Chair – Aduce întrebările din modulul Moodle Quiz și creează chestionare (*quizzes*) în lumea virtuală;

Sloodle Pile On Quiz – Un chestionar multi-user care implică toată clasa;

Sloodle Prim Drop – Acceptă obiecte OpenSim și loghează tranzacții într-o bază de date Moodle. Utilizată pentru preluarea temelor studenților;

Sloodle Picture Gloss – Oferă un glossar in-world în care utilizatorii pot face căutări prin comenzi de chat. Când este găsită o intrare, textura stocată pentru acea intrare de glossar este afișată pe o primitivă din Second Life.

SLOODLE Presenter este un instrument 3D pentru crearea de prezentări (cursuri, seminarii sau tutoriale parcurse în ritm propriu). Acesta nu recurge la upload de imagini în lumea virtuală, și permite streaming de conținut în OpenSim prin utilizarea de configurări media la nivel de parcelă (secțiune a regiunii/land-ului).

Obiectul de tip Presenter trebuie să aibă același proprietar ca și land-ul sau să facă parte din grupul de proprietari.

Prezentările pot fi vizualizate în Second Life și/sau în Moodle. Obiectul Presenter poate fi setat să permită orice avatar – sau numai cel al proprietarului - să controleze prezentarea utilizând butoane înainte și înapoi.

Utilizarea unui obiect Presenter necesită crearea unei Presenter Activity pe site-ul Moodle.

- **Sloodle Controller Module**

Sloodle Controller controlează accesul Sloodle la un curs. Reprezintă un sub-tip al modului Sloodle de activity.

- **Sloodle Distributor Module** distribuie componente în OpenSim prin intermediul unei interfețe Moodle. Reprezintă un sub-tip al modului Sloodle de activity, de aceea trebuie adăugate instanțe ale lui într-un curs pentru a putea fi utilizat.
- **Sloodle Prim Drop** este un utilitar pe care instructorii îl pot utiliza pentru a permite studenților din Second Life o modalitate de a trimite teme de casa din OpenSim către un site Sloodle.
- **Freemail Blogger** este un modul de blogg-ing printr-un serviciu de email, prin care se trimite "o vedere" (postcard) Second Life la o adresa specială de email setată de instructor.

Mediul Avatarclassroom reprezintă o implementare Sloodle sub forma unor servicii cu taxă (Avatarclass, 2015). În cercetare a fost experimentat de Zender et al.(2009) și Callaghan et al (2009).

4.6 CONCLUZII

Realitatea Virtuală permite învățarea mediată în medii artificiale, imersive, în care utilizatorul interacționează direct cu mediul simulat, cu un puternic sentiment de prezență. Permite realizarea de aplicații multi-senzoriale, învățare constructivistă, experimente/vizualizări din diferite puncte de referință.

Lumile virtuale online permit realizarea de simulări și integrarea cu tehnologii de socializare, stimularea imaginației. Viitorul internet 3D: “*când se vor dezvolta lumile virtuale la nivel de întreprindere sau lumile virtuale vor fuziona pentru a crea un internet 3D*” (Open Metaverse, 2015).

Lumile virtuale nu reprezintă aplicații ale unor tehnologii, ci “laboratoare” în care se testează noile tehnologii. În acest context, lumile virtuale vor constitui un viitor ecosistem web, vor permite învățarea adaptată la nevoi, legătura cu experți din toată lumea, greu accesibili altfel.

Lumile-oglină (*Mirror worlds*) permit recrearea exactă a unor realități existente, de ex. orase.

MMOG (*Massive Multiplayer Online Games*) reprezintă implementări de jocuri cu număr foarte mare de participanți, pot fi considerate o formă de VR desktop.

MMORPG (*MMO Role-Play-Games*) permit realizarea de universități virtuale, jocuri educaționale și simulări, modelare fenomene științifice, habitate.

Jocurile educative (*serious-games*) utilizează elementele din jocurile pe calculator în scopuri educative sau de antrenare.

Realitatea Augmentată permite învățarea mediată, mobilă, situată, experiențială, un nou tip de interfață, interacțiune naturală cu modele 3D, autonomie, interacțiune, recomandate pentru învățare permanentă/cultură generală.

Din analiza platformelor existente pentru dezvoltarea de medii virtuale 3D pentru aplicații și simulări educaționale, se pot trage următoarele concluzii:

Second Life este o *platformă comercială* evoluată și stabilă pentru realizarea de comunități colaborative și sociale; este adecvată pentru prezențe 3D ale instituțiilor și universităților, care pot suporta mai ușor și costurile aferente cumpărării de teren și serviciilor oferite de Linden Lab; Permite dezvoltări numai pe partea de client; funcționarea este limitată la mediul internet.

Jibe este o platformă care s-a dezvoltat din OpenSim, care are avantajul că lumea virtuală este integrată în pagini web și care utilizează facilitățile de authoring, de randare și de scripting ale motorului Unity3D; comunicația web este ușor de implementat; poate fi ușor de integrat pe dispozitive mobile; nu este gratuit, iar realizarea mediului virtual 3D este controlat de ReactionGrid prin limitări legate de performanță.

Wonderland Project este o platformă dedicată creării de medii mixed-reality, care utilizează tehnologii Java.

Cloud-Party este o altă opțiune pentru integrarea mediilor 3D cu browser-ele web, care are o bibliotecă API proprie. Aduce inovații la metode de construcție a mediului 3D și a avatarurilor.

OpenSim este o *platformă server open-source*, care permite dezvoltări funcționale la nivel de server, dar la nivel de comunitate care nu este mare, dar este în creștere; limbajele de scripting precum și codul C# pe care îl acceptă permit numeroase customizări; permite funcționarea scalabilă și flexibilă (în diferite configurații) – pe conexiune internet, intranet, standalone sau pe stick (distribuția Simonastick), în viitor pe dispozitive mobile, ceea ce facilitează experimentarea mediului, implementarea cu costuri administrative minime, controlul scalabilității; documentația nu este foarte bine organizată; oferă caracteristica puternică de hypergrid. Implementare specifică open-source (modulară). Lecțiile on-line pot fi salvate/încărcate ca fișiere arhivă OAR. Necesită dezvoltarea unor interfețe specializate pentru facilitarea utilizării.

Cercetările au evidențiat următoarele **aspecte calitative**:

- Tehnologiile tradiționale de e-Learning evoluează în domeniul integrării paradigmatelor web 2.0 (spații personale de învățare), paradigmatelor noi de infrastructură și servicii (SaaS, cloud, echipamente mobile), al integrării cu mediile virtuale de învățare (Moodle & SecondLife), al paradigmatelor noi de învățare autonomă, în ritm propriu. Dezvoltarea societății impune apariția de noi sisteme de e-Learning la nivel corporatist, de management de talente, de planificare și dezvoltare a carierei, de învățare permanentă/pe durata vieții.
- Tehnologia VR este pe deplin maturizată, cu domenii foarte diverse de aplicabilitate, dar cu puține instrumente de dezvoltare consacrate; evoluția hardware o va face mai accesibilă financiar și pentru utilizatorii obișnuiți.
- Tehnologia AR a atins un prim nivel de maturizare și are un spectru larg de aplicabilitate; nu este matură la nivel de standardizare, bune practici, modele de aplicații, instrumente de dezvoltare și authoring de conținut.
- Platformele de Mobile AR sunt cele mai accesibile; realitatea augmentată este încă în dezvoltare, tehnologic și la nivel de paradigme de interacțiune om-mașină; realitatea augmentată spațială (SAR) este un domeniu spectaculos, cu grad mare de interactivitate, cu potențial educativ.
- Sunt în plină dezvoltare tehnologiile MR (*Mixed Reality*).
- Sunt în cercetare noi metode și instrumente de authoring pentru sistemele de e-Learning, care utilizează realitatea mixtă și includ medii narrative cu personaje virtuale ca interfața bazată pe acțiune, pentru jocuri educaționale.

- Mediile virtuale 3D online, interactive și cu componentă socială sunt considerate cele mai de viitor în ceea ce privește utilizarea în scopuri educaționale. Un rol esențial îl are activitatea de design a conținutului educațional.
- Problematika jocurilor educaționale este de mare actualitate, fiind dovedit științific aportul acestora la dezvoltarea proceselor cognitive.
- Jocurile cu participare masivă și bazate pe roluri (*MMORPG*) au acceptarea cea mai largă în rândul utilizatorilor, dar nu există încă implementări majore educaționale.
- Rezultatele cele mai bune s-au obținut prin utilizarea combinată a tehnologiilor tradiționale, în clasă, cu cele virtuale.

Cercetările au evidențiat următoarele **aspecte critice**:

Aplicațiile educaționale bazate pe tehnologii VR/AR *nu au atins o masă critică*, o utilizare largă. Există realizări semnificative în domeniul academic și al industriilor de vârf (militar, aviație) sub formă de simulatoare și aplicații de asistare și training, dar relativ puține în exploatarea sistematică în domeniul educațional larg. Cauzele sunt:

- Insuficienta dezvoltare a instrumentelor de authoring de conținut și de scenarii de desfășurare, care să asigure o rapidă prototipizare a aplicațiilor.
- Necesitatea de centrare a dezvoltării aplicațiilor pe utilizator/beneficiar al educației, prin introducerea de elemente avansate de inteligență artificială/agenți software pentru transmiterea mesajului educativ în mod ghidat și adaptat la necesitățile și nivelul utilizatorului.
- Capacitatea profesorilor de a crea conținut educativ în cadrul acestor lumi 3D virtuale este încă limitată de abilități tehnice specifice.
- Aplicațiile educaționale au cerințe specifice; nu este suficientă prezentarea de conținut, aceasta asigurând un *prim nivel de cunoaștere*, unul intuitiv și informal. Este necesară ghidarea utilizatorului, conștientizarea învățării prin participare proprie și auto-evaluare.
- Lipsa instrumentelor de apreciere obiectivă a calității unui sistem educațional în spații virtuale.
- Lipsa instrumentelor de evaluare a gradului de dobândire a cunoștințelor în urma utilizării de spații virtuale educaționale.
- Ușurința de utilizare a unui mediu 3D: navigarea este destul de dificilă, trebuie să fie naturală și intuitivă.
- Inerția în adopția lumilor virtuale în domeniul educațional: 3D nu este încă o metaforă familiară.

Experimentările de aplicații VR (Jung, 2008) au arătat că utilizarea în browser a condus la o experiență de învățare mai eficientă pe termen lung decât cea dintr-un mediu 3D pur, pentru că în prezent este mai ușor de creat un mediu interactiv și bogat în informații 2D decât un mediu imersiv, cu personaje virtuale realiste ca parteneri de dialog.

Gütl (2009,2009a) a realizat mai multe studii referitoare la educația la distanță, studii care au indicat că există o rată mare de renunțare și un nivel scăzut al învățării în aceste medii. Cauzele identificate de Gütl includ: (a) sentimentul de izolare, (b) sentimentul de amânare, (c) lipsa de canale multiple de comunicare, și (d) dificultăți legate de legislație.

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

CAPITOLUL 5

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

În prezent, mai multe campusuri universitare oferă prezențe 3D și desfășoară cursuri în medii virtuale 3D. Scopul este de a permite accesul de la distanță și de a oferi un mediu de învățare mai captivant, intuitiv și stimulat, precum și socializare și colaborare. Aceste 3DVLE sunt construite pe platforme on-line 3D de uz general, dintre care cele mai utilizate sunt Second Life, OpenSimulator, Open Wonderland și Unity3D. Menționăm implementarea pe platformă OpenSim de institute virtuale de învățământ și de cercetare de către:

- **Universitatea din Edinburgh** (OPENVUE, 2015);
- **Universitatea din Cincinnati** (CINCINNATI, 2015);
- **Universitatea de Arte Zurich** (ZURICH, 2015);
- **ScienceSim** - un grid pentru simulări științifice (SCIENCEGRID, 2015).

În prezent sunt înregistrate în Second Life peste 100 de instituții de învățământ superior (Horan și Gardner, 2009). În figura 5.1, sunt prezentate câteva modele 3D pentru *Second Life*, ale Universităților Delaware, Florida, Marshall.



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

United States Air Force Academy a implementat un campus virtual 3D în browser utilizând tururi virtuale realizate în *Unity3D* pentru facilitarea prospecției și a înrolării în universitate (USACADEMY, 2016).

5.1 PROIECTUL SECONDDMI

În (De Lucia et al., 2009) se prezintă un sistem de învățare colaborativă prin extinderea serviciilor unui sistem LMS cu un modul de gestiune întâlniri și multimedia. Se realizează o replicare a unei clase reale prin servicii de monitorizare și moderare de discuții.

Rezultate:

S-au dezvoltat plugin-uri Moodle care au fost integrate în SL și obiecte SL au fost implementate pentru a oferi suport pentru activități sincrone, colaborative, bazate pe roluri. Suportul multimedia a fost extins cu funcții pentru explorarea conținutului. Studenții pot realiza configurări în sistemul Moodle și sunt automat teleportați către o cameră SL. Se realizează și colaborarea pe grupuri. Plugin-ul multimedia pentru Moodle (*MuM*) oferă capabilități de streaming atât pentru Moodle cât și în SL (De Lucia et al., 2009).

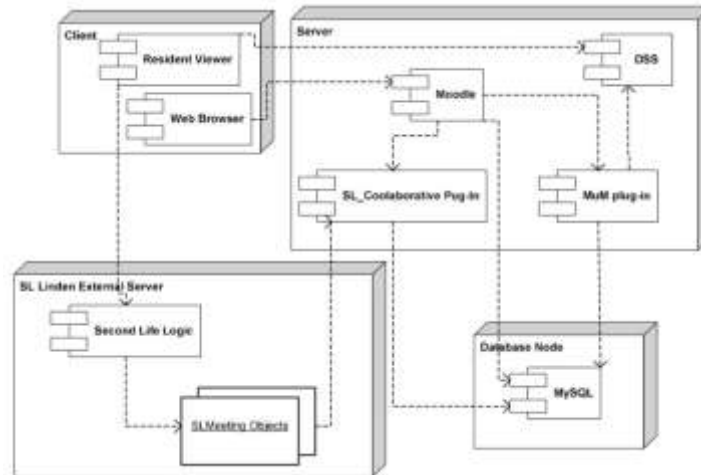


Figura 5.2 Arhitectura SecondDMI (De Lucia et al., 2009)

5.2 UNIVERSITATEA CHINEZA DIN HONG KONG

Proiecte legate de realizarea unui campus virtual 3D al Universității Chineze din Hong Kong sunt prezentate în Chen et al. (2010) și în Weitao (2011).

În Chen et al. (2010) se prezintă un proiect care explorează tehnicile de design ale unui mediu virtual 3D online realist și modalități de a integra campusul real în mediul educațional virtual" (Chen et al., 2010).

Se utilizează 36 de regiuni OpenSimulator de 256x256 metri și 6 servere Windows 2008 pentru modelarea a peste 100 de clădiri și suportul regiunilor (Chen et al., 2010).

Spațiile educaționale reprezintă un centru de informare, încăperi de întâlnire, clase virtuale (Chen et al., 2010).

Problemele întâmpinate: modelarea și texturarea unui model 3D complex.

În (Weitao, 2011) s-a realizat un model 3D complex al universității, cu multiple nivele de detaliu (LOD), caracteristică suportată de OpenSimulator, de ex. de la simple structuri exterioare la detalii de interior.

Potențarea percepției mediului virtual este realizată prin utilizarea de filme, atât istorice cât și în timp real. De asemenea, este realizat și video broadcasting în mediul virtual, prin care utilizatorii noi pot percepe atmosfera din interiorul campusului. Pentru achiziția video se utilizează o cameră web integrată, de la orice dispozitiv desktop sau mobil, și un server de video streaming pentru preluarea și integrarea informației video în campusul virtual.

Rezultate:

Autorii au constatat ca broadcasting-ul video a suferit întârzieri (*lags*) datorate mediului virtual (transmisiei în rețea) față de situația dinafara mediului virtual.

5.3 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 și interacțiunile la multiple scări, variind de la întâlniri de grup și laborator, la cursuri, prelegeri, simpozioane și conferințe (Fig. 5.3). Infrastructura de campus universal este furnizată ca arhivă OAR și conține și un set de 12 avataruri, care pot fi complet personalizați de către utilizatori. Alte avataruri personalizate pot fi construite și în OpenSim cu ajutorul editorului integrat. Este implementat un chat local care permite avatarurilor să converseze în aceeași cameră virtuală, în timp ce o caracteristică de conferință permite avatarurilor să vorbească cu mai multe avataruri simultan.

Intregul conținut și codul sursă este descărcabil sub licență Creative Commons. Universal Campus oferă acces open source și o infrastructură care poate fi replicată de către alți utilizatori și organizații, și utilizată pentru aplicații de cercetare și educație. Cele peste 100 de scripturi oferite constituie și un mijloc de a învăța programare în lumi virtuale 3D.



Figura 5.3 Universal Campus (Baldi & Lopes, 2012)

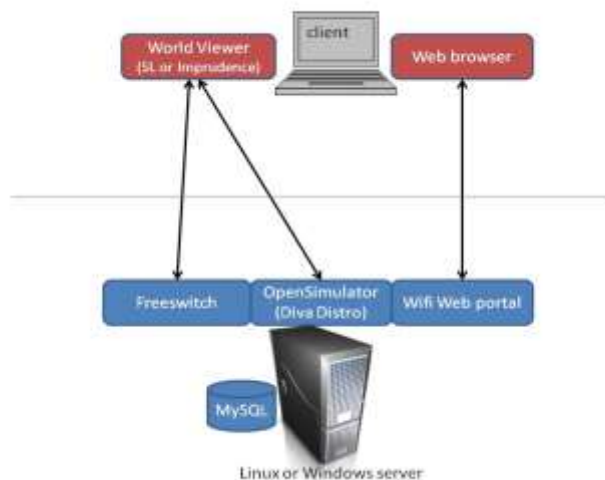


Figura 5.4 Arhitectura client-server cu client Second Life, server OpenSim Diva Distro), server de voce Freeswitch și MySQL (Baldi & Lopes, 2012)

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



Figura 5.5 OpenVCE campus modular (OpenVCE, 2015)

5.4 PROIECTUL USALSIM

Proiectul USALSIM al Universității din Salamanca, Facultatea de Informatică și Automatică (Cruz-Benito, Lucas & Gonzalo, 2013) constă dintr-o lume virtuală 3D în **OpenSim**, care reprezintă cele mai importante facultăți, printre care, Farmacie, Drept, Biologie/Biotehnologie, Chimie și Științe Umaniste. Este implementat un model mixt între pregătirea în mediul virtual și cea din spațiul real, servind ca program de pregătire profesională.

Rezultate:

Sunt realizate 5 regiuni fiecare corespunzând unei categorii profesionale și o regiune pentru *Service of Professional Integration, Work Placement și Employment*.

În cadrul facultăților se realizează simularea activităților și a cunoștințelor specifice, printr-un set de *Trainings Tasks and Learning Objects*, care sunt în general obiecte de comunicare, acces la materiale de prezentare și video. Este integrat cu sistemul Moodle.



Figura 5.6 USALSIM - Simularea unei curți de jurați (Cruz-Benito, Lucas & Gonzalo, 2013)

5.5 CLASE VIRTUALE IN REALITATE MIXTA

În Zender et al. (2009) se prezintă o arhitectură bazată pe servicii pentru a conecta diverse sisteme de e-Learning printr-o distribuție bi-direcțională de servicii web, oferite de diferite medii de e-Learning. Mediul virtual realizat în **Second Life** este conectat cu săli de curs în care are loc predarea în paradigma "computer-aided face-to-face" și blended-learning (Zender et al., 2009). Această fuziune conduce la scenarii de e-Learning independente de timp și loc.

Analizând proiectul **Stoodle**, Zender et al. (2009) consideră ca acesta oferă o *conectare unidirecțională*, în condițiile în care învățarea imersivă necesită o arhitectură sistematică ce integrează diferite surse media, cum ar fi prezentări în timp real de slide-uri și video streaming, precum și întrebări, discuții, materiale de studiu. Materialele face-to-face nu au fost utilizate pentru a îmbogăți mediul virtual, ci doar pentru a integra vocea profesorului.

Rezultate:

Modelul de arhitectură de tip broker a fost considerat ca cel mai adecvat datorită scalabilității, toleranței la erori și performanței. Cu toate problemele serviciilor SOA, integrarea directă a mecanismelor SOA în lumi virtuale ca Second Life poate crește flexibilitatea sistemului către alte formate de date (ex. HTML și PDF).

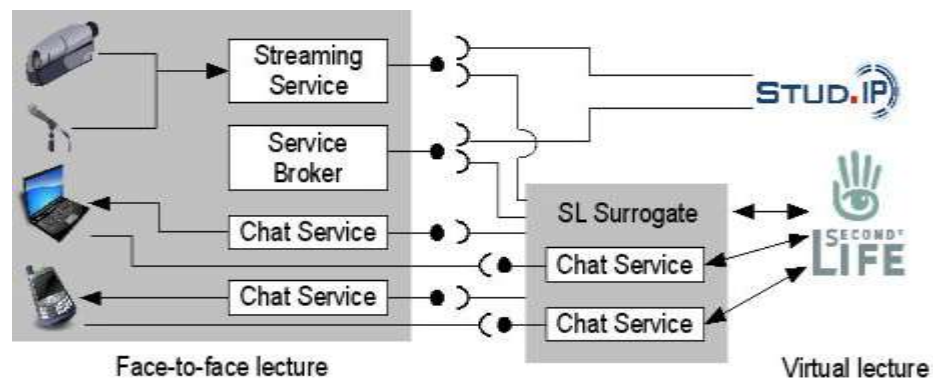


Figura 5.7 Arhitectura bazată pe servicii (Zender et al., 2009)

5.6 PROIECTUL TWINSPACE

TwinSpace este o infrastructură software flexibilă pentru combinarea de spații interactive și lumi virtuale colaborative (Reilly et al., 2010). TwinSpace permite prototipizarea rapidă de aplicații care acoperă atât domeniul real cât și virtual (*Collaborative Cross-Reality – CoXR*). Este implementată în OpenWonderland, deoarece aceasta oferă control programatic, utilizare de notificări bazate pe evenimente, extensibilitate pe partea de server și client. (Reilly et al., 2010).

Pentru conectarea la lumea virtuală s-a creat un serviciu (*Realm Bridge*) implementat la nivel coborat cu **OpenWonderland API**, pentru a se putea beneficia de multi-threading (Reilly et al., 2010).

Rezultate:

Autorii citează Churchill & Snowdon (1998) care consideră că mediile virtuale colaborative (CVE) oferă mai mult suport decât cele tradiționale colaborative (CSCW). Proiectele CVE au influențat proiectarea TwinSpace, dar acesta pune accent pe colaborarea bazată pe prezența mixtă (*mixed presence collaboration*), care *nu maschează lumea reală*, ci o face un vehicul pentru a funcționa simultan cu toți colaboratorii. Framework-ul TwinSpace oferă suport pentru "immersive co-presence" prin suport pentru interfețe naturale și

reprezentarea colaborării în ambele spații), dar aceasta este văzută ca una dintre multele posibile strategii pentru conectarea realului cu virtualul.

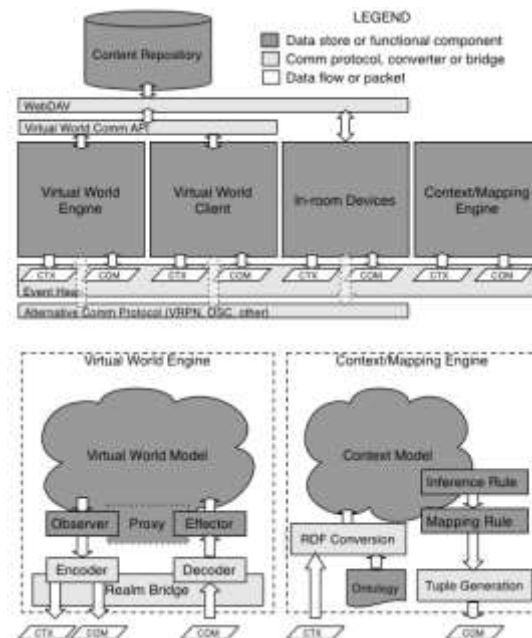


Figura 5.8 Arhitectura TwinSpace (Reilly et al., 2010)

5.7 PROIECTUL MIRTLE



Figura 5.9 Proiectul MiRTLE interfața student (Gardner & O'Driscoll, 2011)

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, iar profesorilor să-și extindă baza de studenți, păstrând același model de predare (Gardner, Scott & Horan, 2008; Gardner & O'Driscoll, 2011;). Proiectul utilizează platforma **Project Wonderland** și a fost implementat inițial la Universitatea din Essex. Mediul virtual reprezintă un department academic care constă din mai multe încăperi, modelate utilizând programul DCC Blender.

Funcționalitățile includ voce, viewer de PDF, viewer de camera web. De asemenea, un Courseware Centre, un repository pentru material didactic înregistrat.

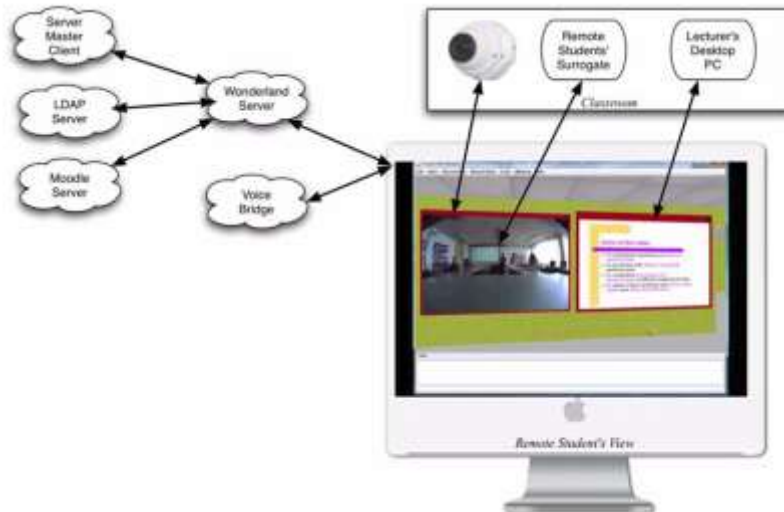


Figura 2.10 Platforma MIRTLE (Gardner & O’Driscoll, 2011)

Experiența de realitate mixtă este realizată astfel:

Se utilizează o cameră web de rețea, care permite studenților la distanță să vizualizeze clasa și un client Project Wonderland care acționează ca o reprezentare “surogat” a studenților aflați la distanță în sala de clasă. Acest client oferă 3 funcționalități: display al lumii virtuale pentru studenții prezenți fizic; conexiune la microfoanele din clasă pentru broadcasting în lumea virtuală; conectare la difuzoare pentru broadcasting audio din lumea virtuală în sala de clasă fizică. Profesorul utilizează un calculator desktop PC în clasă care este conectat la un proiector pentru a afișa prezentarea profesorului pe stațiile din clasa fizică.

Scopul proiectului a fost de a evalua experiența de realitate mixtă ca formă de învățare la distanță și dacă aceasta îmbunătățește învățarea studenților implicați, în comparație cu cea a studenților aflați la distanță și izolați. Autorii (Gardner, Scott & Horan, 2008) oferă un set de criterii de evaluare a mediilor de realitate mixtă:

- ușurința de utilizare;
- calitatea predării și învățării;
- simțul comunității;
- calitatea experienței generale.

Autorii afirmă ca proiectul a fost de succes și cu multe implementări. În prezent este adoptat și de alți cercetători (Sheaffer, 2011) și transferat de la instituții de învățământ superior la școli.

5.8 PLATFORMA "3D UPB"

Platforma "3D UPB" (Moldoveanu et al., 2014) reprezintă o abordare diferită, în care paradigma de realitate mixtă este în mare parte folosită pentru a reflecta mediul real în cel virtual și în plus pentru a realiza un nou mediu de învățare, punând alături participanții reali cu participanți virtuali. Platforma "3D UPB" va oferi noi posibilități și o experiență îmbunătățită pentru toți utilizatorii care participă la evenimente educaționale și sociale, fie local sau la distanță.

Conceptul campusului 3D online bazat pe servicii este prezentat în (Pop et al., 2012).

Stadiul actual și provocările determinate de implementarea “3D UPB” ca o platforma 3D 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. 5.11).

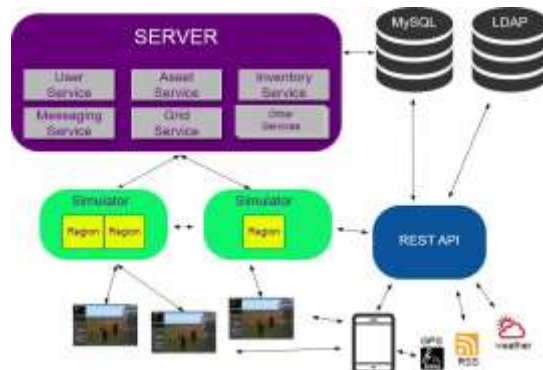


Figura 5.11 Arhitectura “3D UPB” bazată pe integrarea de servicii cu Opensimulator (Moldoveanu et al., 2014)

Campusul virtual utilizează un model 3D al Universității POLITEHNICA din București, realizat prin fotogrametrie și post-procesat în 3DsMax, cu texturi, teren și vegetație (Fig. 5.12).



Figura 5.12 Modelul 3D al Facultății de Automatică și Calculatoare (Moldoveanu et al., 2014)

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 pe a crea modelele și a găzdui cursuri online, și pentru implica studenții în noul sistem de învățare.

CAPITOLUL 6

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

6.1 APLICAȚII EDUCATIONALE 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 elevii percep o tehnologie inovativă, semi-imersivă, precum și impactul educațional. De asemenea, am realizat o aplicație MAR pentru o lucrare de master de la UNA București.

Aplicațiile, experiența acumulată și valorificarea acestora în lucrări științifice sunt descrise în continuare:

6.1.1 MUZEUL FOCULUI

Este o aplicație MAR geo-referențiată, suport pentru lucrarea de master a arh. Iulia Statica, Universitatea Națională de Arte București, iunie 2012. A fost publicată în lucrarea prezentată la conferința ROCHI 2012 [STEF, 2012/1].

Aplicația (Fig. 6.1, 6.2) este concepută astfel încât să ofere un tur virtual al Muzeului Focului, realizat prin tehnicile realității augmentate. Turul virtual se suprapune peste o vizualizare video live a furnalului de la Govăjdia, în starea actuală, în special peste fațade exterioare și zone semnificative din interiorul furnalului.

Aplicația reprezintă colaborarea dintre un artist, care a realizat conceptul artistic și materialul digital al augmentărilor și un specialist în informatică, care a realizat aplicația AR și prelucrări specifice. Proiectul a beneficiat de coordonarea domnului profesor Dragoș Gheorghiu, UNA București.

Pentru realizarea aplicației de AR a fost utilizată **platforma Layar** (Layar,2015), una dintre principalele platforme AR comerciale, și conceptele de strat de informații (“layer”) și de “punct de interes” (POI). Un layer poate conține mai multe puncte de interes, fiecăruia putându-i-se asocia mai multe “augmentări”. Acestea au fost încărcate pe platforma Hoppala de gestiune de conținut (Content Management System - CMS) și reprezintă, în cazul nostru, imagini 2D și modele 3D, optimizate pentru dispozitive mobile și convertite în fișiere video. Imaginile 2D reprezintă texte explicative, colaje de fotografii sau cadre ale unor reconstituiri virtuale. A fost necesară dimensionarea augmentărilor de tip imagine, definirea unghiului persepctivei în raport cu obiectivele fizice de tip clădire și distanță față de acestea, realizarea prin mai multe încercări, până la afișarea satisfăcătoare peste imaginile din camera video. Layer-ul se numește “**arfurnace**” și este publicat pe platforma Layar ca layer în testare.

Turul virtual cuprinde 14 puncte de interes, reprezentând etape ale turului Muzeului. Acestea sunt plasate geografic în vecinătatea Universitatii de Arte București, cu posibilitatea de a fi descoperite prin căutare geografică pe o rază de 25 km. Această localizare oarecum arbitrară permite demonstrarea aplicației în zona UNA, respectiv în București, fără a fi necesară o localizare prin GPS foarte precisă. Ulterior, punctele de interes pot fi ușor re poziționate geografic în zona Furnalului Govăjdia – Reșița.

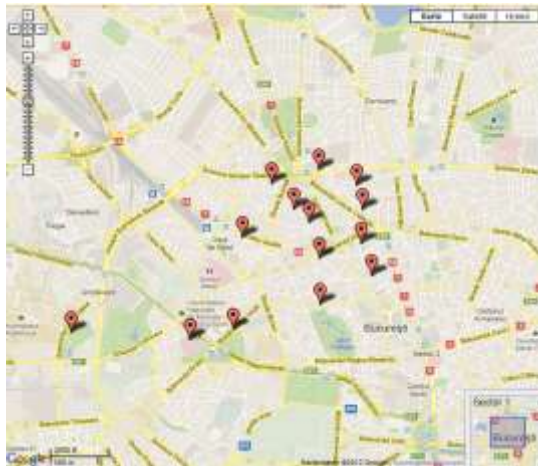


Figura 6.1 Localizarea punctelor de interes (POI) ale turului virtual

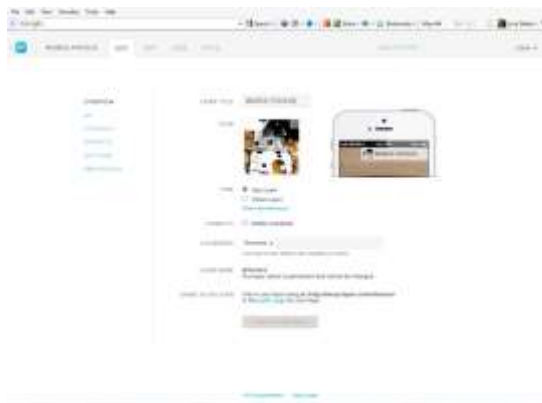


Figura 6.2 Aplicația "arfurnace" publicată pe site-ul Layar

6.1.1 TIMEMAPS v1

Este o aplicație MAR geo-referențiată educațională, în domeniul istorie și arheologie națională. A fost descrisă într-o lucrare prezentată în cadrul conferinței VAST, Brighton, 2012 [GHEO, 2012] și experimentată cu elevi de la Școala Vădastra, județul Olt [STEF, 2013/2].

A fost utilizată **platforma Layar**, iar layer-ul se numește "**timemaps**". 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: preistorie; romană; contemporană (Fig. 6.3, 6.4). Sunt asociate cu imagini, reconstrucții 3D sub forma de obiecte 3D și tururi virtuale (realizate în colaborare cu modelatori 3D) referitoare la patru domenii de tehnologii tradiționale: textile, sticlărie, metal, arhitectură. O primă variantă a reconstrucțiilor 3D a fost realizată de specialiști de la UNA București și de Prof. Alin Moldoveanu.

Modelele statice sunt reconstrucții 3D simplificate ale unei case preistorice și a unei vile romane, precum și obiecte și instrumente, stocate în format *Wavefront Technologies .obj* (datele grafice) și *.mtl* (pentru texturi). Modelele dinamice sunt redări 3D ale unor vederi ale modelului, comprimate ca fișiere MP4 și de dimensiune 5 Mb. Aplicația a fost demonstrată și experimentată la Școala Gimnazială din Vădastra, județul Olt (Fig. 6.5, 6.6).

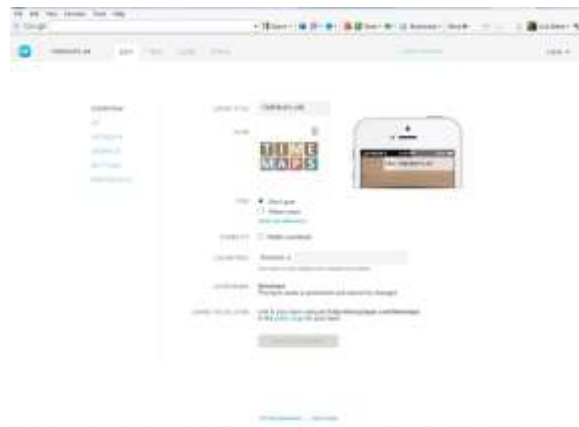


Figura 6.3 Aplicația "timemaps" publicată pe site-ul Layar

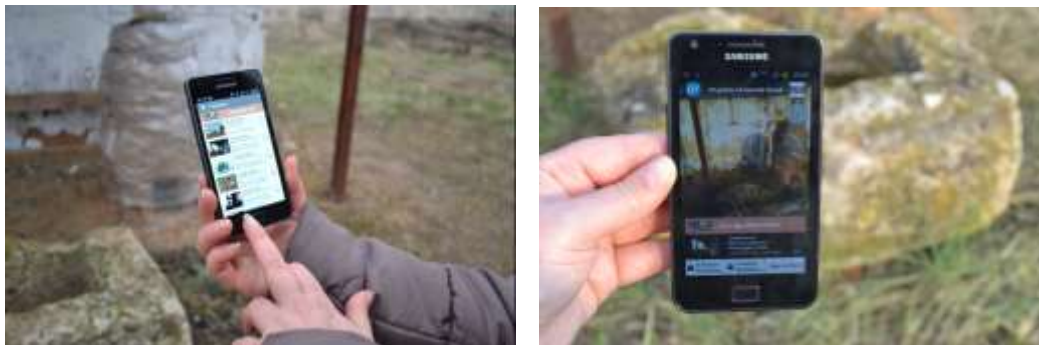


Figura 6.4 Aplicația AR "timemaps" [GHEO, 2012]



Figura 6.5 Prezentare și explicații elevilor de la Școala Vădastra, 2013 [STEF, 2013/2]



Figura 6.6 Experimentarea aplicației de către elevi la situl arheologic Vădastra [STEF, 2013/2]

6.1.1 TIMEMAPS v2

Aplicație MAR geo-referențiată educațională, extinsă cu o componentă inteligentă bazată pe agenți software mobili, în stadiu de prototip, realizat în mai 2013. A fost descrisă într-un capitol de carte la editura Springer [GHEO, 2013].

Experimentarea aplicațiilor AR cu elevi de la școli gimnaziale 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 (textile, sticlărie, ceramică) și pentru a asigura un suport inteligent de învățare, a fost investigată utilizarea de agenți software pe platforma Android în cadrul unei aplicații de AR (Barakonyi et al., 2005; Wooldridge & Jennings, 1996; Nwana, 1994; Santi, Guidi & Ricci, 2010).

Au fost analizate cele 3 platforme comerciale de AR: Layar, Wikitude și Junaio (Metaio). A fost selectată Junaio, deoarece la momentul respectiv oferea un SDK care permitea dezvoltarea de aplicații pe baza unui model de programare flexibil (Fig. 6.7), respectiv interactive și cu multiple modele de tracking (optic și non-optic) (Metaio, 2015). Layar oferă, de asemenea, un SDK, bazat pe php, în timp ce Junaio oferă mai multe opțiuni de dezvoltare, atât rapidă, prin particularizarea unor fișiere cu structura XML pre-definită, cât și nativă, ceea ce permite dezvoltarea unor aplicații personalizate, ca în cazul aplicației de față.

AREL (*Augmented Reality Experience Language*) reprezintă un binding JavaScript al Metaio SDK. Cu AREL se poate particulariza ușor o aplicație AR complexă, împreună cu utilizarea HTML5, ca standard web deschis.

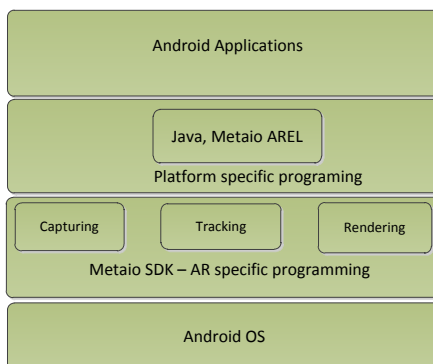


Figura 6.7 Arhitectura instrumentelor de dezvoltare Metaio Junaio [GHEO, 2013]

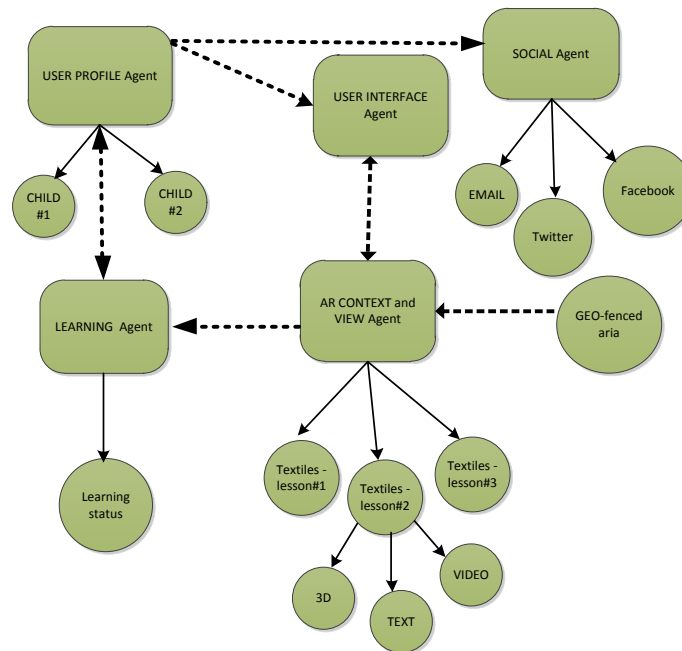


Figura 6.8 Agenții software și o diagramă a inter-comunicării dintre ei [GHEO, 2013]

Pentru modelarea funcțională a aplicației s-a utilizat limbajul Unified Modeling Language (UML) (Fig. 6.7, 6.8) și mediul Metaio Creator (Metaio, 2015) care este un tool de authoring vizual. Aplicația a fost convertită într-o aplicație Android nativă și integrată cu agenții software.

6.1.1 AR-GGame

Este un concept de joc de simulare cu AR pentru **Game-based learning** (GBL). A fost publicat într-o lucrare prezentată la conferința eLSE 2013 [STEF, 2013/1].

Pentru investigarea tehnologiei AR pentru GBL a fost studiată literatura și a fost conceput un joc AR pentru dispozitive Android. Scopul jocului este de a învăța studenții elemente esențiale de grafică 3D, de a stimula modelarea 3D și vizualizarea spațială. Jocul este conceput luând în considerare metodologiile de proiectare jocuri educaționale prezentate în (Kafai, 2006), în particular, *teoria construcționistă* (Papert, 1991), respectiv aceea de a permite studenților să construiască elementele jocului și noi relații între cunoștințele dobândite: “*provide students with the opportunity to construct their own games, to develop new relationships with the knowledge*”. Aceasta deoarece, consideră autorul, în realizarea unui joc se consumă mult timp cu elaborarea conținutului grafic și astfel beneficiul rămâne al designer-ilor în loc să fie al jucătorilor (Schmalstieg, 2005). De asemenea, s-a luat în considerare framework-ul de design de serious games, propus de de Freitas & Oliver (2006). Jocul conceput are 3 nivele.

Nivelul 1: Joc de simulare (prezentare practică a unor concepte grafice și utilizarea dispozitivelor mobile pentru învățare). Nivelul utilizează mini-modele 3D, atașate unor puncte geografice din aria Facultății de Automatică și Calculatoare din UPB, sau tipărite pe markere, pentru utilizare în interiorul cladirilor.

Modelele se afișează dinamic, respectiv își schimbă caracteristicile în funcție de orientare, de exemplu, iluminare, scalare. Sunt atașate lecții video (podcast-uri) referitoare la tehnici de grafică 3D.

Motivația jocului este reprezentată de afișarea de conținut contextual, descoperire, simulare tehnici grafice interesante, de exemplu ocluzia obiectelor reale, environmental mapping sau animații 3D.

Nivelul 2: Joc constructivist (stimulare creativitate, abilități 3D și de animație, colaborare sau competitivitate)

În această etapă, studenții aleg obiecte din zona înconjurătoare pentru a le modela și geo-referenția. În timpul studiului individual, ei creează un canal AR cu un punct de interes (POI) la care atașează numele lor și modelul 3D, pe care îl verifică cu aplicația AR. Etapa este puternic motivațională prin activitățile creative, de colaborare sau competiție, după caz.

Nivelul 3: Joc social, Role playing, Reflectie (stimularea gândirii critice, interacțiuni sociale)

În această etapă, se poate face o evaluare reciprocă (peer-review), utilizând rețele sociale: fiecare model primește o notă. Cel mai bine cotate model va permite autorului să-și prezinte tehnicile 3D.

Pentru experimentarea rapidă a conceptului jocului s-a realizat un prototip (“proof-of-the-concept”), iar pentru dezvoltare s-a ales Metaio Creator (Metaio, 2015) pentru authoring vizual. Acest mediu a fost ales și datorită faptului ca permite și utilizatorilor finali să participe la procesul de creație, respectiv să definească puncte de interes (POI), să creeze markere, fără să fie implicați în programare, doar în integrarea, testarea și validarea canalelor AR. Pentru o versiune mai avansată, s-a propus dezvoltarea unei aplicații Android native, care să permită ilustrarea unor concepte grafice avansate, cu ajutorul unor funcții OpenGL ES.

6.1.2 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 cunostințelor elevilor. Proiectul a fost implementat la Școala Gimnazială Vădastra, județul Olt. A fost publicat într-o lucrare prezentată la conferința SMART2013, Bacău, [STEF,2013/2] și într-un capitol de carte în curs de publicare la editura Springer [STEF, 2014/3].

6.1.3 Complex de soluții m-learning pentru zone defavorizate

Diverse **soluții** pentru învățarea cu dispozitive mobile, în special pentru zone defavorizate economic, au fost investigate și concretizate în două cercetări educaționale.

Rezultatele au fost publicate într-o lucrare prezentată la workshop-ul Mobile-Learning, CSCS19, București, 2013 [STEF,2013/3] precum și într-o lucrare prezentată la conferința eLSE 2015 [GHEO, 2015].

6.1.4 Discuție

În majoritatea aplicațiilor a fost utilizată platforma AR Junaio (Metaio, 2015), produs Metaio, datorită modelului flexibil de programare integrat cu tehnologii deschise (PHP, HTML 5, JavaScript). Modelul 3D este proprietar, dar compania promite un plugin pentru export din mediile de modelare 3D, ca Maya sau 3dStudioMax. Management-ul de conținut poate fi realizat utilizând un serviciu de cloud de la Metaio sau un server de tip CMS.

Un proces consumator de timp l-a reprezentat crearea și pregătirea materialului digital pentru augmentare, și mai ales adaptarea acestuia (modele 3D, filme video) în format optim

pentru dispozitive mobile. De asemenea, pentru aplicațiile din domeniul istoric, coordonatele geografice au fost stabilite pe Google Maps și corectate la fața locului. Erorile dispozitivelor GPS mobile au fost factorul negativ, având în vedere că elementele digitale (cu excepția filmelor) se scalează cu distanța față de punctele de interes (POI). Această imprecizie de localizare a determinat o instabilitate (*jitter*) a imaginilor.

Platforma de CMS Hoppala este *în prezent nefuncțională* după ce a asigurat suportul a numeroase aplicații AR, de aceea aplicațiile realizate pe platforma Layar cu Hoppala nu mai furnizează în prezent conținut. De asemenea, aplicațiile pe platforma Junaio nu vor mai fi suportate din 2016, deci este necesară convertirea lor pe alte platforme AR.

În experimentele efectuate, a fost inițial utilizat *modelul de dezvoltare rapidă de aplicații* (RAD) oferit de două platforme comerciale de AR. Acest mod de abordare a fost preferat pentru a facilita implementarea aplicației și experimentarea tehnologiei AR.

În urma experienței dobândite, concluzionăm că este recomandabilă dezvoltarea aplicațiilor AR în mod nativ sau cu toolkit-uri ne-comerciale.

6.2 REALIZAREA UNUI SIMULATOR “CLASA VIRTUALA” 3D CU REALITATE MIXTA

În mai 2013 am realizat un experiment de realitate mixtă pe platforma OpenSim sub îndrumarea domnului profesor Alin Moldoveanu, UPB. 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.

Primul experiment a fost realizat cu OpenSim standalone, cu conectare la SQLite. Al doilea experiment a fost cu OpenSim standalone cu conectare la baza de date MySQL, gestionată de Alexandru Grădinaru (asistent ing. UPB). A fost importat modelul 3D al unei săli de laborator (menu Inventory), modelată de Alexandru Grădinaru.

Experimentul a fost descris într-o lucrare prezentată la conferința eLSE2014 [STEF,2014/1].

6.2.1 Scenariu

Profesorul este owner al regiunii simulatorului și are asociat un avatar. Studenții conectați local (din sală) și cei conectați la distanță sunt de tip NPC, creați automat după o conectare dintr-o interfață web.

6.2.2 Configurări

Setări pe shortcut-ul OpenSim, *proprietatea de Target*: “OpenSim.exe” – *loginuri* <http://127.0.0.1:9000>. Setare reguli inbound în Firewall pentru porturile TCP și UDP 9000.

Lansarea serverului OpenSim se realizează dintr-o consolă (Fig. 6.9).

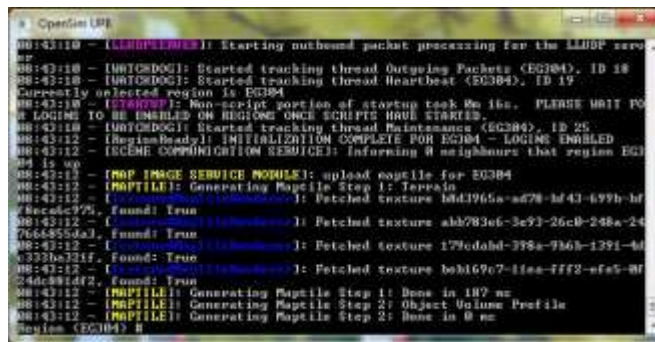


Figura 6.9 Consola server OpenSim (captură ecran, L. Ștefan)
Lansarea viewer-ului este ilustrată în Fig. 6.10.

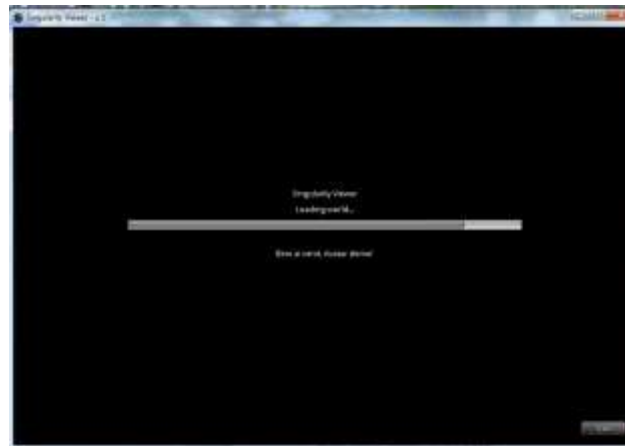


Figura 6.10 Incarcarea simulatorului în viewer (captură ecran, L. Ștefan)

Setări ale viewer-elor Firestorm, Imprudence, Singularity: *Graphics, Advanced: Draw distance se mărește la 512m. Network & Cache, mărire dimensiune cache. Selectare **Built-in browser și validare “Enable JavaScript”**. Advanced tab și validare “Allow login to other grids”*.

Avatar->Preferences menu, Sound & Media, bifare toate opțiunile.

Validarea serviciului de voce este indicată printr-un cerc roșu deasupra capului avatarului. Conversația este indicată printr-un cerc roșu cu unde de emisie. S-a configurat în viewer locația “HOME” (Landing Region). La următoarea conectare, se poate alege poziționarea avatarului în poziția HOME sau în ultima locație accesată.

Setări în fișierul de configurare [OpenSim.ini]:

Include-Architecture = “config-include/Standalone.ini”

Setări în fișierul de configurare [StandaloneCommon.ini]

Conectare la MySQL-UPB

StorageProvider = “OpenSim.Data.MySQL.dll”

ConnectionString=”DataSource=3d.pub.ro;Database=opensim_eg304mr;User

ID=opensim_eg304mr;Password=eg304mr;Old Guides=false;”

conectare la SQLite sau MySQL local

StorageProvider = “OpenSim.Data.MySQL.dll”

ConnectionString = “Data Source=localhost;Database=opensim;User

*ID=opensim;Password=***;Old Guides=true;”*

Setări în fișierul de configurare al regiunilor [Region.ini]

Regiunile sunt configurate într-un fișier Regions.ini în bin/Regions. La prima instalare, în consola simulatorului se solicită informații de definire a Region-ului. Fiecare region comunică pe un anumit port UDP, implicit portul 9000. S-a creat o regiune EG304 cu coordonatele (1000, 1000), într-un domeniu (estate) denumit UPB.

[EG304]

```
RegionUUID = 217f6fa2-cfb8-4241-89b9-dde87d024462
Location = 1000,1000
InternalAddress = 0.0.0.0
InternalPort = 9000
AllowAlternatePorts = False
ExternalHostName = SYSTEMIP
```

Pentru programarea avatariilor Non-Player Character (NPC) trebuie validate permisiuni în fișierul OpenSim.ini.

Setări în fișierul [OpenSim.ini]

1. Enabled = true în secțiunea [NPC]
2. Enabled = true în secțiunea [Xengine]
3. AllowOSFunctions = true în secțiunea [Xengine]
4. OSFunctionThreatLevel = VeryHigh în secțiunea [Xengine].

Funcțiile `osAgentSaveAppearance()`, `osAvatarPlayAnimation()` și `osAvatarStopAnimation()` au nevoie de acest nivel. Dacă nu sunt necesare aceste funcții, nivelul "High" este suficient.

6.2.3 ScriptingAsezare pe un obiect:

```
llSitTarget (<0,0,1>, ZERO_ROTATION);
```

Detectie număr de vizitatori**default**

```
{
    state_entry() {
        llSensorRepeat("", NULL_KEY,AGENT, 96, PI);
    }
}
```

sensor(integer n)

```
{
    string output;
    output = "Numar avataruri : " + (string)n ;
    integer i;
    for (i = 0; i < n; ++i)
    {
        output += "\n\t" + llDetectedName(i);
    }

    llSetText((string)output, <1,1,0>, 1);
}
}
```

Comunicare cu aplicație externă, prin http

Conectarea la simulatorul experimental s-a realizat din exteriorul acestuia, respectiv dintr-o pagină web programată în limbaj PHP (Grădinaru, 2014). În baza de date MySQL s-a creat o listă de utilizatori, cu credențiale și coduri personale. Utilizatorii se loghează cu credențialele, după care se creează prin scripting un *bot* cu numele utilizatorului.

Pentru comunicarea cu alte scripturi in-world sau cu servere web, OpenSim utilizează protocolul HTTP. A fost necesară instalarea și configurarea unui server web. Pentru experimentare, se pot utiliza:

- serverul Microsoft IIS (local, de dezvoltare, instalat odată cu Visual Studio), cu setări pentru cod PHP;
- wamp/xamp pentru sisteme Windows, pentru cod PHP.

```
key requestid;
string RSS_LINK="http://feeds.bbc.co.uk/news/rss.xml?edition=int";
default
{
    touch_start(integer number)
    {
        requestid = llHTTPRequest("RSS_LINK, HTTP_METHOD, "POST");
    }

    http_response(key request_id, integer status, list metadata, string body)
    {
        if (request_id == requestid)
            llWhisper(0, "RSS feed : " + body);
    }
}
```

6.2.4 Comunicații in-world

S-a utilizat text chat-ul local pe canal 0 (canalul default). IM s-a pornit cu right-click pe un avatar și selectare funcție IM. Conversațiile se salvează automat într-un log care poate fi accesat cu orice editor de text.

6.2.5 Realizarea unui film machinima

"Machinima" reprezintă asocierea dintre 2 termeni, *machine* și *cinema*. Prin acest termen se face distincție între tehnicile de animație tradiționale care utilizează software specializat 3D de animație și proiecte de animație care *înregistrează acțiuni în timp real* în medii interactive 3D, cum ar fi jocuri sau Second Life.

Pentru realizarea machinima se pot utiliza programe de tip recorder cum ar fi **FRAPS** (Fraps, 2015), WeGame, Camstudio, VLC media player, Windows Media Encoder, pentru conversii în format Windows Media, sau comerciale, cum ar fi Camtasia.

Metoda de lucru:

- Se lansează aplicația de înregistrare ;
- Se accesează mediul 3D ;
- Se elimină temporar elementele interfeței UI ;
- Se manipulează *camera 3D conform unui scenariu de parcurgere a mediului* ;
- Se încheie filmarea și eventual se editează filmul obținut.

Pentru manipularea camerei se activează vizualizarea controlului de camera: menu View -> Camera. De asemenea se pot utiliza shortcut-uri pentru cameră.

6.2.6 Descrierea experimentului de realitate mixtă

Experimentul de realitate mixtă în simulatorul 3D a constat din:

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

Pentru aceasta este 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.*

Funcționalitatea de **STREAMING VIDEO** se bazează pe proprietate MOAP (*media on a prim*) care în versiunile anterioare ale Second Life/OpenSim era limitată la un singur stream video pe o parcelă (secțiune a regiunii). Viewer-ul Second Life 2, și cele compatibile (Firestorm, Singularity) permite proprietatea *Shared Media*, prin care se elimină restricția aceasta, dar se menține restricția rulării unui singur video la un moment dat.

Streaming-ul video necesar a fi implementat în mediile virtuale 3D poate fi: a) progresiv sau b) în timp-real. Prin streaming-ul în timp real nu se descarcă fișiere, acestea se execută în timp real de către player. Acest tip va fi implementat în mediile virtuale 3D, deoarece nu încarcă rețeaua și asigură o bună performanță. De asemenea, modul de funcționare este **multicast**, respectiv un singur stream partajat printre clienți, ceea ce reduce congestia rețelei, spre deosebire de modul unicast, prin care fiecare client inițiază propriul stream, dar se asigură o fiabilitate superioară.

Au fost investigate soluții gratuite sau open-source:

- Apple QuickTime Streaming Server, oferit open-source ();
- Google Hangouts On Air;
- VLC Direct și VLC player ;
- Ustream;
- Manycam;
- Soluții de streaming de pe telefon către un calculator desktop.

Pentru streaming pe telefonul mobil există soluțiile:

Tabel 6.1 Soluții de streaming pe telefonul mobil

Soluție	Descriere
VLC (VideoLan media player) media player	Streaming server. Media player open-source cross-platform.
Pavtube Streaming Server	Streaming audio și video de la PC către Android, Windows și dispozitive iOS, <i>prin conexiune wireless</i> . <i>Conditii/limitare</i> : Telefonul mobil și stația PC trebuie să fie în aceeași rețea conectate prin intermediul unui router.
DoubleTwist Player	Streaming peste 3G și WiFi
EMIT	Streaming wifi, 3G
Skifta și MxPlayer pentru Android	Streaming cu ajutorul playerelor
Windows Media Player setat cu opțiunea <i>Automatically allow</i>	Se invalidează regula de firewall să nu filtreze traficul. Fișierele video se pun în Libraries/Video din PC.

<i>any device to play files</i>	
Video Cloud	Client de video streaming pentru Android. Fișierele MP4 se încarcă pe Google Drive și apoi se face streaming pe dispozitiv Android.

- **VLC (VideoLan media player)**

VLC are avantajul că nu necesită un server de streaming. Dacă se dorește, aceasta se poate face, dar nu este recomandat (www.videolan.org). Playerul VLC poate fi utilizat atât ca server cât și ca un client pentru streaming conținut media. Broadcast-ul se face numai către clienții activi. În experiment s-a utilizat VLC deoarece asigură transmisii și către dispozitive mobile.

Arhitectura utilizată (Fig. 6.11):

- server de streaming
- router multi-cast
- client media player
- protocol *Real-Time Streaming Protocol* (RTSP)
- camera video și microfon

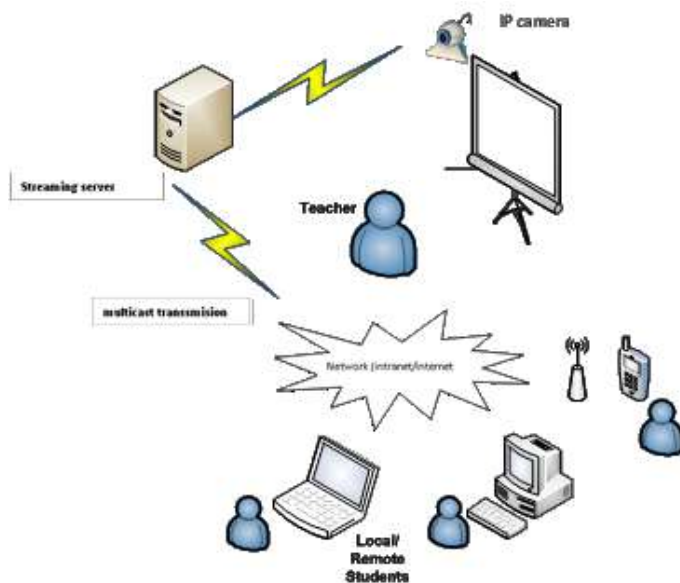


Figura 6.11 O arhitectură client-server pentru streaming video în Second Life/OpenSim (L. Ștefan)

6.2.7 Streaming video din sală către un obiect dedicat din simulator

Soluție :

- instalarea pe client a player-ului QuickTime (utilizat de simulator);
- fișiere înregistrate în format .mov, .mp4 (formate Apple QuickTime);
- instalare pe server player VLC;

- setari în mediul virtual 3D: la setarile generale din viewer, Preferences ->Audio & Video -> Enable streaming. La About Land -> Media - Replace Texture), se alege o textura care trebuie să fie unica în regiunea OpenSim;
- s-a importat un obiect panou, s-a selectat latura (*face*) pe care se pune textura și s-a selectat tipul de textura să fie media, textura media. Se setează ca Media URL calea către fișierele video, fie stocate local, fie preluate de pe un site.

Descriere

VLC se adaugă ca excepție în Firewall, specificând portul de comunicație. Pentru setări se utilizează wizard-ul VLC.

Setari server:

- Conectarea camerei web pe USB. Se pornește camera înainte de pornire VLC în modul "camera".
- Stream/Save.
- Check File și nume fișier dacă se dorește înregistrarea transmisiei video.
- HTTP -> adresa IP a calculatorului;
- Encapsulation Method, se alege MPEG PS.
- Transcoding, se alege Video codec și Audio codec cu valori default. Aceasta setare este esențială pentru a nu se întrerupe transmisia.

Setari la client:

File > Open Network Stream -> HTTP/HTTPS/FTP/MMS. Se introduce adresa IP a serverului de streaming și numărul de port, 8080. Adresa este de tipul <http://244.x.x.x:8080>

Pentru înregistrare: Stream/Save -> Settings->File.

Configurare transmitere fișiere pre-înregistrate cu VLC

Menu -> "Media" -> "Open Network Stream".

Media -> "File"-> "Add" -> selecție fișier de stream.

Destination-> "HTTP"-> "Add".

Pentru performanțe mai bune:

- Nu se validează "display locally" ;
- Caching/buffering pe server și pe client : 10-20 ms.

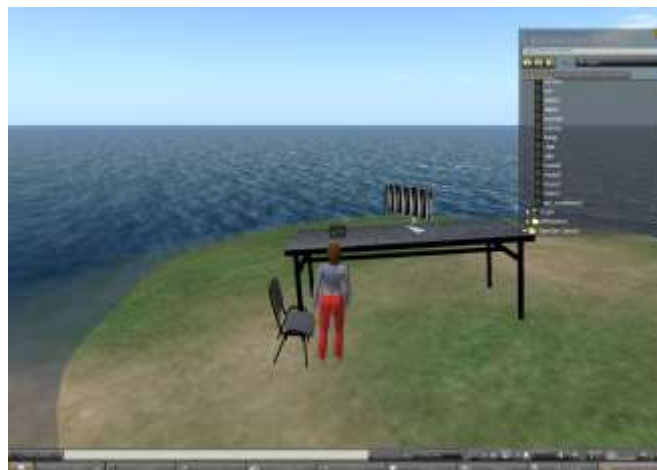


Figura 6.12 Simulare media streaming în OpenSim (captură ecran L. Ștefan)

Imagini ale simulatorului sunt prezentate în Fig. 6.12, 6.13. Obiectele media au o bară și mai multe controale specifice, de navigare (Fig. 6.13).



Figura 6.13 Obiect media în OpenSim (captură ecran L. Ștefan)

6.2.8 Video streaming de pe stația desktop pe telefon mobil Android

Soluție:

- pe Android se instalează VLC Direct (de pe Android Market); Automatic Wizard Connection;
- <http://goo.gl/CLYC5>, se descarcă VLCDirect.bat ;
- pe stație PC se instalează VLC Player; Run as Administrator; View-> Web Interface.

Pe telefonul mobil se poate asculta înregistrarea video. Telefonul mobil și stația PC trebuie să fie în aceeași rețea, conectate prin intermediul unui router.

Dispozitivul Android este utilizat ca digital media receiver. Experimentul s-a realizat în rețea locală.

6.2.9 Procedura de autentificare și identificarea cu coduri QR și telefon mobil

Autentificarea are rolul de a permite accesul autorizat la mediul virtual. În baza de date MySQL au fost create conturi de utilizatori, cu credențiale și coduri de acces. Soluția a fost realizată prin colaborare cu Alexandru Grădinaru (Grădinaru, 2014).

Autentificarea profesorului se poate face direct în mediul virtual, prin crearea unui cont, respectiv logarea și crearea unui avatar. Avatarul poate fi personalizat ca aspect, acțiune care se va realiza o dată cu crearea contului din interfața vizuală a viewer-ului.

Autentificarea studenților se face prin intermediul unei pagini web, prin introducerea credențialelor (user și parola); se verifică în MySQL dacă există; în caz pozitiv, se returnează numele și se solicită mediului virtual să creeze un avatar NPC cu numele studentului.

Pentru a stabili o corespondență între clasă reală și cea virtuală, se utilizează coduri QR, care identifică unic fiecare **poziție în clasă**. Codul QR conține URL-ul paginii web utilizate pentru logare, parametrizat cu un string continand coordonatele unui obiect scaun din simulator. Aceste coordonate se pot prelua vizualizând proprietățile obiectului.

De ex. <http://simclass.php/?x=130&y=49&z=110>

Ca urmare a logării, agentul NPC este creat și poziționat în simulator la masa corespunzătoare .

Pentru studenții care au dispozitive mobile, este necesară scanarea codurilor QR și parcurgerea unui proces secundar de autorizare. Pagina web preia ID-ul obiectului și îl transmite simulatorului, respectiv unui bot care "ascultă" cereri de la pagina web. Acesta va prelua ID-ul și va deplasa automat avatarul corespunzător către **locul virtual, cu ID-ul respectiv, dacă este liber.**

Pentru studenții care nu au dispozitive mobile, procedura este: deplasare manuală a avatarului, prin *walking* sau *flying*, către locul dorit (scaun), sau introducere manuală a identificatorului poziției, scris în clar pe codul QR.

Aceasta funcționare se bazează pe faptul că script-urile LSL lansează cereri asincrone către pagini web, acționând ca "servere" pentru obiectele OpenSim în relație cu lumea exterioară. În handler-ul de răspuns la acest apel, se returnează un string de coordonate, care se convertește într-un vector de poziție, la care se teleportează avatarul și se așează pe scaun.

6.2.10 Integritate 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, iar dimensiunea mică a ecranului telefonului nu recomandă utilizarea acestui tip de dispozitive mobile pentru accesarea lumilor virtuale.

6.2.11 Discuție

Realizarea simulatorului a necesitat cunoașterea multor detalii legate de funcționarea OpenSim, de ex. setări ale fișierelor de configurare, și realizarea manuală a configurațiilor. Desi sunt comentate toate secțiunile din fișierul INI, este necesară acumularea unei experiențe.

De asemenea, au fost testate 5 viewer-e din care au fost selectate Singularity (pe care îl considerăm optim ca experiență utilizator) și Firestorm (pe care îl considerăm optim pentru dezvoltare). Viewer-ele au interfețe grafice complicate și nu există un stil unitar, fiecare a trebuit experimentat în parte, pentru evaluare.

Desi există tutoriale și exemple, asimilarea limbajului LSL a contribuit la creșterea curbei de învățare. Experiența de realitate mixtă este realizabilă pe mai multe stații de lucru, cu condiția instalării unor camere video care să funcționeze în rețea (Grădinaru, 2014).

6.3 REALIZAREA UNUI SIMULATOR DE TIP AMFITEATRU ROMAN

În mai 2014 a fost creată o scenă 3D în care să aibă loc lecții și întâlniri educaționale, într-un mediu imersiv. Design-ul a fost realizat astfel încât să sugereze atât un spațiu istoric cât și unul educațional. Scena conține un amfiteatru roman și două panouri pentru conținut educațional multimedia (filme video și pagini web). Obiectele au fost modelate în 3dsMax și importate ca mesh în format COLLADA (Collada, 2015) de către un student modelator 3D.

Simulatorul s-a testat local și s-a instalat pe un server OSGrid, iar Singularity a fost preferat ca viewer. A fost prezentat elevilor de la 2 școli gimnaziale, respectiv li s-a explicat utilizarea mediului 3D și au accesat un site cu filme educaționale. O imagine din simulator este prezentată în Fig. 6.14.

Simulatorul a fost descris într-o lucrare prezentată la conferința SMART2014 [STEF,2014/2].



Figura 6.14 Simulator educațional de tip amfiteatru roman [STEF,2014/2]

Discuție

Realizarea acestui simulator a contribuit la înțelegerea cerințelor de realizare a modelelor 3D pentru import în OpenSim, în cazul unui model complicat (amfiteatru cu multe scari, un perete frontal). Au fost necesare mai multe iterații pentru crearea unui model care să poată fi importat. Problemele au fost generate de: a) erori de geometrie și de texturare; b) complexitatea modelului (număr mare de vârfuri). Pentru punctul b) s-a recurs la simplificare și la segmentarea modelului – separarea amfiteatrului de peretele frontal.

Un aspect important al utilizării unui mediu virtual 3D este realizarea personalizării avatarurilor utilizând elemente predefinite în inventar, referitoare la elementele corpului – forma corp, par, ochi, îmbrăcăminte, încălțăminte și animație. Avatarurile se personalizează în cadrul editorului cu ajutorul culorilor și a texturilor din mediul virtual, care se aplică diferitelor părți ale scheletului. Acestea sunt însă destul de primitive, de aceea, pentru aplicații mai deosebite, cum ar fi personaje istorice, utilizatorii spațiului virtual 3D pot crea template-uri și texturi, care se vor încărca în Inventory. *Nu există instrumente în mediul OpenSim pentru crearea și editarea acestor template-uri*; de aceea este nevoie de alte programe cum ar fi Adobe Photoshop, Corel Paintshop sau GIMP. O alternativă este de a prelua texturi din site-urile care le pun la dispoziție în mod gratuit (“freebies”) sau cele sub licență Common Licence. Template-urile sunt UV maps care se mapează pe cap, pe partea superioară și inferioară a corpului.

6.4 EXPERIMENTARE SERVICIU RESTFUL “3DUPB”

Câteva dintre funcțiile serviciului REST 3DUPB (Grădinaru, 2014) au fost testate cu ajutorul extensiei *Advanced REST Client* a browser-ului Chrome (Fig. 6.15, 6.16).



Figura 6.15 Experimentare metoda REST 3DUPB – “ldap” (captură ecran L. Ștefan)



Figura 6.16 Experimentare metoda REST 3DUPB – “user” (captură ecran L. Ștefan)

De exemplu, pentru crearea unui agent NPC cu apelul (de tip POST) <http://3d.pub.ro/api/avatar/create-npc> (Grădinaru, 2014) se trimit parametrii de mai jos:

```
Content-Type: 'application/json'
{
  "username": "Alexandru Grădinaru",
  "position": "62da79cf-3edf-440e-8528-9977d3d6f082"
}
```

Aceasta întoarce în caz de succes următorul răspuns:

```
RESPONSE
{
  status: "success"
  statusCode: "200"
  message: "OK"
}
```

Discuție

Serviciul 3DUPB utilizează arhitectura REST (*Representational State Transfer*) orientată pe resurse (ROA) și a fost dezvoltat de ing. Alexandru Grădinaru în cadrul proiectului 3DUPB, cu framework-ul PHP Laravel (Grădinaru, 2014).

Serviciile web bazate pe arhitectura REST, denumite *RESTful webservices*, au avantajul, față de cele tradiționale SOAP, că transmit datele într-un format simplu, ușor de interpretat de către sisteme de calcul, optimizat și compact, ceea ce le recomandă pentru dispozitivele mobile. Datele trimise ca răspuns la cereri utilizează un format serializat în obiecte de tip JSON (*JavaScript Object Notation*) (Grădinaru, 2014).

Având în vedere facilitățile arhitecturii RESTful, acelea de a permite realizarea de servicii ce pot fi ușor controlate și personalizate de către utilizatorii lor, s-a propus adăugarea de metode noi. Acestea vor putea fi utilizate (consumate) din orice limbaj, inclusiv din aplicații mobile, pentru accesul la funcții ale platformei 3DUPB. În acest mod, orice aplicație dezvoltată, de ex. aplicație web mobilă sau desktop, va funcționa independent de platformă, și va utiliza metode din serviciul web "3DUPB", accesibil la adresa <http://3d.pub.ro/api/>.

6.5 SCHIMB DE EXPERIENȚA LA CYPRUS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

În perioada 08.09.2014-30.09.2014, ca bursier în cadrul programului POSDRU 159/1/5/S/137390 am realizat un stagiu de documentare la Cyprus Institute of Technology (CYI), Nicossia, Cipru, în cadrul departamentului Science and Technology în Archaeology Research Center (SPARC), sub coordonarea domnului profesor dr. Sorin Hermon.

În această perioadă am studiat și experimentat mai multe tehnologii moderne de digitizare 3D, și am cercetat posibilități de valorificare a acestora în aplicațiile educaționale, în general, și în cadrul simulatorului de campus 3D online, în particular. Documentarea a inclus următoarele tehnologii:

1. **X3D/X3DOM/WebGL** (Ranon, 2015), format de date 3D și framework-uri de exploatare a acestuia în browser-e compatibile (Crome, Opera, Internet Explorer cu plugin Chrome), deoarece permite utilizarea de metadata. Exemplificare cu aplicația de depozit online de obiecte 3D <http://public.cyi.ac.cy/starcRepo/explore/objects/40> (Fig. 6.17) realizată la cercetători de la CYI.
2. **MeshLab** - aplicație open-source de procesare mesh-uri 3D realizate din point clouds nestructurate, în general produse de tehnicile de fotogrametrie;
3. **Generare modele 3D** cu două tipuri de tehnologii de fotogrametrie:
 - a. **scanare cu laser scan "Next Gen"** și post-procesare în MeshLab. Experimentare cu scanarea unui **artefact arheologic**.
 - b. **"structure from motion" cu programul Autodesk 123D Catch**, o tehnologie de Computer Vision, care utilizează un număr de fotografii succesive, și suprapuse, pentru generarea unui model 3D de tip mesh. Aplicația 123D Catch poate fi rulată și pe dispozitive mobile, modelul fiind generat și depus local sau într-o bază de date în cloud, în format Wavefront .obj, și textura în fisier .mtl, în diferite rezoluții (standard, mobil). Am propus și realizat o experimentare prin scanarea unei **camere de dimensiune mică** (depozit de instrumente foto). A fost utilizată o camera foto DSLR Canon. În Fig. 6.18, 6.19 este prezentat modelul 3D și o imagine 2D a camerei.
4. **Vuforia Qualcomm** – tehnologie de Realitate Augmentată, care se integrează cu motorul Unity3D permițând realizarea unor aplicații mobile avansate, de tip recunoaștere de imagini. Astfel, se pot realiza **medii virtuale în Unity3D, cu facilități de AR**. Exemplificarea a fost realizată cu ajutorul unei aplicații de tip **muzeu interactiv**, creată de un cercetător de la CYI.

5. **Motorul de gaming Unreal3D**, principalul competitor al Unity3D, pentru realizarea de scene complexe și nivele de joc. S-a analizat comparativ cu Unity3D.

De asemenea, a fost prezentat cercetătorilor din grupul STARC sondajul online privind utilitatea implementării unei clase 3D online utilizând paradigma Mixed-Reality (a se vedea cap. 7).



Figura 6.17 Expoziție web de modele 3D în format X3D (captură ecran L. Ștefan, din <http://public.cvi.ac.cy/starcRepo/explore/objects/40>)

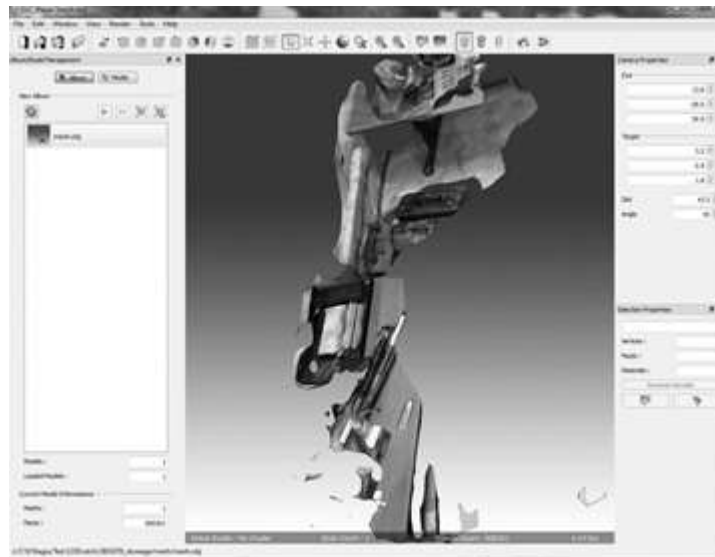


Figura 6.18 Model 3D din Autodesk 123D Catch (captură ecran L. Ștefan, din GLC Player)



Figura 6.19 Camera scanată cu Autodesk 123D Catch (captură ecran L. Ștefan)

Rezultate utilizabile pentru cercetarea doctorală au fost:

- Explorarea formatului X3D și a framework-ului X3DOM pentru:
 - prototipizarea și stocarea de modele 3D în pagini web. In Fig. 6.20 este experimentată convertirea unui model Collada (dae), în WaveFront (obj), în X3D;
 - integrarea cu mediul OpenSim, care dispune de un browser web integrat;
 - explorarea framework-ului WebGL pentru realizarea unor viewer-e pentru dispozitive mobile;
- Realizarea unui studiu comparativ privind utilizarea tehnologiilor studiate pentru implementarea scenelor 3D de tip Mixed-Reality (integrare medii virtuale și reale) ca alternative la OpenSim (avantaje/dezavantaje).

Cercetarea a fost valorificată într-un articol în curs de publicare [STEF, 2015/5].



Figura 6.20 Model campus convertit și vizualizat în pagina web (L. Ștefan)

CAPITOLUL 7

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

7.1 METODA SONDAJULUI CA INSTRUMENT DE CERCETARE

Scala Likert, denumită după inventatorul său psihologul Rensis Likert, este o scală psihometrică utilizată în cercetare. Este cea mai utilizată pentru a evalua răspunsurile din sondajele de utilizatori, iar termenul este interschimbabil cu **rata Likert** (*Likert rating scale*), deși acești termeni nu sunt sinonimi. Likert a făcut o distincție între o scală, care provine din răspunsuri colective la un set de elemente (de obicei 8 sau mai multe) și formatul în care răspunsurile sunt scorificate într-un domeniu. Tehnic, o scală Likert se referă numai la cea anterioară. Diferența între cele două concepte se traduce în distincția pe care Likert a făcut-o între *fenomenul investigat* și metoda de a *captură variații* care au legătură cu fenomenul respectiv. Când răspund la o întrebare dintr-un chestionar de tip Likert, respondenții specifică nivelul lor de acord sau dezacord pe o scală simetrică de acord-dezacord a unei serii de afirmații.

O scală poate fi creată ca simplă sumă de răspunsuri la chestionare pe întreaga scală. În acest mod, scala Likert presupune ca distanțele pe fiecare element sunt egale. Prin contrast, teoriile moderne de testare tratează dificultatea fiecărui element ca informații încorporate în elementele de scalare. Scala Likert este deci suma răspunsurilor la mai multe elemente Likert. Un element Likert este o afirmație pe care respondentul este rugat să o evalueze în conformitate cu criteriile subiective sau obiective. De obicei se utilizează o scala de 5 nivele de acord sau dezacord, deși mulți psihometricieni susțin 7 sau 9 nivele, deoarece pot produce un scor mediu mai bun relativ la cel mai mare posibil a fi atins, comparat cu cele produse la cele pe 10 nivele, această diferență fiind "semnificativă statistic".

Formatul tipic din 5 elemente Likert este de tipul:

- Absolut în dezacord/Strongly disagree
- Nu sunt de acord/Disagree
- Neutru/Neither agree nor disagree
- De acord/Agree
- Absolut de acord/Strongly agree

7.2 NECESITATEA EVALUARII UTILIZĂRII MEDIILOR VIRTUALE

În Landers & Callan (2012) este subliniată necesitatea evaluării mediilor virtuale utilizate în procese educaționale la nivel de companie. Mediul academic poate fi considerat un mediu organizațional complex. Îmbunătățirea învățării și costurile reduse în comparație cu învățarea tradițională sunt percepute de cercetători ca avantajul primar al învățării în lumi virtuale. Pe de altă parte, Landers & Callan (2012) subliniază ca un mediu virtual bine proiectat poate fi utilizat ineficient într-un context organizațional dacă nu este evaluat în mod adecvat, în cele din urmă conducând la o sub-adoptie.

Proiectarea activităților este similară unui mediu tradițional; ele trebuie să fie pedagogic semnificative, bazate pe teorii de învățare validate, și furnizate în mod profesional (Mamo et al., 2011).

Un studiu Gartner 2007 arată ca mediile virtuale sunt în general considerate jocuri; studenții le consideră "spații de joacă" mai degrabă decât spații utile pentru învățare (Cheal,

2009), în ciuda evidenței ca jocurile și procesele gamificate pot fi valoroase pentru învățare (Landers & Callan, 2012). Mulți utilizatori nu se simt confortabil datorită lipsei de experiență și a modului de navigare (Coban et al., 2015). S-a demonstrat o corelație statistică între conștientizarea utilității și rezultatele învățării (Blume, Ford, Baldwin & Huang, 2010). Bessière, Ellis & Kellogg (2009) și Bedford et al. (2006) arată ca într-o organizație angajații au avut dificultăți de navigare și interacțiune cu VW și o varietate de dificultăți tehnice. De asemenea, angajații se așteaptă că din punct de vedere software lumile virtuale să fie intuitive la utilizare, fără a necesita ore de învățare prealabilă pentru navigare. Navigarea reprezintă însă o tehnică complexă. Pe de altă parte, cele mai utilizate metode de măsurare a satisfacției utilizatorilor se bazează pe sondaje, dar acestea nu se corelează bine cu învățarea sau cu transferul de cunoștințe (Brown, 2005).

7.3 INTERVIU ANTE-EXPERIMENT PRIVIND UTILITATEA UNEI CLASE VIRTUALE 3D IN REALITATE MIXTA

Realizarea experimentului de clasă 3D în realitate mixtă (secțiunea 6.2) a fost justificată de cercetarea prezentă. Înainte de a prezenta utilizatorilor acest experiment, a fost realizat un interviu **pentru a investiga utilitatea**. Au participat studenți de la Universitatea Politehnică din București, Facultatea de Automatică și Calculatoare, în timpul Scolii de Vară, și cercetători tineri din cadrul colectivului STARC, Cyprus Institute of Technology. Link-ul a fost transmis pe email și au fost colectate și răspunsuri într-o formă nestructurată (comentarii).

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>

Interviul a conținut următorul text :

“Aveți un mediu virtual care modelează o clasă de laborator, mai precis laboratorul de Grafică. *Ca profesor*, va puteți conecta la această sală virtuală de la orice calculator care conține o cameră web cu microfon, îndreptată spre dvs. La ora de clasă participă un număr variabil de studenți, unii cu prezență fizică, alții de la distanță. Toți se conectează la clasa virtuală printr-un avatar și ocupă un loc în clasa virtuală. Cei care participă de la distanță urmăresc lecția în interiorul mediului virtual în mod similar cu o transmisiune în timp real, proiectată pe un obiect grafic corespunzător unei table. Profesorul poate vedea atât mediul real cât și pe cel virtual, având o viziune de “realitate mixtă” a tuturor participanților. Ca profesor puteți comunica verbal cu studenții conectați de la distanță prin serviciul de chat din interiorul mediului virtual (de ex. pentru a răspunde la întrebări) sau non-verbal, prin gesturile avatarului. Ca *student* puteți comunica atât cu profesorul, cât și colegii din sală. Studenții prezenți fizic pot utiliza dispozitivul mobil propriu (smartphone sau tableta) pentru a identifica locația din sală sau pentru a înregistra lecția. *Cum apreciați în general utilitatea unui astfel de experiment pentru facilitarea participării la cursuri și crearea unei comunități de învățare?*”

7.3.1 Rezultate

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

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

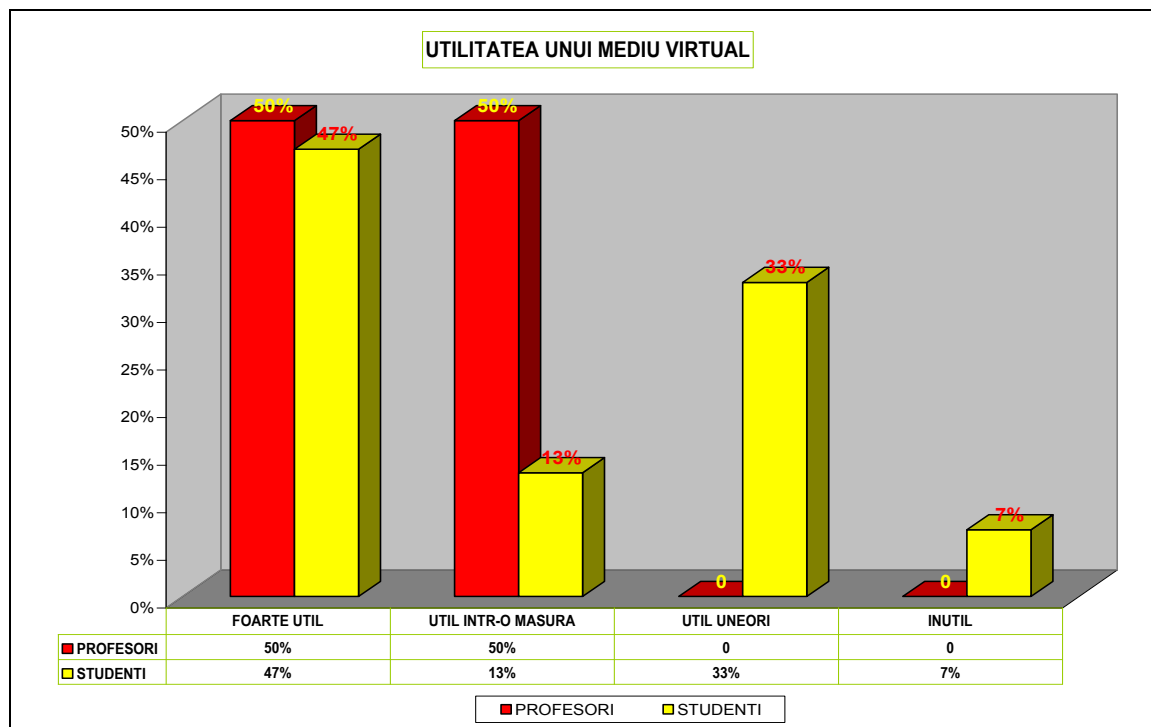


Figura 7.1 Evaluarea utilității clasei 3D în realitate mixtă, pe categorii (profesori, studenți)

Prezentăm în tabelele de mai jos răspunsurile neprelucrate și sugestiile primite.

Tabel 7.3 Comentarii la interviul ante-experiment clasă 3D în realitate mixtă (respondenți români)

Indicați punctele forte ale acestui mediu virtual de învățare, din punctul dvs. de vedere	Indicați punctele problematice sau aspectele posibil negative, din punctul dvs. de vedere	Alte observații
-se poate participa de la distanță -lecția poate fi înregistrată -este posibilă interacțiunea între studenții aflați la distanță și profesor	-studenții pot comunica între ei pe chat ceea ce va duce la pierderea interesului -ecranul unui telefon nu e suficient de mare, iar despre calitatea sunetului nu comentez. în cursurile video online rezoluția și calitatea sunetului sunt întotdeauna aspectele cele mai importante. cred ca ar fi mai utilă utilizarea unui laptop. -nu e prea placut să stai peste o oră cu	

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

	telefonul și e dificil să te concentrezi pe un ecran mic într-o poziție incomodă	
Este foarte interesantă ideea. Cred ca în acest mod studenții ar fi mai atrași și le-ar trezi mai mult interesul legat de studiu și facultate. Este o modalitate mai confortabilă de a participa la un seminar/laborator de acasă sau de ce nu, în caz ca avem un job în timpul facultății, putem participa la seminar chiar în timpul job-ului, dacă programul ne permite.		
Este folositor în sesiune când studentul face o recapitulare a materiei învățate de-a lungul semestrului. Pe lângă notițele luate la curs, se poate uita pe înregistrările cursurilor pentru informații pe care le-a omis, sau pentru o mai bună înțelegere a cursurilor. Dacă în anumite situații, studentul nu poate fi prezent fizic la curs, acesta poate ori să fie prezent prin intermediul simulatorului sau dacă a ratat cursul, atunci îl poate urmări mai târziu prin intermediul înregistrării acestuia.	Poate deveni un obicei ca studentul să prefere să vizioneze de acasă sau din altă parte cursurile, fiind mai convenabil pentru acesta. Astfel, profesorul poate preda unei clase goale, în care să fie eventual doar avatarurile studenților lipsă, lucru care ar putea fi considerat drept o lipsă de respect fata de profesor, prin dezinteresul studentului, iar profesorul ar putea să predea pur și simplu cursul, fără vreo interacțiune sau dialog cu studentul.	Sunt în favoarea implementării acestui proiect, dar în anumite limite care să prevină abuzul.
Accesibil în orice oră din zi și din noapte, iar toate resursele necesare învățării vor fi la îndemână.	Oferă prea multă libertate, de învățare, fapt ce nu va prii tuturor	
mai puțin efort necesar, se poate realiza asincron	este mai ușor de exploatat	
Este ușor de văzut efectul	Nu este universal	
Poti să înveți de la distanță	Nu are niciun rost. Există alte medii de învățare pe internet. Nu mi se pare normal să emulam ceva ce există în viața reală pentru ca asta ar duce la cât mai mulți indivizi să nu fie sociabili. Ar fi bună o platformă de învățare online, cu cursuri, laboratoare, îndrumare, teste, etc. dar nu ceva ce ar simula viața reală a unei persoane.	
Ne oferă posibilitatea să ne luăm cursurile fără a mai apela la alți colegi. Sunt zile în care nu toată lumea poate să ajungă la cursuri și cred ca este foarte important acest lucru, mai ales că am observat ca anumiți profesori postează pe deasupra și materiale ajutătoare/măi detaliate.		
Lipsa de la cursuri se poate "fixa".	Oricine se află într-un mediu amiabil (acasă) nu se va simți forțat să fie atent la curs.	

Tabel 7.4 Răspunsurile la interviul ante-experiment clasă 3D în realitate mixtă (respondenți internaționali)

Please indicate the strong points of this virtual learning environment, from your point of view.	Please indicate the negative or weak points, from your point of view.	Other comments or suggestions
It is interactive so it is very interest and as a student you are not bored. In order to have the mixed-reality experience, no expensive kit is needed, or hard to find it. If you missed a lesson you can listen the recorded lesson later. It is very easy to have the design (3D environment)of the class according to the subject of the lesson.	If you have the experience for a long time maybe it causes headache	
Richness of information, interesting interface/environment that triggers interaction, curiosity and motivates the student	Maybe lack of concentration, tethering technical problems that disrupt the immersive experience	
Participating, communicate		

7.3.2 Interpretare

Majoritatea respondenților au considerat utilă implementarea unei clase 3D în realitate mixtă, dar au apreciat utilitatea în diferite procente. Un procent de 27% respondenți bărbați au considerat inutilă implementarea.

7.4 SONDAJ DE INVESTIGARE A UTILITATII INTEGRARII DE ECHIPAMENTE PENTRU INTERACȚIUNEA DINTRE MEDIUL REAL SI VIRTUAL

Pentru a investiga utilitatea integrării de echipamente în mediul virtual și utilitatea utilizării echipamentelor mobile personale, după conceptul Bring Your Own Device (BYOD) (Ballagas et al.,2005), a fost conceput următorul sondaj, cu întrebări diferite pentru profesori și studenți.

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/qjmzvq3>

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

7.4.1 Rezultate

Tabel 7.5 Răspunsurile la sondajul de investigare utilitate integrare echipamente (profesori)

INTREBARI PENTRU PROFESORI	RASPUNSURI [Nr]	
	DA	NU

V-ar deranja un dispozitiv de urmărire a mișcărilor dvs, care să se reflecte în mișcarea avatarului care vă reprezintă într-o clasă virtuală 3D ? a) Da ; b) Nu. De ce?	0	1
Inregistrarea video/sonoră a lecției pentru a o pune ulterior la dispoziția studenților o considerați utilă? a) Da ; b) Nu. De ce?	0	1

Tabel 7.6 Răspunsurile la sondajul de investigare utilitate integrare echipamente (studenți)

INTREBĂRI PENTRU STUDENT	RĂSPUNSURI [Nr]	
	DA	NU
Considerați utilă utilizarea dispozitivelor mobile personale pentru accesul la sistemele de e-Learning ? a) Da ; b) Nu De ce?	6	0
Considerați util un mod de învățare într-o paradigmă de Mixed Reality (utilizare combinată facilități mediu fizic cu cel virtual, utilizarea de camere video, senzori s.a.)? a) Da ; b) Nu. De ce?	6	0

Tabel 7.7 Răspunsurile la sondajul de investigare realitate mixtă

Care dintre modele de mai jos vi s-ar potrivi într-un scenariu de învățare?	RĂSPUNSURI [Nr]
• <i>Exclusiv participare fizică, comunicare directă</i>	2
• <i>Exclusiv participare virtuală, ascultarea lecției prin streaming video, comunicare online</i>	2
• <i>Combinat, participare fizică/comunicare directă, participare/comunicare în mediul virtual</i>	2

Studenții au răspuns și la câteva întrebări referitoare la tipul de dispozitive mobile personale. Sistemul de operare este Google Android (3) și iOS (1).

Tabel 7.8 Răspunsurile la sondajul de investigare echipamente mobile personale

Dispozitiv	RĂSPUNSURI [Nr]
Smartphone	4
Tableta	2

7.4.2 Interpretare

Răspunsurile au fost favorabile 100% în ceea ce privește integrarea de echipamente hardware și utilizarea dispozitivelor mobile, dar numărul mic al respondenților nu poate constitui o validare statistică a răspunsurilor. În ceea ce privește modelul de participare la un scenariu de învățare, răspunsurile sunt distribuite egal, de aceea nici în acest caz nu s-a putut calcula o relevanță statistică.

7.5 SONDAJ POST-EXPERIMENT CLASA VIRTUALA 3D IN REALITATE MIXTA

In (Liu et al., 2012) se arata că nu există multe studii referitoare la acceptarea de către studenți a tehnologiilor de realitate mixtă (MR) pentru învățare, cât și a factorilor semnificativi care influențează intenția lor de a le utiliza. In (Liu et al., 2012) evaluarea unui sistem educațional realizat în lumi virtuale s-a focalizat pe următorii factori: *interactivitate; divertisment perceput; interes și implicare; calitatea sistemului; inovație personală; compatibilitate; atitudine către subiect; influența socială*. Liu et al. (2012) au realizat un model TAM modificat, bazat pe 5 seturi de ipoteze și factorii de mai sus. Relațiile dintre factori și ipoteze au fost derivate din literatură despre TAM, MR, medii virtuale și teorii de învățare. Seturile de ipoteze au fost grupate în *experiență; sistem; indivizi; influență socială; percepție generală*.

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 împărțit întrebările între profesori și studenți și 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.

Am utilizat atât o scară de 5 valori de tipul Likert cât și întrebări nestructurate.

7.5.1 Rezultate

Tabel 7.9 Răspunsurile la sondajul post-experiment clasă 3D în realitate mixtă

INTREBĂRI PENTRU PROFESORI SI STUDENTI	RĂSPUNSURI [Nr răspunsuri]				
	1	2	3	4	5
1. Cat de util considerați acest sistem (dați o nota de la 1 la 5) : 1) Inutil (poate lipsi); 2) Puțin util; 3) Nu pot aprecia; 4) Util. 5) Extrem de util. <i>Detaliați.</i>			2	4	1
2. Enumerați beneficiile (de ex. în comparație cu o video conferința prin Skype, ce puteți face în plus?).	a) este un mediu în timp real și multi-utilizator; b) este un mediu care simulează prezență fizică într-un mod angajant și stimulativ ; c) studenții și profesorii pot comunica atât verbal cât și non-verbal, fiind util celor mai puțin comunicativi sau timizi; d) este relativ ieftin.				

3. Enumerați dezavantajele (tehnice, educaționale, psihologice):	a) necesită explicații pentru înțelegerea mediului virtual și a modului de lucru specific; b) este dificil de integrat într-o sală de clasă mare; c) sunt necesare mai multe camere pentru a oferi o experiență mai imersivă.			
4. Apreciați gradul de imersivitate, definit ca măsura în care mediul reușește să simuleze prezența dvs. (dați o nota de la 1 la 5). <i>Detaliați.</i> 1) Total neimersiv; 2) Slab imersiv; 3) Nu pot aprecia; 4) cvasi-imersiv; 5) Total imersiv.	1		6	
4. Specificați modul în care ați comunicat în interiorul mediului simulat (selectați de la 1 la 5). 1) nu am comunicat; 1) prin chat; 2) prin gesturi; 3) texte scurte; 4) combinat; 4) alte moduri (specificați).	4	2	1	
5. Cum ați comunicat ? 1) în mediul real; 2) în mediul virtual.	2			
	4			
5. În ce direcție ați comunicat ? 1) student-profesor; 2) student-student.	4			
	4			

7.5.2 Interpretare

Răspunsurile au indicat că un astfel de sistem prezintă mai multe avantaje în comparație cu un curs clasic cu prezență fizică sau prin videoconferința (de ex. prin Skype).

Sistemul a fost considerat util, cu note între 4 și 5. Comunicarea în lumea virtuală a fost preferată celei în mediul real, și a avut loc atât între studenți și profesor, cât și între studenți.

În comparație cu Skype ca mediu de timp real pentru comunicații video, mediul virtual utilizat ca platformă de transmitere informații video a fost apreciată ca fiind mai complexă, ca permite acțiuni care nu sunt posibile în viața reală (de ex. ajuta studenții mai puțin comunicativi sau timizi să găsească alte forme de comunicare), ceea ce face mediul virtual mult mai angajant; adăugarea unor elemente de stimulare este utilă; studenții pot comunica unii cu alții și cu profesorul într-un mod mai structurat; lecțiile pot fi înregistrate și oferite la cerere pentru acei studenți care nu pot participa în timp real.

7.6 EVALUAREA ANTE-EXPERIMENT PRIVIND PROIECTAREA UNUI CAMPUS 3D

Următorul sondaj a avut ca obiectiv definirea unor cerințe de proiectare a unui campus 3D online, în funcție de așteptările utilizatorilor. În 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

Q1 (comună profesori/studenti): Ați utilizat până acum un mediu virtual 3D virtual pentru predare/învățare? Dacă da, ce tip de mediu virtual 3D (simulare, joc educațional, lumi virtuale, altele)?

Q2 (comună profesori/studenti): Pentru ce discipline predate în cadrul facultății ați vedea utilitatea/complementaritate utilizării unui mediu virtual 3D?

Q3 (comună profesori/studenti): In ce componentă a procesului educațional ați vedea utilitatea unui mediu virtual 3D : a) predare ; b) învățare; c) evaluare; d) în toate. Detaliați.

Q4a (profesori): Preferați ca principala metoda de predare un mod sincron/în timp real de furnizare a unui curs sau un mod asincron, urmat de intervenția dvs. cu rol de îndrumător ?

Q4b (studenti) : Preferați un mod sincron de participare la un curs sau un mod individual de învățare, în ritm propriu?

Q5 (studenti) : Aveți un dispozitiv mobil inteligent (smartphone sau tableta) propriu ?

Q6a (profesori) : Ce factor considerați că demotivează cel mai mult studenții să participe la cursuri ?

Q6b (student) : Ce factor va demotivează cel mai mult să participați la cursuri ?

Q7 : Dacă ați implementa un CAMPUS 3D ce opțiuni de proiectare arhitecturală ați alege?

- Să aibă similitudini cu campusul real și acestea să fie realizate cât mai realist;
- Să aibă similitudini cu campusul real și acestea să nu fie realiste ci doar să sugereze funcționalitatea;
- Să nu aibă similitudini cu campusul real, adică să fie un mediu pur virtual;
- Combinat, un model virtual al campusului real, dar și cu elemente existente numai în mediul virtual (de exemplu, zone de întâlnire, etc);

Q8 : Dacă ati implementa un CAMPUS 3D cum ati proiecta elementele de mediu?

- Să aibă similitudini cu campusul real și acestea să fie realizate cât mai realist ;
- Să aibă similitudini cu campusul real și acestea să nu fie realiste ci doar să sugereze funcționalitatea ;
- Să nu aibă similitudini cu campusul real, adică să fie un mediu complet virtual ;
- Combinat, un model virtual al campusului real, dar și cu elemente existente numai în mediul virtual (de exemplu, parcuri, etc) ;

Q9 : Dacă ați implementa un CAMPUS 3D cum ați proiecta elementele ambientale ?

- Indiferent ;
- Cât mai puține culori/texturi ;
- Culori calde ;
- Culori reci ;
- Nuante de gri ;
- Iluminare corectă ;
- Perioada zilei fixa (numai zi) ;
- Perioada zilei în conformitate cu cea reală (zi, după-amiaza, seara).

7.6.1 Rezultate

Tabel 7.10 Rezultate sondaj cerințe de proiectare campus 3D online

Intrebare	Răspunsuri studenți
Q1	Simulări: 8% ; Jocuri : 17% Altele : 75%
Q2	Orice disciplina ; Programarea Calculatoarelor, Fizica, Electronica, Matematica, Teoria sistemelor automate
Q3	a) predare și învățare: 42% ; b) învățare: 58%

Q4b	Sincron : 50% Asincron : 50%
Q5	100%
Q7	Să nu aibă similitudini cu campusul real: 8% ; Să aibă similitudini cu campusul real: 17% ; Combinat : 75%
Q8	Să nu aibă similitudini cu campusul real: 8% ; Să aibă similitudini cu campusul real: 17% ; Combinat : 75%
Q9	Perioada zilei în conformitate cu cea reală (zi, după-amiaza, seara) : 50% ; Indiferent: 25% ; Iluminare corecta: 8%; culori calde: 17%

Tabel 7.11 Răspunsuri la întrebarea Q6b

Un curs de 2-3 ore care devine foarte monotone
Cursuri neatractive
Drumul, orele fixe
Gălăgia, spațiul efectiv (de la temperatura salii până la mobilier)
Uneori pot apărea noțiuni dificile
Aglomerare de studenți
Prea mulți studenți în aceeași sală și nu se înțelege nimic
Lipsa de motivație
Cand este un singur curs într-o zi, mai ales vineri sau luni
Temperatura din cadrul salii de curs, mai ales iarna sau vara
Claritatea profesorului (volumul cu care se aude)

7.6.2 Concluzii

Experimentul de clasă 3D pe platforma OpenSim a captat interesul studenților, care au răspuns favorabil privind conceptul de realitate mixtă pentru transmiterea cursurilor și utilitatea unei implementări pe scara largă.

Cercetarea ulterioară acestui experiment s-a concentrat pe realizarea unui simulator 3D online, care să înglobeze funcționalitățile unui campus 3D virtual și să ia în considerare cerințele majorității studenților, așa cum au fost exprimate în sondajul post-experiment, respectiv modelarea unui campus care să aibă caracteristici combinate din modelarea reală cu altele pur virtuale și iluminarea ambientală în concordanță cu momentele zilei.

CAPITOLUL 8

8. IMPLEMENTAREA UNUI CAMPUS 3D ONLINE GAMIFICAT

8.1 PROPUNERI PENTRU IMPLEMENTAREA CAMPUSULUI VIRTUAL "3DUPB"

Campusul virtual "3DUPB" este în prezent format din amfiteatre și laboratoare ale Departamentului de Automatică și Calculatoare din Universitatea POLITEHNICA din București, care sunt modelate ca o replică realistă a acestuia (Fig. 8.1). Accesul la campusul virtual este realizat online, suportul simulatorului este asigurat printr-o baza de date MySQL. Arhitectura este standalone.

Orientarea în spațiile mari a avatarurilor este asigurată cu ajutorul unor indicii vizuale sau geografice și algoritmi matematici (Moldoveanu et al., 2014; Grădinaru, 2014).



Figura 8.1 Amfiteatru virtual în cadrul "3DUPB" (Moldoveanu et al., 2014 ; Grădinaru, 2014)

Utilizarea lumii virtuale 3D în scop educațional impune anumite cerințe de design și de implementare a funcționalităților sale. În afară de modelarea spațiului 3D ca o clonă a celei reale, este necesar ca mediul 3D să ofere cel puțin servicii similare celor din platformele virtuale tradiționale existente, care funcționează în mediul web și web 2.0, la care să se adauge servicii specifice mediului 3D.

Pentru platforma 3DUPB (Moldoveanu et al., 2014; Grădinaru, 2014) propunem funcțiile sintetizate în continuare.

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

- Managementul utilizatorilor – studenți și profesori;
- Managementul cursurilor și a documentației;
- Managementul temelor (realizare, evaluare/notare);
- Chestionare de evaluare.

CONECTAREA LA SERVICII WEB 2.0, respectiv blog-uri, forum-uri, rețelele sociale, YouTube, documente colaborative în cloud :

- Realizarea de conținut colaborativ;

- Realizarea de medii personale de învățare;
- Comunicarea student-profesor, profesor-profesor în timp real;
- Invățare în grup prin chat, blog, video-blog.

OFERIREA DE SERVICII IN MEDIUL 3D:

- Demonstrații și simulări de concepte;
- Tururi virtuale;
- Întâlniri virtuale, conferințe virtuale (de ex, realizare în timp real de cursuri);
- Realizarea de comunități de învățare în mediu 3D în timp real;
- Realizarea de proiecte colaborative bazate pe scenarii;
- Realizarea de asistenți virtuali;
- Componente de analitică a învățării (Learning Analytics/LA).

Arhitectura serverului OpenSim (Fig. 12.2) se bazează pe un framework extensibil, de aceea este posibilă extinderea mediului virtual cu funcționalități noi și/sau servicii externe.

Instalarea (*deployment*-ul) unui simulator OpenSim necesită acțiuni de administrare (de ex. creare de conturi), care, în distribuția standard, se realizează din consola OpenSim, pe calculatorul pe care se instalează. De aceea, este necesară și realizarea unor interfețe grafice care să faciliteze accesul și gestionarea în timp a unui mediul virtual 3D complex și extins, care modelează un întreg campus.

Acestea ar trebui să vizeze:

- 1) **lansarea simulatorului dintr-o interfață prin care să fie posibilă particularizarea mediului virtual;**
- 2) **lansarea clientului dintr-o interfața web** care să permită autentificarea utilizatorilor, verificarea rolurilor și particularizarea unor funcționalități după rolul utilizatorului.

În ceea ce privește funcționalitățile unui simulator de campus 3D online considerăm importante următoarele funcționalități :

- 3) **funcții de orientare spațială generală:** navigare, găsire a sălilor și a clădirilor, deplasare și teleportare rapidă în cadrul campusului;
- 4) **funcții de orientare spațială detaliată, la nivelul spațiilor restrânse (sală de clasă);**
- 5) **funcții de sincronizare cu mediul real:** a) **funcții de audio și video-streaming;** b) interfețe pentru comunicare verbală ; c) localizare geografică;d) servicii de vreme (Moldoveanu, 2014 ; Ferche, 2014); e) utilizare de echipamente mobile;
- 6) **relaționare, crearea de comunități, prieteni;**
- 7) **crearea și gestionarea de conținut** (inventare): încărcare cursuri, documente, proiecte 3D, pagini web, materiale multimedia, realizarea de chestionare ; evaluare chestionare ;
- 8) **suport pentru activități colaborative** : partajare documente, invitare prieteni;
- 9) funcții de informare în timp real, sincronizate cu alte sisteme (de ex. sistemul Moodle al facultății): orare, examene, informații specifice studenților (note, lucrări efectuate) ;
- 10) **implementare elemente inspirate din paradigma MMO-RPG (roluri, grupuri, reguli) ;**
- 11) **elemente de gamificație;**
- 12) **funcționalități avansate bazate pe inteligența artificială:** de ex. asistenți virtuali, tur virtual;
- 13) extinderea mediului virtual cu aplicații, de ex. jocuri, spații pur-virtuale particularizate de utilizatori;
- 14) **elemente de analitică, pentru evaluarea și îmbunătățirea mediului 3D ;**

15) **realizarea de filme 3D (machinima) pentru demonstrarea modului de utilizare a mediului.**

Am accentuat cu bold punctele asupra carora m-am concentrat în cercetarea doctorală.

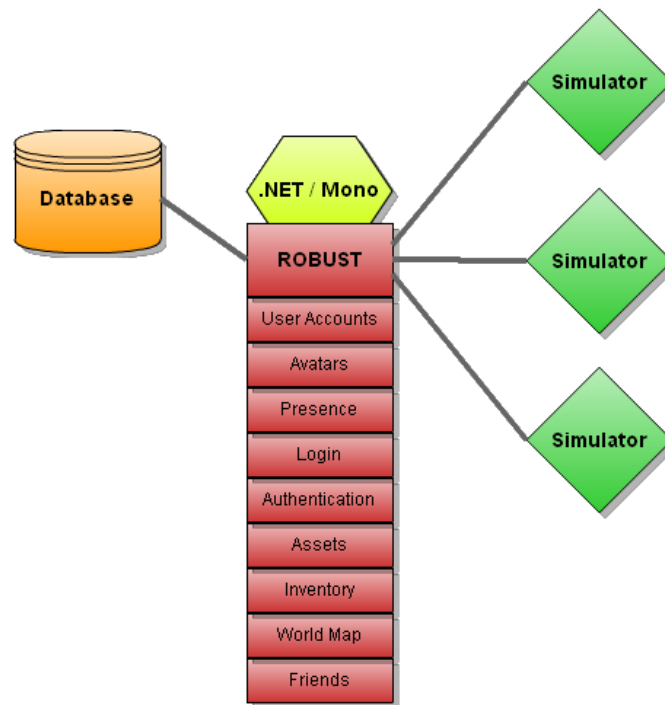


Figura 8.2 Arhitectura de servicii a OpenSim (Simian Grid, 2015)

Cercetarea doctorală s-a focalizat în continuare pe exploatarea *facilităților specifice mediilor 3D și a tehnologiilor actuale* pentru realizarea unui mediu colaborativ și de realitate mixtă, astfel încât mediul virtual 3D să ofere o soluție complementară viabilă de acces și învățare la distanță.

8.2 DESCRIERE FUNCIONALĂ A SIMULATORULUI DE CAMPUS 3D ONLINE

Simulatorul de campus 3D online este conceput ca o comunitate de practică, în sensul definit de Wenger (1998) și promovat de (Annetta, 2010), respectiv ca un spațiu utilizat de diferite persoane cu activități care se constituie obiective comune sau similare, în cazul de fata predare, învățare, socializare, documentare, lucru la proiecte, întâlniri în grupuri restranse, evenimente.

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 grafica 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, pentru implementarea unui SE flexibil, deschis și adaptiv.

Materialul educațional este creat cu alte programe (de ex. Power Point, filme video) și încarcate 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.

Studentii și profesorii pot încărca prezentări ale proiectelor lor. Evaluarea reciprocă (*peer review*) și de către cadrele didactice a proiectelor este o sarcină dificilă într-un mediu virtual 3D, care a necesitat soluții specifice.

Avatarurile (agenți umanoizi controlați de către utilizatori) au fost create pentru profesori, studenți, vizitatori și administrator. Botii (agenți inteligenți controlați de mediul virtual) au fost creați pentru un ghid virtual. În OpenSim botii pot avea diferite utilizări: să implementeze agenți non-player (NPC), să poarte o conversație sau să facă invitații de grup (ceea ce nu este posibil în SL).

Toate avatarurile sunt augmentate cu un atașament (*attachement*) de identificare a rolului în cadrul SE. Aspectul (*appearance*) avatarurilor va fi personalizat de către fiecare utilizator, de ex. părul, îmbrăcămintea, animația. Studenții mai performanți în utilizarea mediului pot face uz de un HUD pentru AO (*animation override*), pentru a personaliza diferite atitudini (*pose*) și a exprima mai bine personalitatea lor în lumea virtuală.

Culorile asociate rolurilor vor fi, de exemplu:

- portocaliu, admin local (secretar);
- albastru, admin sistem (tehnici);
- maro, profesori;
- verde, studenți;
- galben, alți utilizatori.
- roșu, ghid virtual.

Majoritatea obiectelor educaționale gestionează informații media. Video streaming-ul și instrumentele de comunicare (de exemplu, apeluri de voce) vor oferi o experiență de realitate mixtă (MR) și facilități de video-conferință. Paradigma MR aplicată în lumea virtuală asigură un suport sporit pentru activitățile colaborative și cursuri în timp real (sincronizate), dar și pentru cursuri înregistrate și furnizate la cerere.

Streaming-ul video a fost experimentat cu soluții gratuite, VLC (VideoLAN media player) sau Google Hangouts, pentru a difuza semnalul video la un grup de clienți conectați simultan. Serverul și player-ul VLC au fost preferate altora (ManyCam, Ustream, Justin.tv), deoarece soluția poate fi generalizată pentru dispozitive mobile. Studenții sunt încurajați să participe cu dispozitivele mobile (conceptul BYOD- *Bring Your Own Device*).

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 gamificație, a fost implementat un **sistem de monitorizare a utilizării SE și instrumente de Learning Analytics (LA)**, pentru furnizarea de introspecții calitative și fapte semnificative legate de performanța studenților, a profesorilor, și a utilizării SE, după o perioadă de timp semnificativă: a) participarea la cursuri; b) timpul mediu petrecut în LE; c) cursurile cele mai frecventate; d) zonele cele mai frecventate. Diferite reprezentări vizuale 2D și 3D au fost experimentate pentru raportari de LA.

Un element important într-o lume virtuală 3D este navigarea. Deoarece în OpenSim nu este implementat mecanismul de *pathfinding*, respectiv de navigare inteligentă, s-au realizat soluții pentru navigare, orientare și evitare a coliziunii, voite sau accidentale, dintre avataruri și obiectele mediului virtual (de ex. un indicator de orientare, utilizarea unor coridoare de anumite culori).

În Fig. 8.3 este prezentată o modelare conceptuală a spațiului educațional, în care se imbină 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.

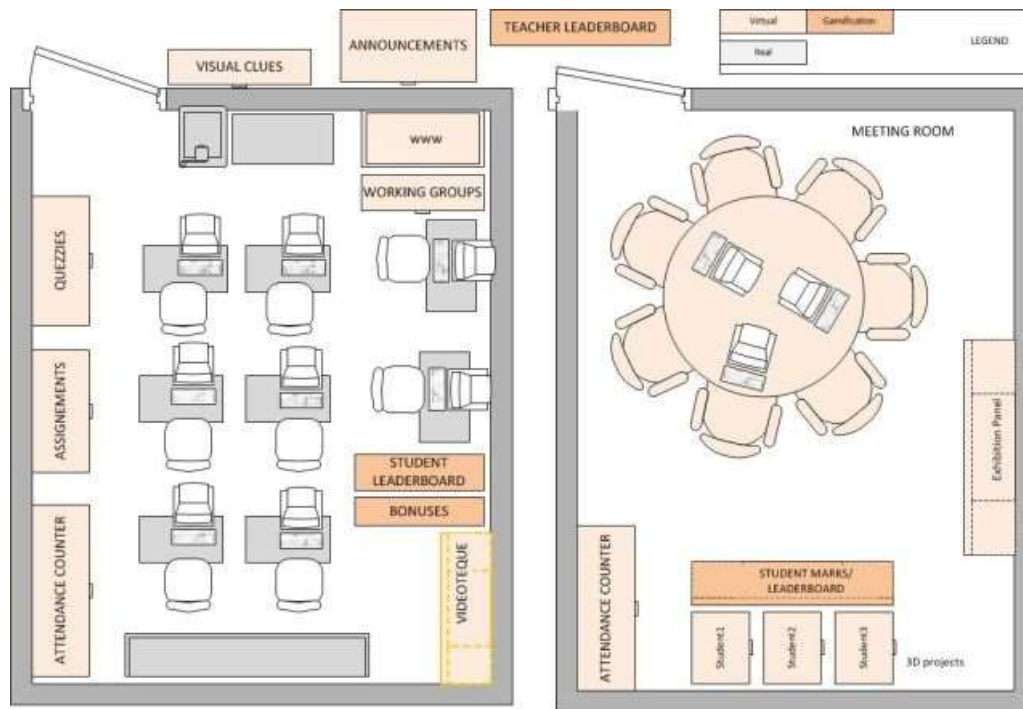


Figura 8.3 Modelarea conceptuală a unui spațiu educațional din simulatorul 3D propus pentru experimentare [STEF, 2015/1]

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

Componentele arhitecturale reprezintă : *fundație, pereți camere, etaje suprapuse, scări, uși, precum și panouri media.*

Designul grafic include, de asemenea, indicatoare de orientare, indicii vizuale, obiecte HUD, o zonă de teleportare.

8.3 INTERFETE DE ADMINISTRARE

Pentru demonstrarea utilizării autorizate a simulatorului educațional 3D care să corespundă exploatarei în condiții reale ale unui campus universitar, au fost create câteva module experimentale care integrează serviciul RESTful (*Representational State Transfer*) "3DUPB", realizat de ing. Alexandru Grădinaru în cadrul proiectului 3DUPB (Grădinaru, 2014) și accesibil de la adresa <http://3d.pub.ro/api/>. Acesta transmite datele în format JSON (*JavaScript Object Notation*) și a fost creat pentru a permite accesul autorizat la platforma **3DUPB** (Moldoveanu et al., 2014) a studenților și cadrelor didactice din facultatea de Automatică și Calculatoare prin utilizarea infrastructurii locale de autentificare și autorizare folosind serviciul Windows LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*). Autentificarea se bazează pe o listă de *conturi și parole de utilizatori*. Conectarea la acest serviciu se face utilizând o conexiune securizată cu un certificat SSL (Grădinaru, 2014). Pentru accesul vizitatorilor propunem de asemenea crearea de conturi LDAP.

8.4 UTILIZARE SERVICIU REST

Biblioteca serviciului 3DUPB comunica cu serverul OpenSim, și poate fi integrată în orice tip de aplicație (web, mobile). Serviciul realizează de asemenea procesarea informației pentru a fi transmisă către OpenSim, deoarece "limbajul de scripting LSL este limitat în parsarea datelor complexe" (Grădinaru, 2014), respectiv parsare de siruri și liste.

Dintre metodele expuse de această bibliotecă au fost utilizate următoarele:

Creare utilizator OpenSim de tip NPC (apel POST): <http://3d.pub.ro/api/avatar/create-npc>

Căutare utilizator în baza de date LDAP a facultății (apel GET):
<http://3d.pub.ro/api/user/search?q=nume-user>

Funcția de autentificare (apel POST) : <http://3d.pub.ro/api/auth/ldap>

Căutare utilizatori opensim (apel GET): <http://3d.pub.ro/api/user/u>

8.5 BAZA DE DATE A SIMULATORULUI

Pentru a putea desfășura experimentele de față în prima etapă în mod independent de platforma 3DUPB, 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). O soluție alternativă este instalarea unui singur DBMS, în acest caz, MySQL, care să fie utilizat atât de către simulatorul OpenSim, cât și pentru suportul cercetării. În faza a 2 a de integrare și testare în cadrul platformei 3DUPB, baza de date a fost migrată pe DBMS Microsoft SQLServer 2008 R2 instalat pe un server accesibil în internet.

Sustinem ca pentru cercetarea propusă este mai utilă utilizarea unei baze de date separate:

- a) nu solicită comunicarea client-server a simulatorului ;
- b) poate fi ulterior migrată sau instalată pe alte servere, inclusiv în cloud;
- c) poate fi utilizată pentru procesări intensive, ca cele presupuse de Learning Analytics.

- 1) **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 (Fig. 8.8).
- 2) **Aplicația desktop *CampSimApp*** realizează administrarea sistemului. Aplicația verifică existența utilizatorului în baza de date LDAP (*cu funcția b descrisă mai sus*), ca prim nivel de autentificare și pentru preluarea informațiilor asociate (grup, facultate, departament), verifică existența în ***CampSim***, pentru a evita duplicarea înregistrării. Dacă utilizatorul nu există, creează contul OpenSim (*cu funcția a descrisă mai sus*) și atribuie utilizatorului unui grup și rol. Identificatorul unic de tip UUID care rezultă va fi utilizat pentru a permite legătura cu toate informațiile asociate utilizării mediului virtual. Această aplicație reprezintă și o interfață cu baza de date a sistemului LMS Moodle al universității (Fig. 8.4). Pentru simplificarea dezvoltării și a experimentării, au fost preluate în baza de date ***CampSim*** date din LMS Moodle, referitoare la cursuri, activități, chestionare și proiecte. Într-o variantă avansată, aplicația poate accesa direct baza de date MySQL a simulatorului.

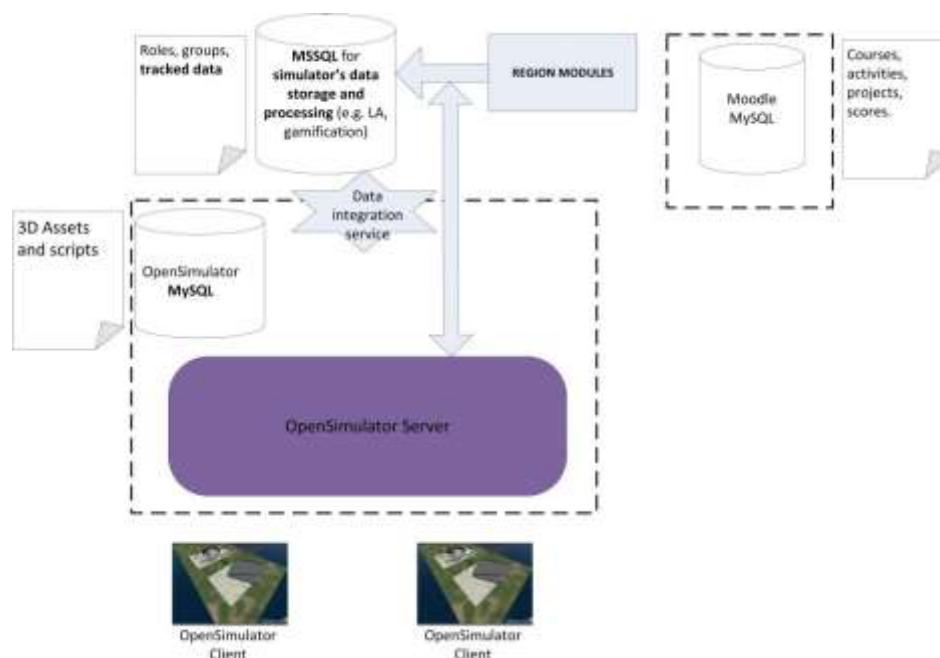


Figura 8.4 Schema de integrare între mediul virtual educațional și sistemul LMS Moodle (L. Ștefan, [STEF,2015/4])

Users	Groups	Roles
FK avatarUUID	PK idGroup	FK idRole
idLMSUser	FK idRole	Role
FK idGroup	Group	
fullName		
faculty		
department		
username		
password		

Figura 8.5 Baza de date 3DCampSim - Tabele de utilizatori și grupuri (L. Ștefan)

Campurile cu bold reprezintă campuri obligatorii.

Cursurile sunt alocate anilor de studii și conțin un număr de **activități semestriale**, după modelul Moodle. De aceea atât utilizatorii cât și cursurile, respectiv activitățile, au corespondența cu înregistrările din baza de date a sistemului Moodle al universității (prin identificatorul idLMS). Activitățile au un câmp dataStart care se referă la programarea cursului sau a laboratorului, în raport cu care se apreciază prezența studenților. De asemenea, au idLMSUser care reprezintă profesorul titular de curs sau alte cadre didactice asociate la curs.

Tabela **RoomReservations** este creată cu rolul de a gestiona rezervarea sălilor de curs.

Tabelele **Quizzes** și **Projects** colectează și utilizează la gamificarea activităților (cap. 8.19).

Structura tabelor **Logins** și **Activity** este ilustrată în Fig. 8.7, 8.8.



Figura 8.6 Baza de date 3DCampSim - Tabele de administrare cursuri, activități, prezență, vizite (L. Ștefan)

Grupurile sunt următoarele:

- Master-Teachers
- Co-Teacher
- Invited-Teachers
- Students
- Student-Leaders
- Invited-Students
- Secretary-Staff
- Visitors
- Owner
- Admins

Rolurile sunt următoarele:

- Owner
- SysAdmin
- PowerUsers (Master-Teachers)
- Users (Co-Teacher, Invited-Teachers, Invited-Students)
- LocalAdmin (Secretary-Staff)
- Student-Leaders
- Visitor (Visitors)

Tabele ale bazei de date suport al gamificării

Tabelele de gamificare din baza de date au structura din Fig. 8.7, explicate în tabelul 8.1:

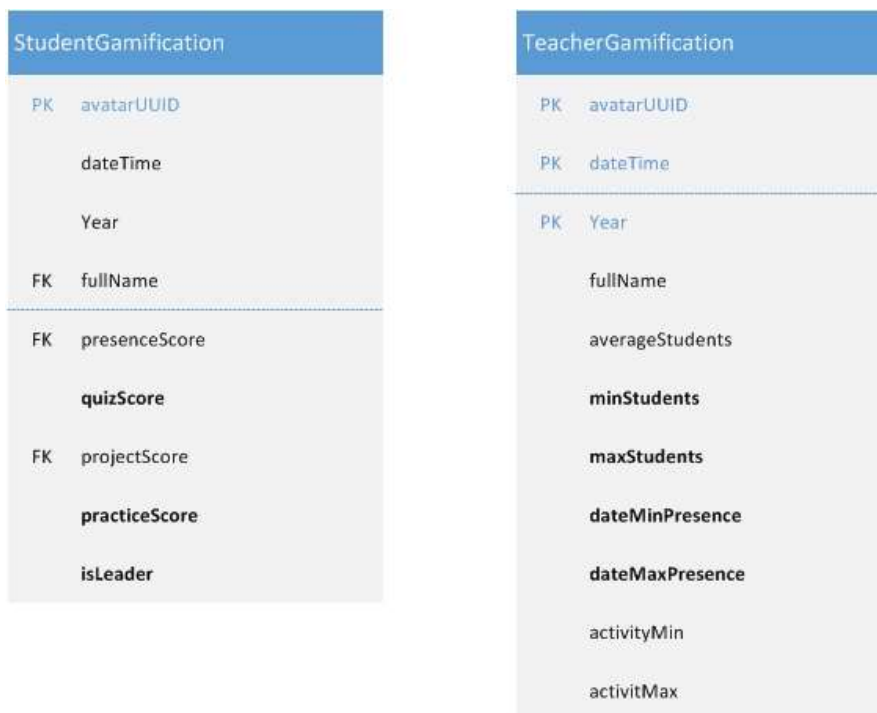


Figura 8.7 Baza de date CampSim, tabele de suport al gamificării (L. Ștefan)

Tabel 8.1 Campuri din tabele de suport al gamificării

Denumire câmp	Tip	Semnificație
avatarUUID	UUID	Id unic al avatarului student/profesor în lumea virtuală
fullName	UUID	Numele avatarului în lumea reală
Year	int	Anul de studiu
presenceScore	float	Scor prezență per semestru/echivalent cu gradul de experiență
quizScore	float	Scor teste per semestru/echivalent cu gradul de atenție și învățare rapidă
projectScore	float	Scor proiecte parțiale per semestru/echivalent cu gradul de învățare și utilizare creativă
practiceScore	float	Scor proiecte parțiale per semestru/echivalent cu gradul de participare colaborativă
averageStudents	float	Număr mediu de studenți la curs/laborator
minStudents	integer	Număr minim de studenți la curs/laborator
activityMin	integer	Activitatea cu număr minim de studenți la curs/laborator
maxStudents	integer	Numar maxim de studenți la curs/laborator
activityMax	integer	Activitatea cu număr maxim de studenți la curs/laborator
dateMin	datetime	Data cu prezență minimă la curs/laborator
dateMax	datetime	Data cu prezență maximă la curs/laborator
isLeader	bool	Stare de leader conform cu regula punctaj ≥ 88 puncte

Tabelele **StudentGamification** și **TeacherGamification** se vor popula în urma unor prelucrări asupra tabelelor **ActivityPresence**, **QuizGrade**, **ProjectGrade**, **PracticeGrade**.

Un serviciu Microsoft SQL Server actualizează cu o perioadă de 24 h situația din tabela **StudentGamification**. De asemenea, se va corela cu date din sistemul LMS al universității. Diagrama bazei de date **CampSim** este prezentată în Fig. 8.8.

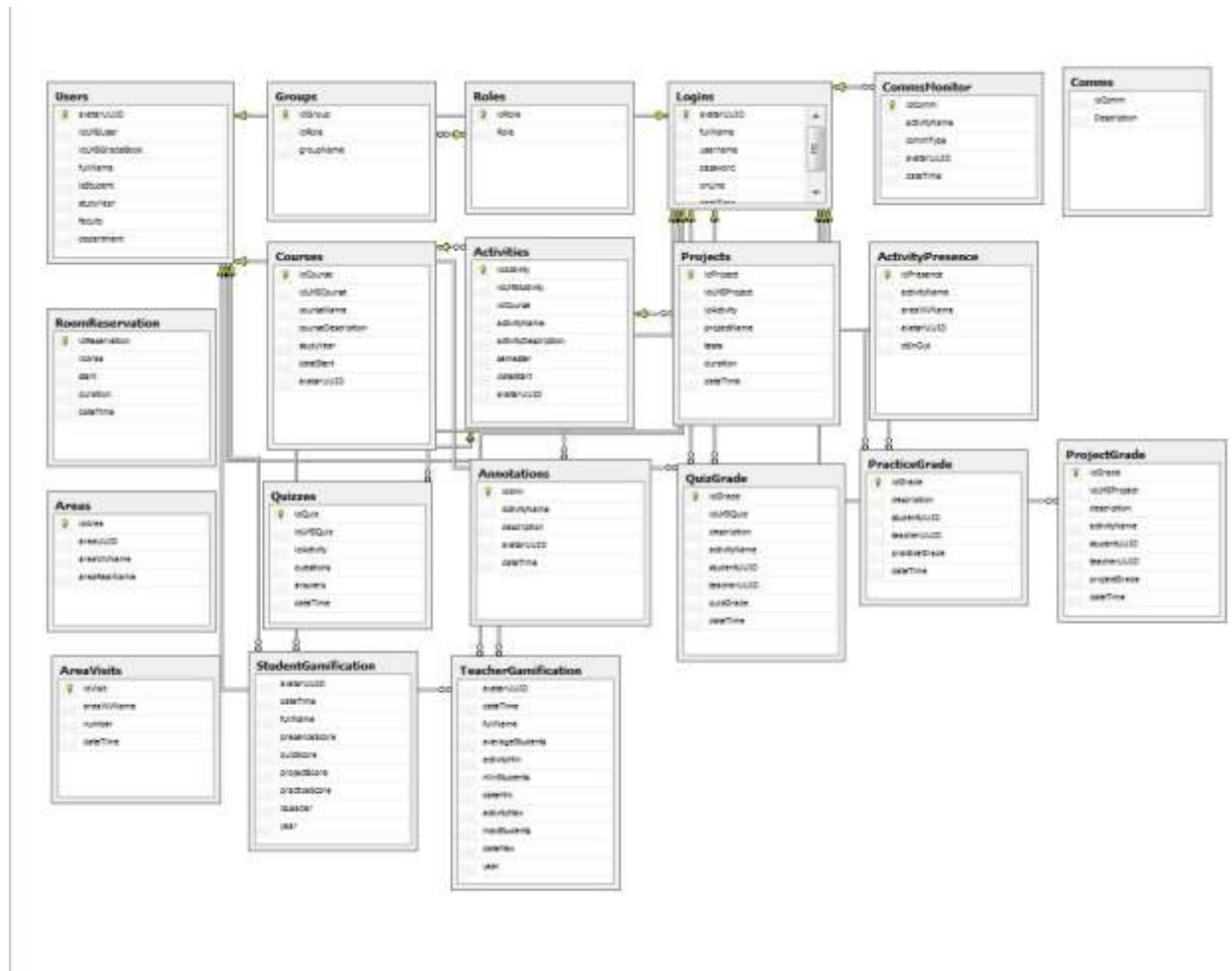


Figura 8.8 Diagrama bazei de date CampSim (captură ecran, L. Ștefan)

8.6 DREPTURI ÎN MEDIUL VIRTUAL

Ca urmare a împărțirii pe grupuri, drepturile sunt următoarele:

- **utilizatorul din grupul Owner** (creatorul simulatorului) are asociat un avatar master și are drepturi depline în mediul virtual, poate modifica configurația și structura mediului (obiecte, caracteristici);
- **utilizatorii din grupul Admins** realizează configurări și testări ale mediului. Prezența în mediul virtual este importantă pentru a furniza avatarurilor informații de utilizare a mediului virtual;
- **utilizatorii din grupul Master-teachers** sunt cadre didactice care pot ține cursuri și laboratoare; au dreptul de a modifica conținutul didactic, de a rezerva și configura spațiile virtuale, grupurile de lucru;

- **utilizatorii din grupul Co-teachers** sunt cadre didactice care pot participa la cursuri și laboratoare; nu au dreptul de a modifica conținutul didactic, de a rezerva și configura spațiile virtuale, grupurile de lucru;
- **utilizatorii din grupul Students**, sunt studenți din campus care pot participa la cursuri și laboratoare. Nu au dreptul de a modifica mediul. Au drepturi asupra unor obiecte educaționale (încărcare lucrari);
- **utilizatorii din grupul Secretariat**, sunt persoane administrative de la care se pot obtine informații, prin IM, de ex. despre programul unui anumit profesor;
- **utilizatorii din grupul Invited-teachers** sunt cadre didactice care pot participa ca invitați la cursuri și laboratoare;
- **utilizatorii din grupul Invited-students** sunt studenți din alte facultăți care pot participa la cursuri și laboratoare pe bază de invitație. Nu au dreptul de a modifica mediul sau conținutul, dar pot intra în săli de curs;
- **utilizatorii din grupul Visitors** sunt vizitatori care doresc să previzualizeze mediul virtual înainte de a-l putea utiliza. Nu au dreptul de a modifica mediul, pot intra în anumite săli când nu sunt ocupate.
- **utilizatorii din grupul Student-Leaders** sunt studenți care au un punctaj superior și care pot accesa anumite resurse online.

Este foarte importantă această alocare de drepturi pentru a asigura modelarea funcțională a mediului. De exemplu, avatarurile din grupurile *Secretary-Staff* și *Admins* se pot găsi în mediul virtual în anumite locuri indicate grafic, și pot fi contactate pentru preluarea de informații.

Fiecare obiect creat sau importat în mediul virtual are asociate proprietăți care se referă printre altele la dreptul utilizatorilor asupra acestor obiecte: Modify, Copy, Transfer (Fig. 8.9). Drepturile **Copy**, **Transfer** vor fi activate pentru următorul owner pentru a permite tuturor utilizatorilor să utilizeze obiectele educaționale. Drepturile totale aparțin proprietarului obiectelor (**grupul Owner și Master-Teachers**).



Figura 3 Captură fereastră de configurare a drepturilor asupra obiectelor din inventar (viewer Firestorm) (captură L. Ștefan)

8.7 ARHITECTURA SPAȚIULUI VIRTUAL

Spațiul educațional al simulatorului de campus 3D online propus pentru experimentare (Fig. 8.13) este compus din:

- **clădire A**, care conține Sali de laborator și alte spații virtuale, și constituie o **comunitate virtuală** educațională cu tehnologii de realitate mixtă ;

- **clădire B** conceput ca o extensie pur virtuală a campusului UPB, care constituie un centru de excelență pentru studii masterale, doctorale, și cursuri post-universitare ; Acestea se adaugă ca extensii experimentale ale campusului UPB, modelat și realizat de (Moldoveanu et al., 2014; Grădinaru, 2014;) (Fig. 8.10, 8.11, 8.12).



Figura 40 Facultatea de Automatică, clădirea reală (<http://www.upb.ro/automatica.html>)



Figura 8.11 Campusul 3DUPB, model 3D al Facultății de Automatică – exterior (Grădinaru, 2014)



Figura 8.12 Campusul 3DUPB, model 3D al Facultății de Automatică – interior (Grădinaru, 2014)



Figura 8.13 Campus virtual experimental, modelare 3D Marius Hodea, proiectare conceptuală L. Ștefan

Compartimentarea **clădirii A** (Fig. 8.14-8.17) este următoarea:

A) **un spațiu de socializare** (*lounge*), care va fi intrarea în clădire. Aici este poziționat avatarul-ghid. Contine un *corp de resurse educaționale* (*videoteca*), *masa și scaune*, *panouri media*, *panou anunturi/feed-uri RSS*;

B) **săli de laborator** cu obiecte 3D de predare și învățare ; conține *mese modulare care permit re-aranjarea pe grupuri de lucru*, *panouri și monitoare media*, *obiecte educaționale colaborative*;

C) **săli de expoziții**, unde studenții își pot prezenta proiectele, primesc revizii din partea colegilor și notarea profesorilor ;

B) **sala pentru întâlniri în grupuri restranse** studenți-profesori, care se utilizează pe bază de rezervare; conține o *masă ovală modulară cu scaune office*, *obiecte educaționale colaborative* ;

F) **spațiu pentru administratori și socializare pentru profesori** (secretar, personal tehnic); conține *leaderboard pentru studenți*, *panouri de Learning Analytics*, *panou sondaj*, *cutie de sugestii*, *panouri media*;

G) **spațiu de tip sandbox** (zona izolată) pentru exersare construcții și efecte 3D (Fig. 8.16).

La intrarea în clădire este poziționat un obiect de tip "Notecard Giver", respectiv care oferă avatarurilor din apropiere un notecard cu mini-instrucțiuni (Fig. 8.17).

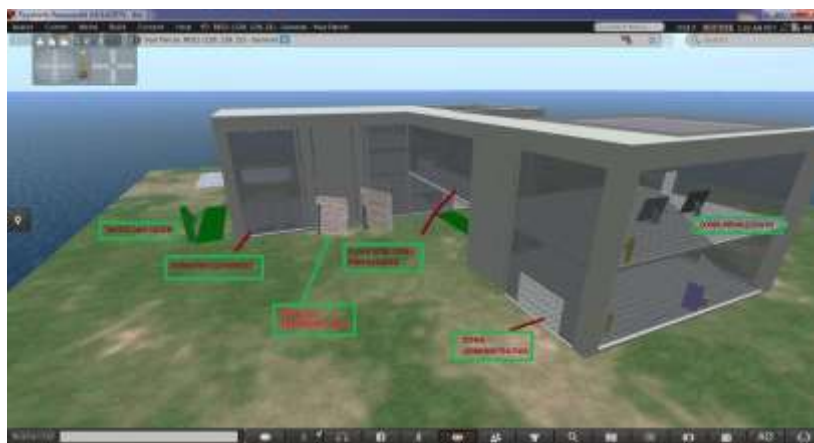


Figura 8.14 Campus virtual experimental, explicarea elementelor arhitecturale (exterior) (captură ecran, L. Ștefan)

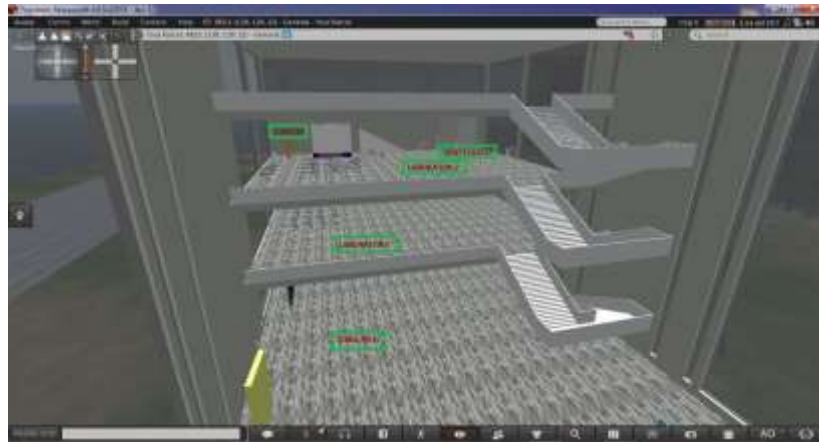


Figura 8.15 Campus virtual experimental, explicarea elementelor arhitecturale (interior) (captură ecran, L. Ștefan)



Figura 8.16 Campus virtual experimental, zona Sandbox (captură ecran, L. Ștefan)

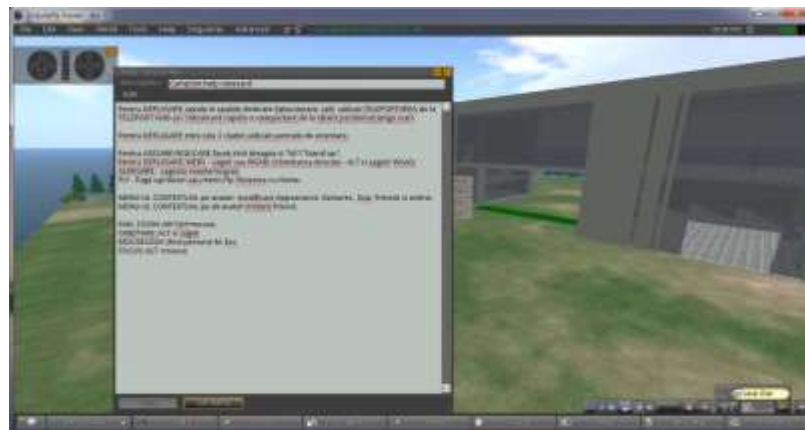


Figura 8.17 Campus virtual experimental, notecard mini-instructiuni (captură ecran, L. Ștefan)

Cladirea B (Fig. 8.13) reprezintă un corp de clădire de tip "centru de excelență", cu **acces gamificat**, respectiv restrâns, 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.

Legatura dintre clădiri se poate realiza prin mijloacele de deplasare specifice avatarurilor (mers, fuga sau zbor) și prin teleportare de la un punct de teleportare, cu indicatoare grafice (Fig. 8.14).

Design-ul include un mediu grafic îmbogățit cu un sistem de particule și mai multe monitoare TV pentru comunicarea prin tehnici de realitate mixtă.

8.8 MODELAREA GRAFICA

Modelul grafic al campusului fost realizat în prima etapă în mediul de modelare 3dsMax și importat în OpenSim în format Autodesk Collada 1.4 (Fig. 8.18, 8.19).



Figura 8.18 Fereastra de configurare a importului de obiecte mesh (viewer Firestorm) (captură ecran, L. Ștefan)

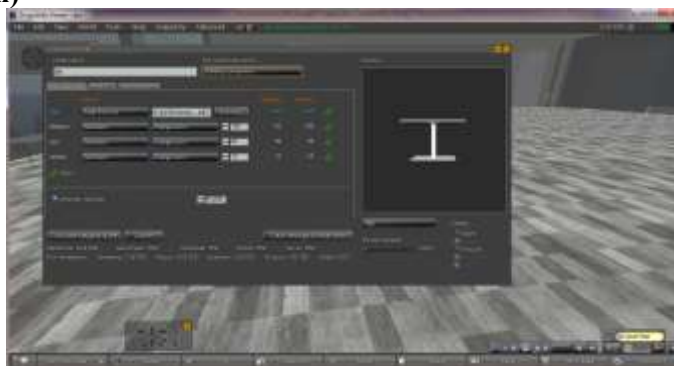


Figura 8.19 Fereastra de configurare a importului de obiecte mesh (viewer Singularity) (captură ecran, L. Ștefan)

S-a constatat că geometria era puternic distorsionată în viewere-ele OpenSim, o explicație fiind faptul că modelul nu a fost realizat ca mesh. De aceea, s-a realizat un model 3D optimizat cu **Trimble Sketchup 2014** (Fig. 8.20), ales pentru eficiență, flexibilitate și rapiditate, fiind un software care creează obiecte cu *geometrii rectilinii* foarte rapid și ușor de editat. Exportul din Sketchup pentru OpenSim a fost mai bun, din punct de vedere al suprafețelor și texturilor și al optimizării ulterioare. Workflow-ul a fost mai eficient decât în celalalte programe. Dimensionarea a fost, de asemenea, foarte precisă în Sketchup.

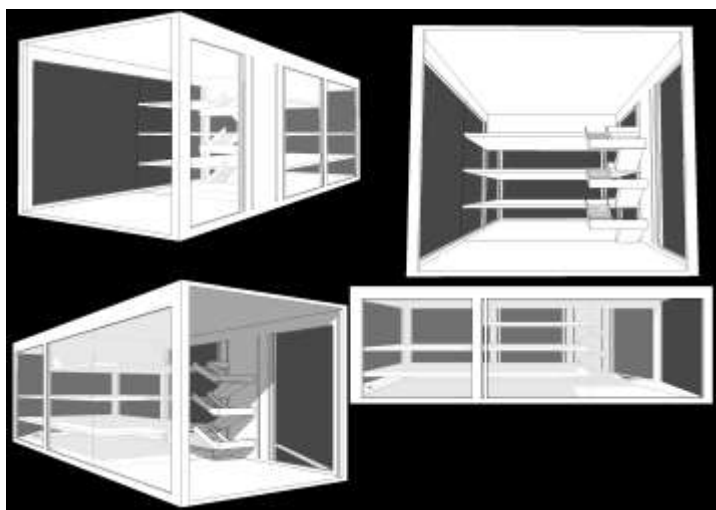


Figura 8.20 Model clădire campus realizat în Trimble Sketchup, realizare Marius Hodea

Modelul 3D al campusului a fost partiționat în 2 componente: a) structura cu pereti, geamuri și podele și b) scările. Texturarea se poate realiza din programul de modelare sau din mediul OpenSim. In cazul nostru s-a realizat în OpenSim.

Peste podeaua din modelul Sketchup s-a aplicat un obiect texturat, realizat cu primitivele OpenSim, care asigura coliziunea optimă cu avatarul.

La importul în simulator, structura clădirii și scara s-au declarat ca obiecte de tip “Buildings” și s-a selectat nivelul “Physics” și LOD pe nivelul maxim. După import, la proprietăți s-a verificat să fie *debifată opțiunea Phantom*, pentru a împiedica intrarea avatarului prin pereți. De asemenea, în ceea ce privește podeaua.

Unii autori (Cudworth, 2014) recomandă crearea unor volume încadratoare (*bounding box*), respectiv a unor obiecte cu geometrie simplificată, care să încadreze obiectul mai complex și acestuia să i se aplice proprietățile de *non-phantom*. *Din experiența autoarei, această măsură nu a fost necesară.*

Alte obiecte 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.

Obiectele de decor (iarbă și copaci) au fost preluate din biblioteca viewer-ului Singularity, menu-ul Build (Fig. 8.21).

Structurarea spațiului poate fi modificată în alte configurații ale mediului virtual educațional, deoarece obiectele și modulele sunt stocate în Inventory și pot fi salvate, respectiv importate în alte regiuni. De asemenea, acestea se pot combina cu alte elemente grafice, create ad-hoc, și legate între ele cu funcția de Link, menu-ul Build (Fig. 8.21).

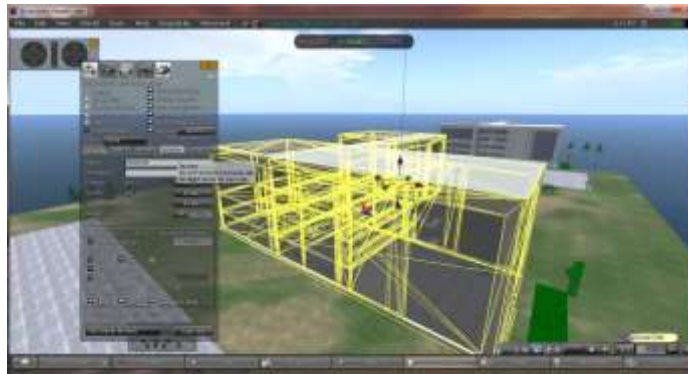


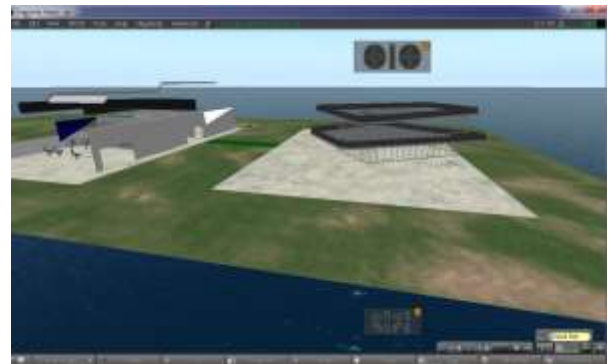
Figura 8.21 Campus virtual – menu Build (viewer Singularity) (captură ecran, L. Ștefan)

Imaginile din Tabelul 8.2 redau elemente ale modelului 3D al spațiului virtual al campusului 3D experimental.

Tabel 8.2 Elemente ale modelului 3D al spațiului virtual al campusului experimental



Laborator virtual, obiecte din sala EG304 - snapshot din viewer Singularity, modelare grafica Alexandru Grădinaru (Grădinaru,2014;Moldoveanu et al., 2014), import în OpenSim L. Ștefan



Campus virtual și clădirea de tip centru de excelența, modelare 3dsMax Marius Hodea (snapshot din viewer Singularity), import în OpenSim L. Ștefan



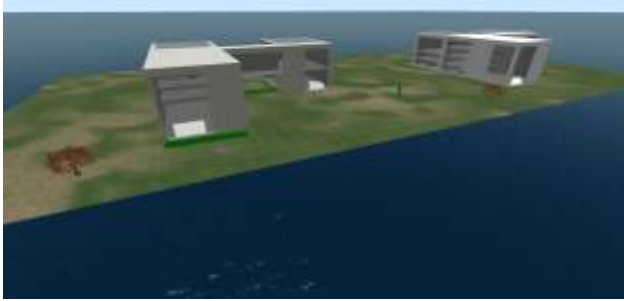
Campus virtual cu 2 săli compartimentate (snapshot din viewer Singularity)



Sala pentru întâlniri în grupuri restrânse (viewer Singularity)



Spațiu de întâlnire cu panou multimedia
(snapshot din viewer Singularity)

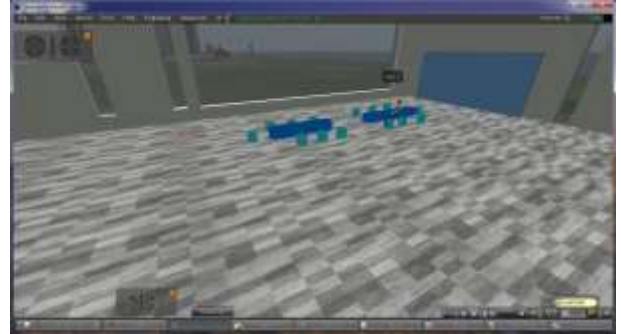


HUD de acces la web atașat avatarului și fereastra de dialog

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



Campus virtual – vedere exterioara



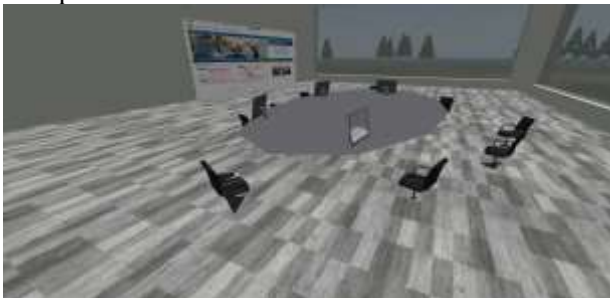
Campus virtual – zona de lounge



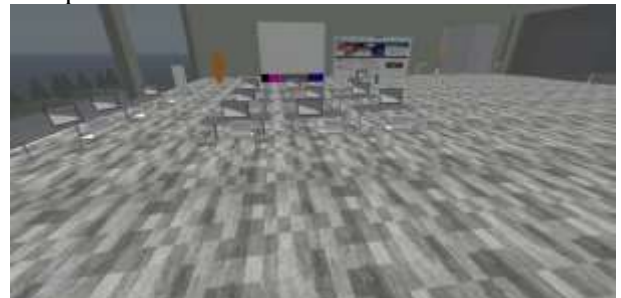
Campus virtual – zona administrativă



Campus virtual – amfiteatrul



Campus virtual – sala de întâlniri



Campus virtual - laborator

8.9 MODELAREA FUNCȚIONALĂ A MEDIULUI

8.9.1 Obiecte 3D educaționale colaborative

Au fost create următoarele obiecte educaționale pentru lucrul colaborativ:

1.1 *PANEL_PRESENTATION* - Panou de proiectie pentru documente multiple ca suport pentru curs : PowerPoint-uri, documente, video, pagini web. Permite: încărcarea, derularea

înainte și înapoi, lucrul colaborativ cu notecard-uri pentru adnotare, lansare chestionare online.

1.2 *BUILD* - Zona colaborativă de tip sandbox pentru demonstrare și practicare construcții 3D;

1.3 *PANEL_WHITEBOARD* – Panou de tip whiteboard (scriere interactivă). Utilizarea este multiplă: configurarea, afișarea numelui cursului/activității, scriere de explicații suplimentare, lansare proiecte de grup, afișare lista de resurse recomandate de profesori. Permite ștergerea și salvarea în fișiere externe;

1.4 *PANEL_EXHIBIT* – Panou de expunere lucrări studenți. Pot fi utilizate în prima fază tipul 1.1 (pentru furnizare linkuri la prezentări POWER POINT. Trebuie specificat acronimul assignment-ului sau al proiectului.

1.5 *NOTECARD_QA* – Notecard care preia întrebările studenților. Permite ștergerea; răspunsurile sunt furnizate pe chat;

1.6 *PANEL_ANNOUNCEMENTS* – Panouri în interiorul și exteriorul claselor, pentru anunțuri (feed-uri), informații cursuri, etc.

1.7. *MONITOR_TV* – Panou de tip monitor TV pentru realitatea mixtă (streaming video). Schimba periodic perspectiva camerei video, iar la cerere, preia fluxul video sau imaginea unui vorbitor;

1.8. *PANEL_QUIZ* – Chestionar in-world cu set minim de întrebări. Monitorizat în baza de date.

8.9.2 Obiecte 3D pentru gamificare

Au fost realizate următoarele obiecte pentru implementarea gamificării:

2.1 *PANEL_LEADERBOARD* - Panou de tip leaderboard pentru studenți, care afișează un clasament al studenților cu rezultate peste un anumit nivel; conține o zonă de anunțuri referitoare la acordarea de bonificații lunare în funcție de punctaje;

2.2 *HUD_STUDENT* – HUD pentru studenți, cu diverse funcții: *gamificare* - punctaj obținut; *acces individual la web* (de ex. completare chestionar online) și *lucru colaborativ* (de ex. documente Google Drive); *lucru la proiecte*: primire proiect individual, notare proiect individual. Este individual și atașabil fiecărui avatar;

2.3 *HUD_TEACHER* - HUD pentru profesori, cu diverse funcții: *gamificare* - statistică studenților performanți raportat la totalul studenților; activitatea cu participare minimă; activitatea cu participare maximă; *acces individual la web* (de ex. corectare chestionar online și notare în LMS Moodle) și *lucru colaborativ* (de ex. documente Google Drive). Este individual și atașabil fiecărui avatar;

2.4 *MEDIA_STORE* - Corp de stocare resurse educaționale. Permite acces în principal la resurse de tip video reprezentând înregistrări de lecții, dar și alte resurse. Pentru simplificare, va permite inițial accesul la un channel youtube cu mai multe filme. De asemenea, va permite accesul la o zonă de e-books. Este un obiect cu permisiune limitată (gamificat) și configurabil.

2.5. *PRIVILEGED_DOOR* - Ușa pentru intrare în zona privilegiată, pe baza apartenenței la o listă sau grup autorizat; ieșire liberă.

8.9.3 Obiecte 3D pentru monitorizarea mediului virtual

Obiecte realizate și utilizate în acest scop:

3.1 *PANEL_PRESENCE*– Panou pentru afișarea numărului de participanți dintr-o zona a simulatorului; dacă este în sala de curs, ia în considerare starea ON a butonului *ONOFF_INDICATOR*. Monitorizat în baza de date.

3.2 *LANDMARK* – *Obiect pentru detectare (sensing) vizitatori într-o zonă a mediului virtual; Monitorizat în baza de date.*

3.3 *PANEL_COMMS* – *Panou de sondaj pentru selectarea tipului de comunicație dorit. Monitorizat în baza de date.*

3.4 *DATASCAPE_CMD* – *Obiect care comandă realizarea unui raport vizual al utilizării mediului (de ex. de tip heatmap). Utilizarea este permisă numai grupului de administratori.*

Pentru monitorizarea utilizării mediului se utilizează :

- informații periodice raportate de obiectele *PANEL_PRESENCE*, instalate în săli;
- informații de la obiectele *LANDMARK* ;
- informații de la *PANEL_COMMS* din zona administrativă.

8.9.4 Obiecte 3D pentru alte funcții

De asemenea sunt realizate următoarele obiecte cu funcții utilitare:

4.1 *MULTI-USER_DOOR* – *permite intrarea în săli și ieșirea liberă ;*

4.2 *ONOFF_INDICATOR* – *buton on/off de începere/incheiere a cursului/laboratorului, își schimbă starea la atingere;*

4.3 *TELEPORT_HUB* – *punct de orientare și teleportare în zone cheie;*

4.4 *CAMERA_HUD* – *tool de tip HUD pentru configurarea rapidă a perspectivei (Camera control) în mediul virtual; are și o textura video configurabilă pentru setarea individuală asupra perspectivei camerei video din sală (selecție URL corespunzător streaming-ului);*

4.5 *NOTECARD_HELP* – *notecard de tip help cu mini-instructiuni de utilizare a mediului;*

4.6 *HUD_MULTILINK* – *tool de tip HUD pentru acces la site-uri web predefinite (de ex. site UPB, site Facultatea de Automatică, rețea Facebook) ;*

4.7 *ROLE_INDICATOR* – *mini-obiect 3D pentru indicare vizuală a rolului avatarului, atașat de mână.*

4.8 *LANDING* – *obiect pentru asigurarea teleportării din interior în exterior.*

8.10 GHID VIRTUAL SI AVATARURI CU ROL DE ADMIN

Ghidul virtual de tip NPC realizează automat un tur virtual al simulatorului atunci când în jurul lui se creează un grup de cel puțin 2 avataruri, sau la cerere, la o comandă **pe un canal dedicat de comunicație** (chat) dintre avataruri. Va fi augmentat cu numele GHID și va purta un obiect *ROLE_INDICATOR* colorat conform rolului.

Avatarurile cu rol de admin (IT admin și secretariat) vor purta un *ROLE_INDICATOR* colorat conform rolului. Ei vor putea răspunde la întrebări printr-un serviciu de chat dedicat și de IM (comunicație privată).

8.11 COMUNICATII IN INTERIORUL LUMII VIRTUALE

Interacțiunea dintre obiectele lumii virtuale se bazează pe mecanisme de comunicare sau «interfețe conversaționale» (Moore et al., 2011). Acestea sunt împărțite în 4 categorii:

- Avatar-obiect, prin dialog și mesaje de chat ;
- Obiect-obiect, prin mesaje chat ;

- Primitivă-primitivă, printr-un obiect utilizând link messages ;
- Comunicații remote, prin email, IM, multi-object relays.

Comunicația text se realizează pe canale într-un domeniu de numere întregi (pozitive și negative) :

- Canalul 0 este canalul public de chat ;
- Pe alte canale se comunica cu /nr_canal : de ex : /9 hello
- Canalul de debug, DEBUG_CHANNEL

Pe numere negative se comunică în cadrul ferestrelor de dialog .

Se recomandă utilizarea unor canale > 100 (Moore et al., 2011) și utilizarea unor mecanisme de generare de canale aleatoare.

Comunicația cu utilizatorii conectați la SE se poate realiza astfel :

- *non-verbal*, respectiv prin animații puse la dispoziție de mediul virtual (de ex. ridicarea mâinii, ridicarea în picioare) și care pot fi extinse ;
- *prin text chat* (în mediul 3D) pentru discuții cu toți participanții;
- *verbal*, prin răspuns direct în mediul fizic, captat prin microfon și redat în mediul virtual.

Comunicația pe canale de chat se utilizează și pentru configurarea obiectelor 3D, de ex. pentru comanda obiectului MONITOR_TV pentru a prelua fluxul de la camera video sau imaginea unui vorbitor.

Tabel 8.3 Lista canalelor de comunicație prin chat selectate pentru simulator

Canal	Utilizare
0	Comunicație generală
999	Comunicație cu ghidul virtual
SALA # 1 LABORATOR , CANALE 1000-1999	
1000	Comunicație cu obiect colaborativ WHITEBOARD
1001, 1002	Comunicație cu obiect colaborativ NOTECARD_QA
1003	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_QUIZ
1004	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_COMMS
1005	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_PRESENCE_COUNTER
1006	Comunicație cu obiect colaborativ LANDMARK
1010	Comunicație cu obiect PANEL_MEDIA
1100	Comunicație liberă în această zonă
SALA # 2 LABORATOR , CANALE 2000-2999	
2000	Comunicație cu obiect colaborativ WHITEBOARD
2001, 2002	Comunicație cu obiect colaborativ NOTECARD_QA
2003	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_QUIZ
2004	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_COMMS
2005	Comunicație cu obiect colaborativ PANEL_PRESENCE_COUNTER
2006	Comunicație cu obiect colaborativ LANDMARK
2010	Comunicație cu obiect PANEL_MEDIA
2100	Comunicație liberă în această zonă
SALA # 3 INTALNIRI DE GRUP , CANALE 3000-3999	
3000 -3006	Comunicație cu obiecte colaborative menționate mai sus
3007	Rezerva
3100	Comunicație liberă în această zonă

SALA #4 LOUNGE ROOM SI ZONE ADMINISTRATIVE 4000-4999	
4000	Comunicație cu administratorul regiunii
4001	Comunicație secretar
Canal random compus din 3100 + nr grup* rand (1-10). 3100 pentru grupul 0.	Comunicație grup de studenți. Implicat grup #0.
Canal random compus din 3500 + nr grup* rand (1-10). 3500 pentru grupul 1.	Comunicație grup de profesori. Implicat grup #1.
SALA #5 AMFITEATRU CANALE 5000-5999	
SALA #4 PRIVILEGIATA	
10000	Comunicație liberă în această zonă

8.12 REALITATEA MIXTA

Desfășurarea unui laborator sau a unui curs în realitate mixtă constă tehnic în faptul ca atât participanții cu prezență fizică cât și cei virtuali vor avea o percepție duală, respectiv a ambelor realități: reală și virtuală.

Pentru experimentarea realității mixte s-au utilizat 2 camere web: a) o camera care captează o imagine de ansamblu a salii de clasă; b) o camera care captează ecranul pe care se prezintă lecțiile. Dacă se utilizează o camera care poate fi comandată, se poate utiliza o singura camera care își schimbă periodic unghiul de filmare, de exemplu, camera de supraveghere Ip Wireless IPC-302 1MP. Obiectivul camerei de supraveghere IP Wireless este motorizat și astfel se poate ajusta oricând unghiul de vizualizare din interfața de utilizare atât în plan orizontal cât și vertical, cu 270 de grade respectiv 90 de grade.

Altă soluție este o camera video cu senzor de mișcare, care să urmărească mișcarea profesorului.

Deoarece laboratorul unde se desfășoară cercetarea prezența are cursuri de Realitate Virtuală, se vor putea testa echipamente VR și de gaming: ochelari stereoscopici, Oculus Rift, Microsoft Kinect.

Profesorul și studenții din sala se conectează la mediul virtual și vizualizează în permanentă audiența fizică și pe cea virtuală. Reciproc, utilizatorii conectați la distanță vor vedea sala de laborator prin intermediul camerei video locale (în laborator) care va trimite fluxuri video în cadrul simulatorului, pe textura obiectului MONITOR_TV. Acesta preia fluxul de la cele două camere video, care au perspective diferite: una asupra salii; una asupra profesorului. Predarea lecțiilor va avea loc în mod sincron/în timp real, dar vor fi și înregistrate.

Formatele video sunt cele suportate de player-ul Quicktime. Streaming-ul nu impactează performanța simulatorului, deoarece conținutul este trimis de către clientul OpenSim (viewer) către Quicktime (OpenSim Wiki, 2015).

8.13 EXTENSIBILITATEA OPENSIM

Extensibilitatea OpenSim se sprijină pe mai multe mecanisme, atât programatice cât și de configurare. Extensibilitatea poate avea ca scop extinderea actualelor capacități ale framework-ului sau utilizarea să cu o mai mare flexibilitate: configurarea dinamică, adăugarea dinamică de regiuni, integrarea cu servicii și sisteme externe. Ambele caracteristici au fost

explorate pentru scopul cercetării de față, respectiv module regiune și funcții MOD, pentru a soluționa persistența datelor în baza de date și funcționalitatea dinamică a obiectelor 3D.

Extensibilitatea prin configurare

Extensibilitatea prin configurare se bazează pe faptul că în versiunea 0.8.1 serverul OpenSim poate accepta la lansare 2 fișiere OpenSim.ini, unul master și altul secundar prin care se pot complementa sau suprascrie setările din master. Cele 2 fișiere INI se specifică prin calea lor. În versiunile anterioare, configurările implicite se găsesc în OpenSimDefaults.ini.

Altă modalitate este cea prin arhive OAR și IAR încărcate cu *select [new_region]* și opțiunea *merge*. De asemenea, tot aici se poate menționa posibilitatea de încărcare a regiunilor din fișierul de configurare Region.ini dar și dintr-un fișier XML. Opțiunea se specifică în OpenSim.ini.

Extensibilitatea programatică

Runtime-ul .NET permite ca prin clasele System.Reflection să se extragă informații despre assembly-uri, module și tipuri (Microsoft Reflection, 2015). Reflection este utilă în cazurile în care se dorește examinarea din instanțierea de tipuri dintr-un assembly sau pentru a realiza *late binding* și accesarea de metode cu tipuri create la runtime. Aceasta permite încărcarea dinamică (la runtime) de module software.

În cazul OpenSimulator, comunitatea de dezvoltatori a cautat o metodă care să poată fi reutilizabilă, cross-platform, de a se încărca dinamic assembly-uri, și care să se utilizeze ca atare. Singurul modul care răspunde acestor cerințe este Mono.Addins, un framework pentru crearea de aplicații extensibile, și biblioteci care extind aceste aplicații. Framework-ul .NET are o clasă denumită Addin, dar care nu este încă implementată în Mono. O clasă PluginLoader a fost creată pentru a “wrapa” Mono.Addins, iar assembly-urile încărcate de această clasă au fost standardizate prin intermediul interfeței IPlugin. Cu excepția RegionModules, toate assembly-urile încărcate dinamic se numesc Plugin-uri, și mostenesc această clasă de bază.

Mono.Addins:

- Parsează logic interfețele de module prin intermediul punctelor de extensie bazate pe text și a addin manifests, precum și o încărcare întârziată (*lazy load*) a assembly-urilor când este necesar.
- Este utilizat în OpenSim pentru încărcarea dinamică a extensiilor, respectiv a plugin-urilor de aplicații și a modulelor regiune.

Punctele de extensie descriu locația din program unde modulele externe pot fi încărcate la runtime. Aceste puncte pot fi definite fie ca o interfață de decorare, clase sau metode cu atribute în codul sursă, sau ca un fișier XML, manifestul aplicației, ca resursa a assembly-ului.

În OpenSim, metoda preferată este integrarea unui manifest XML în assembly (OpenSim wiki, 2015).

Plugin-uri de aplicație OpenSim

Application plugins afectează întregul server OpenSim. Pot fi dezvoltate prin implementarea interfeței IApplicationPlugin. În timpul inițializării se trimite o instanță a clasei OpenSimBase ceea ce permite accesul plugin-ului la funcționalitatea de bază a serverului (Casey, 2010).

Module Regiune OpenSim

O regiune conține un obiect 3D Scene prin care este posibil să se tina evidenta în mod programatic a obiectelor și a avatarurilor din scena și, de asemenea, să se actualizeze dinamic scena cu noi obiecte. In plus, obiecte ale regiunii pot fi manipulate și interfatate cu sisteme externe (OpenSim wiki, 2015) .

Modulele Regiune (Region Modules) sunt mecanisme specifice OpenSim, începând de la varianta 0.6.9, care acționează numai la nivel de regiune. Modulele regiune sunt furnizate ca *Dynamic Link Libraries* (DLLs) implementate în C#. Sunt executate în partea centrala a simulatorului și de aceea au acces la toate facilitățile simulatorului. Modulele Regiune folosesc ca mecanism de conectare la codul unei regiuni înregistrarea la diferite evenimente care pot avea loc într-o regiune, cum ar fi mesaje de chat, logare utilizatori sau transfer de texturi, intrarea în regiune. Modulele implementează interfața IRegionModule. Modulele realizează funcționalități de bază, ca chat sau încărcare dinamica de texturi (Henckel & Lopes, 2010; OpenSim Wiki, 2015).

Modulele Regiune se încarcă la lansarea serverului OpenSim și rămân active până la shutdown. Modulele pot fi *shared* sau *non-shared*, în al doilea caz fiind necesară crearea unui modul pentru fiecare regiune (OpenSim Wiki, 2015). Fișierele DLL se plaseaza în directorul **/bin** al simulatorului și necesită compilarea împreună cu codul sursa a framework-ului OpenSim.

De asemenea mai este necesară configurarea modulului, fie prin adaugarea unei sectiuni în OpenSim.ini, adaugarea în **/bin/addon-modules/MyModule/config/config.ini** sau prin includerea explicita a fisierului de configurare.

In rutina AddRegion se obtine un handler la obiectul scene al regiunii, prin care se accesează alte obiecte de interes, ca de exemplu:

- scene.GetEntities() - furnizează lista tuturor Entităților din mediu, ca o listă combinată a obiectelor *SceneObjectGroups* (primitive) și *ScenePresences* (avatar);
- scene.GetAvatars() – furnizează numai lista de avataruri prezenți în scena grafica (care poate fi utilizată pentru trimiterea de mesaje);
- scene.EventManager – acesta este obiectul de la care se pot înregistra apeluri callback pentru evenimentele din mediul virtual (obiectul scene);
- scene.RegionInfo - proprietăți ale regiunii.

Funcții MOD

Un alt mecanism de integrare a OpenSim cu lumea exterioara este prin intermediul funcțiilor MOD. Datele pot circula între Modulele regiune și scripturile din mediul virtual utilizând funcția de scripting *modSendCommand()* care există de la versiunea 0.6.9. Aceasta reprezintă o alternativă la modificarea manuală a funcțiilor de script.

Prima măsură care se ia este validarea în OpenSim.ini a lucrului cu funcții MOD.

AllowMODFunctions = true

A doua măsură este înregistrarea în Region module a funcțiilor prin interfața IScriptModuleComms RegisterScriptInvocation() method. Aceasta metoda ia numele functiei, un delegat, o matrice de tipuri utilizate pentru validarea parametrilor functiei și tipul date de return.

Funcțiile din Region module presupun ca parametrii trimisi în array-ul de argumente coincid cu semnatura cu care au fost înregistrați. De aceea în Region module nu se face type checking.

Biblioteca client OpenMetaverse

Biblioteca OpenMetaverse (LibOpenMetaverse,2015) este o colecție .NET de funcții scrisă în C# pentru interacțiunea cu simulatoare virtuale 3D.

Este open-source (libOpenMetaverse,2015) și a fost dezvoltată de Open Metaverse Foundation. Oferă protocolul, partea de rețea și funcționalitățile client. De aceea este utilizată la realizarea clienților SL și OpenSim, a unor automatizari. A fost denumită inițial *libsecondlife* și apoi *libomv*.

Atat OpenSim cât și OpenMetaverse sunt în versiune alpha, de aceea nu se recomandă să se combine OpenSim și OpenMetaverse pentru sisteme de producție care trebuie aiba grad mare de stabilitate (Dohi & Ishizuka,2009), dar pot fi utilizate în cercetare deoarece există posibilitatea de a accesa codul sursa și sunt gratuite (Dohi & Ishizuka,2009).

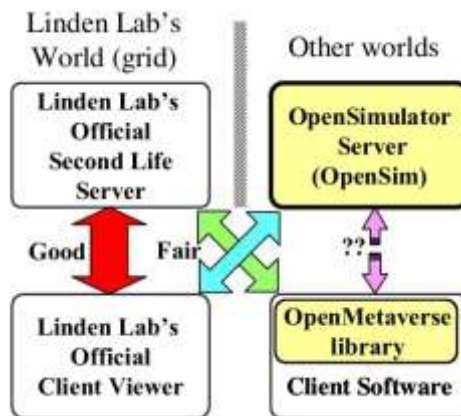


Figura 8.22 OpenSimulator server și OpenMetaverse library (Dohi & Ishizuka,2009)

Sinteza mecanismelor de extensibilitate a OpenSim

Extinderea serverului OpenSim cât și a clientului OpenSim se realizează prin mai multe mecanisme, ceea ce lasă dezvoltatorului libertatea de decizie. Proiectul OpenSimulator este open-source, oferind astfel numeroase exemple de implementare.

Pe de altă parte, biblioteca de funcții LSL și OSSSL oferă capabilități puternice care permit flexibilitate în programarea funcționalităților mediului virtual, precum și comunicarea cu mediul exterior.

Pentru a gestiona un proiect complex este nevoie de o proiectare clară și de o împartire a sarcinilor programatice între scripting și modulele externe OpenSim.

Tabel 24 Sinteza mecanismelor de extensibilitate a OpenSim (L. Ștefan), [STEF, 2015/2]

Descriere	Mecanism	Nivelul de funcționalitate
OS API	Extensibilitate prin utilizarea framework-ului	Simulator
Fisiere/ secțiuni configurație	Agregare sau suprapunere de fișiere	Simulator/ Regiune

Funcții OSSL utilizator	Add-ons	Scripting OSSL
Plugin-uri de aplicație	Implementarea interfeței IApplicationPlugin	Simulator
Region Modules	Implementarea interfetelor INonSharedRegionModule or ISharedRegionModule	Regiune
DataSnapshot (OpenSim Wiki, 2015b)	IRegionModule exporta date din OpenSim Scene într-un format XML propriu	Regiune
modSendCommand()/modInvoke()	Implementarea interfetelor INonSharedRegionModule or ISharedRegionModule	Regiune
Protocol HTTP	Cereri de date în llHTTPRequest() sau llRequestURL(); date receptionate în evenimentul http_response.	Obiecte scriptate. Conectare la pagini web, servicii și baze de date
XML-RPC	Cereri de date inițiate de alte servere	Obiecte scriptate
RESTful	Handlere REST pentru asset-uri, avataruri	Acces la resurse OpenSim din alte aplicații
Modul JStore	Mecanism de management de date structurate în scripturi LSL	Obiecte scriptate.
MySQL, parțial MSSQL	Persistența externă pentru conținut non- 3D. manipulare directă baze de date.	Simulator.
Module addon create de comunitate (OpenSim Wiki, 2015c)	Mecanisme de addon/plugin	Simulator.
Diferite interfețe create de comunitate (OpenSim Wiki, 2015d; 2015e)	Interfețe web	Simulator.
OpenMetaverse	Biblioteca open-source	Funcionalitati client-side și boti

8.14 PROGRAMAREA AVATARURILOR NPC SERVER-SIDE

Utilizatorii au agenți creați pe server și reprezentări grafice (avataruri) la client. Incepând cu versiunea OpenSimulator 0.7.2, se oferă mai multe funcții pentru crearea și manipularea agenților NPC programabili server-side. Acestea înlocuiesc funcțiile anterioare, din OpenSimulator 0.7.1.1.

Aceste funcții noi au fost create cu obiectivul (OpenSim Wiki, 2015):

1. să ofere instrumente simple pentru a crea comportamente sofisticate;
2. să evite duplicarea funcțiilor existente LSL și OSSL. De exemplu, obținerea stării unui agent se poate realiza cu llGetAgentInfo(); de aceea nu mai este nevoie de o funcție NPC specială.

NPC sunt controlate printr-un script care poate fi în aceeași regiune ca și NPC, și integrat într-un attachment al avatarului. Agentii NPC server-side nu pot parasi regiunea în care au fost

creați. Aspectul (appearance) este salvat și încarat prin serializarea structurii datelor de *appearance* către un notecard prezent în aceeași primitivă ca și scriptul. Texturile create se vor conserva când se creeaza și încarcă arhiva OAR.

Pentru utilizarea funcțiilor NPC, este necesară validarea lor în OpenSim.ini
[NPC] Enabled = true

[XEngine] Enabled = true, AllowOSFunctions = true , OSFunctionThreatLevel = VeryHigh

//Exemplu osNpcCreate

//sursa <http://opensimulator.org/wiki/OsNpcCreate>

key npc;

vector toucherPos;

default

{

touch_start(integer number)

{

vector npcPos = llGetPos() + <1,0,0>;

osAgentSaveAppearance(llDetectedKey(0), "appearance");

// could use avatar UUID directly în osNpcCreate, but then NPC appearance is not persisted

npc = osNpcCreate("ImYour", "Clone", npcPos, "appearance");

toucherPos = llDetectedPos(0);

state hasNPC;

}

}

8.15 PROGRAMAREA AVATARURILOR NPC CLIENT-SIDE

În obiectivele tezei nu intra realizarea de boti, dar acestia sunt menționați cu caracteristicile, avantajele și dezavantajele lor.

Pentru realizarea unor avataruri inteligente (boti) pe partea de client este indicata ca soluție utilizarea bibliotecii de funcții **libopenmetaverse**. Se mai poate utiliza, de asemenea, limbajul AIML (*Artificial Intelligence Modelling Language*).

Botii pot realiza multe acțiuni : login/logout, să raspunda la nume, să urmareasca un avatar, să faca anumite gesturi, să poarte o conversatie în timp real, să ofere informații în timp real.

8.16 GAMIFICAREA SIMULATORULUI EDUCAȚIONAL

8.16.1 Motivația gamificării spațiului 3D

Lumile virtuale 3D au elemente comune cu jocurile educaționale (video, console etc.), respectiv : 1) imersarea utilizatorului într-un context grafic bogat; 2) integrarea de componente de proiectare menite să stimuleze concentrarea, motivația, respectiv să retina utilizatorii cât mai mult în mediul virtual sau să-i determine să revina; 3) să foloseasca Inteligența Artificială (AI) pentru a crea medii inteligente și adaptate la preferințele utilizatorului. Cercetările arata ca învățarea bazată pe joc (*Game-Based-Learning* - GBL) și, recent, principiile gamificării sunt eficiente în îmbunătățirea motivației studenților și a performanței învățării (Malone & Lepper, 1987 ;Lee& Hammer, 2011) și sunt tot mai frecvent luate în considerare în crearea unor medii

virtuale moderne de învățare (Kapp, 2012;Monterrat et al., 2014; Kotini & Tzelepi,2015;Danelli, 2015; Craven, 2015). GBL și gamificarea sunt concepte diferite, dar au în comun un element important care le face eficiente în contexte de învățare: **eșecul** este un factor prezent în jocuri dar motivant, pentru ca nu elimină utilizatorul din joc și nu-i aplică pedepse, dar îl încurajează să reia procesul de învățare pentru a-și atinge obiectivele finale.

Un joc educațional este mult mai complex în proiectare și punerea în aplicare și are obiectivul de a ajuta studenții să înțeleagă și să învețe un anumit concept sau să elimine concepții greșite. Pentru a reduce complexitatea de punere în aplicare, pot fi create mini-jocuri într-un mediu virtual mai complex.

Pe de altă parte, gamificarea se bazează pe o serie de concepte și principii pentru stimularea motivației utilizatorului și măsurarea realizărilor sale, iar din acest motiv este pus în aplicare în mai multe domenii (de ex. marketing, vanzari) (Deterding,2011 ;Deterding et al., 2011). Motivația este susținută de diverse stimulente: recunoaștere publică, recompense periodice, obiecte colecționabile. Cu alte cuvinte, prin intermediul gamificării, utilizatorii sunt încurajați spre o realizare sau comportament specific, și pot primi o măsură a progresului lor sau un nivel de realizare a acestora.

Deși conceptele de clasă și laboratoare în realitate mixtă au fost apreciate ca utile în urma unor sondaje de utilizator [STEF,2014/1] (cap.7) și considerate o aplicare modernă a conceptului de învățare la distanță, participarea a fost determinată în principal de curiozitatea tehnică și nu de o motivație intrinsecă puternică (de participare la clasă on-line pentru a putea învăța mai bine și de trece examenele), în timp ce participarea cadrelor didactice nu a fost motivată deloc.

Prin integrarea conceptelor de gamificare într-un mediu grafic 3D interactiv reprezentat de mai multe săli de clasă și laboratoare în realitate mixtă au fost implementate elemente suplimentare de concentrare în mediul virtual, de motivare (intrinsecă și extrinsecă) 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.

În cercetarea noastră am utilizat caracteristica de extensibilitate a OpenSim, pentru a adăuga alte spații virtuale și noi funcționalități, pentru a gamifica comportamentul și utilizarea mediului, precum și unele dintre activitățile din spațiul experimental 3D de învățare.

Tabelul de mai jos sintetizează motivația gamificării pentru studenți și profesori a simulatorului de campus 3D online.

Tabel 8.5 Motivația gamificării simulatorului de campus 3D online [STEF, 2015/1]

	PROFESORI	STUDENȚI
Motivație intrinsecă	Obțin o poziție bună, prin care au studenți participativi și performanți; Învăț un mediu nou; Sunt mai creativi în activitatea lor.	Înțeleg mai bine lecția, pot practica anumite concepte, pot interacționa cu colegi și profesori; Au acces la resurse suplimentare, de ex. biblioteca video; Pot accesa nivele superioare ale mediului virtual, similar unui joc multi-nivel.
Motivație extrinsecă	Obțin instrumente moderne pentru crearea de lecții mai interesante; Abordează predarea centrată pe student sau chiar modelul „clasă inversată” (flipped-classroom). Participă la ore chiar și atunci când sunt la domiciliu sau la distanță.	Câștigă puncte bonus și sunt afișați pe panoul de lideri; Participă la ore chiar și atunci când sunt la domiciliu sau la distanță.

8.16.2 Obiecte de gamificare

Obiectele de tip HUD sunt utilizate ca interfețe specializate de interacțiune și susțin foarte bine ideea de imersiune. Ele pot oferi și un feedback (Cudworth,2014), de la o simplă ghidare până la un feedback complex (puncte, premii, navigare). *De aceea au fost proiectate obiecte HUD pentru susținerea unor concepte de gamificare.*

Obiectele educaționale concepute pentru *gamificarea participării studenților* în cadrul simulatorului sunt:

- panoul LEADERBOARD, care reprezintă un panou de clasament;
- panoul de punctaj obținut de student (HUD_STUDENT) .

Obiectele educaționale concepute pentru *gamificarea participării profesorilor* sunt :

- panou de feedback performanță (HUD_TEACHER).

Primul obiect este public, în timp ce HUD-urile pot fi vazute numai de către fiecare avatar-student, respectiv avatar-profesor. HUD-urile se utilizează prin atasarea la avataruri sau pe ecran.

Obiectul proiectat pentru profesori, HUD_TEACHER, este un panou de date statistice referitoare la performantele profesorului în funcție de numărul de studenți care au un nivel superior de performanță fata de numărul total de studenți.

Obiectul PRIVILEGED_DOOR situat la intrarea în zona privilegiata este un obiect de gamificare.

De asemenea, obiectul videoteca MEDIA_STORE este gamificat: doar studenții care au un nivel suficient de performanță pot solicita o lectie înregistrata.

Rolul acestor două obiecte este de a demonstra accesarea unei resurse pe baza unor drepturi alocate dinamic unor utilizatori, în acest caz studenții din grupul **Student-Leaders** și profesorii din grupul **Master-Teachers**.

Spațiul privilegiat (clădirea B a campusului, Fig. 8.13) reprezintă un spațiu pur virtual, conceput ca un **spațiu gamificat**. Studenții care au atins un nivel suficient (puncte totale detinute) sunt recompensați cu posibilitatea de a fi teleportați în acest spațiu special de învățare, în care studenții se pot întâlni cu instructori/profesori și studenți de la alte universități.

Dacă respectăm schema clasică de gamificare, următoarele activități educaționale reprezintă „*provocări*”, fiind gamificate în experimentul propus:

- Prezența la un curs/laborator problematic (dificil, cu participare slabă sau poziționat într-o perioadă critică, sfârșit de an etc.);
- Răspunsuri corecte la chestionare în clasă sau teme pentru acasă, în proporție de cel puțin 70%;
- Proiecte/examene parțiale, individuale sau de grup, notate cu cel puțin nota 7;
- Activitatea didactică și socială a profesorilor.

Recompensele sunt oferite ca *puncte bonus, bonificații speciale și expunerea pe panoul de lideri*. Pentru cazuri speciale se poate concepe oferirea de bani virtuali pentru achiziționarea de cărți in-world sau alte materiale educaționale. Pentru utilizarea monedei virtuale este necesară activarea funcției „economy”, dar în versiunea prezentă a OpenSim (0.8.1.) aceasta nu se poate realiza decât prin importul unor module *third-party*.

Punctele bonus sunt generate proporțional pentru: participarea la curs -> **4 puncte**; răspunsuri corecte la chestionare -> **2 puncte**; proiecte partiale - > **4 puncte**.

Participarea la curs se contorizează și cu puncte de experiență (*experience points*).

De exemplu, dacă există 10 laboratoare într-un semestru, un student ideal ar trebui să aibă într-un semestru 100 puncte bonus ($4 \cdot 10 + 2 \cdot 10 + 4 \cdot 10$).

Dacă un student are prezența *în proporție de 70%*, a răspuns la chestionare în proporție de cel puțin 70%, și a finalizat proiecte sau examene parțiale cu cel puțin nota 7, va avea 88 puncte bonus ($0.7 \cdot 4 \cdot 10 + 2 \cdot 10 + 4 \cdot 10$), deci mai puțin datorită prezenței.

În panoul de lideri vor fi afișați cei care au cel puțin **88 de puncte**. În HUD-ul student va fi afișat punctajul efectiv obținut pe semestru. În HUD-ul profesor vor fi afișate: a) numărul de studenți lideri (cu punctaj ≥ 88) raportat la numărul total din seria respectivă; b) numărul sau data cursului/laboratorului cu prezența maximă; c) numărul sau data cursului/laboratorului cu prezența minimă.

Rezultatele obținute la teste și proiecte sunt stocate în baza de date **3DCampSim**, împreună cu data (completată automat de sistem), identificatorul (acronimul) activității, anul de studii și semestru, precum și cu numărul de identificare al studentului și al profesorului-master și sunt folosite de un motor de gamificare pentru a stabili scorul din anul de studii și semestrul corespunzător.

Rezultatele au corespondența și cu înregistrările din sistemul Moodle al universității.

8.16.3 Indicatori de gamificare

Pentru profesori serviciul de prelucrări analitice calculează următorii indicatori (salvați în tabela TeacherGamification):

- Număr mediu de studenți [participanți la activități în mediul virtual];
- Activitatea cu participare minimă;
- Număr minim de participanți;
- Data activitate minimă;
- Activitatea cu participare maximă;
- Număr maxim de participanți;
- Data activitate maximă.

Pentru studenți serviciul de prelucrări analitice calculează următorii indicatori (salvați în tabela StudentGamification):

- Scor de prezență;
- Scor de testare (quiz);
- Scor de proiecte;
- Scor de practică.

8.16.4 Reguli și niveluri de gamificare

Punctele bonus permit studenților care au atins un nivel suficient de puncte (raportat la numărul de cursuri sau laboratoare dintr-un semestru) să fie expuși în clasament, să solicite participarea la workshopuri internaționale, internship-uri, să aibă acces la materiale educaționale, să participe la întâlniri de grup cu cei mai buni studenți. De asemenea, li se oferă posibilitatea de a primi o notă finală fără să mai participe la examenul final, iar în spațiul virtual să fie teleportați în PS sau la alte griduri universitare.

Acestea sunt menite să stimuleze atât *motivația intrinsecă* cât și pe cea *extrinsecă*, ultima fiind deocamdată considerată de studenți (în medie) mai importantă decât cea intrinsecă.

Bonificațiile vor fi anunțate de profesori, respectiv fiecare decide ce oferă studenților ca recompensă și stimulare.

8.16.5 Accesul gamificat la resurse

Prin intermediul obiectului denumit MEDIA_STORE se va experimenta verificarea drepturilor de acces gamificat. În cazul în care studentul nu este la data curentă sau într-o marjă de timp în grupul de leaderi se va afișa o fereastră de dialog de avertizare.

8.17 REALIZAREA COMPONENTELOR DE INTERFAȚA DE TIP HUD

Componentele de interfața de tip HUD sunt foarte mult utilizate în jocurile pe calculator și în mediile virtuale 3D. Acestea se realizează din aceleași resurse grafice și de programare ca și celelalte elemente interne lumii virtuale: primitive și mesh-uri, texturi, și scripturi (Cudworth, 2014) și pot avea diferite utilizări, utilitare și funcționale: de ex. customizarea interfeței, crearea de arme sau vehicule, sau funcții atașate avatarului (de ex. translație de limbă, animații, gesturi). În primele cazuri, în loc de a atașa (*wear*) sau de a îndrepta (*walk*) un avatar către un HUD, acesta se atasează ecranului dar pot fi vizualizate numai de către avatarul curent. Dezavantajul este că ele ocupă o parte din suprafața utilă a ecranului într-o anumită poziție. Cu toate acestea, ele pot fi detașate când se dorește sau se pot prevedea funcții de off sau sleep.

De obicei fața a 4 a unui cub este utilizată pentru atașare. Numarul feței este afișat în menu-ul Build->Select Face din viewer-ul FireStorm sau cu un cerc taiat în viewer-ul Singularity. Se selectează obiectul din Inventory și cu click dreapta, din menu-ul Actions, se selectează *Attach to HUD* și poziția dorită pe ecran (centru, stânga, dreapta, sus, jos). Unele poziții pe ecran, de ex. *bottom right and bottom left*, sunt tipic utilizate pentru armamente și tools-uri; *top, bottom, top left, and top right* pentru sistemele avatar. În (Cudworth,2014) se indică studii despre importanța poziționării unui HUD (Fagerhold,2011), din punctul de vedere al posibilităților de interacțiune cu acesta.

Viewer-ul Firestorm oferă câteva HUD-uri similare celor din jocuri, de ex. un *health meter* în bara de sus și mai multe interfețe de orientare și configurare a mediului din bara de jos. Acestea se pot re-poziționa prin drag and drop.

HUD-urile care au atașate numeroase scripturi pot introduce întârzieri (lag) ale mediului virtual și pot împiedica teleportarea avatarurilor în alte regiuni.

8.18 IMPLEMENTAREA PROGRAMATICA A FUNCȚIONALITĂȚILOR

Obiectele 3D a caror funcționalitate este realizată *cu scripturi LSL/OSSL* sunt următoarele:

- Ușa simplă;
- Teleport hub;
- Obiecte educaționale simple:
 - Button on/off ;
 - Monitor TV;
 - Notecarduri QA;
 - Obiecte de tip landing;
 - Notecard help .
- Panel multimedia pentru suport curs;

- Panel whiteboard;
- HUD camera;
- HUD multilink;
- Panel de anunțuri;
- Avatar ca ghid virtual.

Obiectele 3D a caror funcționalitate este realizată cu o soluție combinată din scripturi LSL/OSSL și componente programatice externe simulatorului (module regiune, funcții MOD):

- Obiect indicator de rol;
- Usa gamificată;
- Obiecte de tracking: contor prezență în săli și landmark-uri;
- Panou leaderboard pentru gamificarea mediului virtual;
- Obiecte educaționale complexe:
 - HUD gamificare HUD_STUDENT;
 - HUD gamificare HUD_TEACHER;
 - Panel gamificat MEDIA_STORE;
- Panou selecție comunicare PANEL_COMM;
- Panou chestionar (quiz);
- Obiect de tip datascape.

Alegerea modalității de implementare, grafică și programatică, a avut ca scop încărcarea minimă a interfeței și introducerea unor întârzieri minime de răspuns a simulatorului, având în vedere că există deja întârzieri integrate execuției unor scripturi.

1. Funcționalitate implementată prin scripting

Tabel 8.6 Descrierea funcționalității obiectelor utilitare, educaționale și de gamificare

Obiect	Descriere și funcționalitate
Obiecte UTILITARE	
<i>MULTI-USER DOOR</i>	Un obiect construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; pe evenimentul de sensor se deschide prin glisare.
<i>TELEPORT_HUB</i>	Un obiect construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; Prin click, se asigură teleportarea în zonele predefinite.
<i>HUD_CAMERA</i>	Un obiect complex construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului, care se găsește ca un helper în inventar. Utilizatorii îl pot atașa pe mijlocul ecranului. Are 2 compartimente care la atingere asigură: setare cameră virtuală (in-world) în mod “conferință” (perspectiva asupra unei săli); setare cameră virtuală în mod “first-person” (zoom și explorare în perspectiva 1-person);
<i>ON_OFF_INDICATOR</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului care la atingere își schimbă culoarea și luminozitatea, cu semnificația liber/ocupat.
<i>NOTECARD_HELP</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului. La atingere furnizează un notecard cu instrucțiuni rapide de utilizare a mediului 3D.
<i>ROLE_INDICATOR</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului (de ex. un tor). Își schimbă culoarea în urma verificării rolului în baza de date. Are o listă de 6 culori.
<i>LANDING_OUTDOOR</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului

	cu rol de ghidare landing la teleportări.
<i>DATASCAPE_CMD</i>	Obiectul afișează informații statistice despre utilizarea mediului și marchează zonele cu frecvență minimă și maximă prin randarea unor primitive de tip sferă (roșu-maxim; albastru – minim).
Obiecte EDUCATIONALE COLABORATIVE	
<i>PANEL_MEDIA</i>	Obiect importat ca mesh combinat cu primitive grafice ale viewer-ului. Permite: a) încărcarea cu imagini; derularea înainte și înapoi; lucrul colaborativ cu notecard-uri pentru adnotare; lansare chestionare online; lansare pagini web.
<i>PANEL_WHITEBOARD</i>	Obiect importat ca mesh. Permite scrierea numelui cursului; explicații suplimentare, lansare proiecte de grup, afișare lista de resurse recomandate de profesori; ștergerea și salvarea în fișiere externe prin comenzile " clear ", " save " de la profesor.
<i>NOTECARD_QA</i>	Notecard care colectează întrebări de la studenți. Acceptă comenzi " clear ", " save " de la profesor.
<i>PANEL_ANNOUNCEMENTS</i>	Un obiect importat ca mesh; va afișa feed-uri RSS.
<i>SANDBOX_BUILD</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului similar unei platforme, unde pot fi depuse obiecte grafice create sau importate, demonstrate animații. Obiectele create se depun în inventar într-un folder cu numele studentului. Va fi protejat, va permite copy/modify/transfer numai dacă așa decide studentul în vederea lucrului colaborativ. <i>Pe un timer de o oră vor șterge obiectele poziționate în această zonă.</i>
<i>MONITOR_TV</i>	Obiect grafic importat ca mesh combinat cu primitive grafice ale viewer-ului, care are o textură video pentru streaming și butoane de selecție a modului de funcționare. Are 4 compartimente care la atingere asigură: setare pe flux camera video 1; setare pe flux camera video 2; setare pe camera web flux video vorbitor; setare pe fotografie vorbitor.
<i>PANEL_EXHIBIT</i>	Obiect grafic importat ca mesh pentru accesare proiecte student, cu indicarea acronimului proiectului.
<i>PANEL_QUIZ</i>	Un obiect simplu construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului. Se încarcă în urma scrierii unui text de către profesor. Acceptă comenzi " clear ", " save " de la profesor, cu verificarea apartenenței la grup.
<i>PANEL_COMMS</i>	Un obiect de tip dialog cu mai multe opțiuni. Permite selecția și monitorizarea modului de comunicare. Opțiunile sunt: chat; IM; voce; gesturi; fără comunicație. Se salvează opțiunea în baza de date în mod anonimizat.
Obiecte de GAMIFICARE	
<i>PANEL_LEADERBOARD</i>	Un obiect complex construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; în mod periodic (cu ajutorul unui <i>timer setat la 24h</i>) afișează informații din tabela de <i>StudentGamification</i> .
<i>HUD_STUDENT</i>	Un obiect complex construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; este plasat în inventar și necesită atasarea de către studenți. Afișează: indicator de performanță ca punctaj; acces individual la web; un notecard-giver cu răspunsuri la chestionarul in-world PANEL_QUIZ; un notecard-receiver pentru note și aprecieri. Acesta se înscrie ca urmare a unui dialog privat. Se actualizează în mod periodic (cu ajutorul unui <i>timer setat la 24h</i>) prin citire, respectiv scriere (rezultate quiz) în baza de date.
<i>HUD_TEACHER</i>	Un obiect complex construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; este plasat în inventar și necesită atasarea de către profesori. Afișează: indicator prezența minimă la curs; indicator prezența maximă la curs; indicator număr studenți activi/total studenți; acces individual la web. Se

	actualizează în mod periodic (cu ajutorul unui <i>timer setat la 24h</i>).
<i>MEDIA_STORE</i>	Un obiect complex construit cu tool-urile de construcție ale viewer-ului; este plasat în mediul virtual; accesul este controlat prin apartenența avatarului la Grupul StudentLeaders. In caz contrar, afișează un mesaj. Oferă acces la youtube și la Google+ bookstore. Se utilizează contul creat pentru blogul Google+ al simulatorului.
Obiecte de TRACKING	
<i>PANEL_PRESENCE</i>	Este un obiect importat ca mesh, de tip senzor. Când obiectul <i>ON_OFF_INDICATOR</i> este pe ON și cu o frecvență de 15 minute calculează și afișează numărul de avatururi din zona definită, și o salvează în baza de date. Aria de detecție este programabilă prin comanda " set aria=N " unde N este raza pe canalul dedicat.
<i>LANDMARK</i>	Este un obiect importat ca mesh, de tip senzor, care are ca proprietăți unice numele zonei și UUID. Are un senzor care în mod periodic (<i>timer la 1h</i>) furnizează un număr de vizitatori direct în baza de date.
NPC	
<i>GHID_VIRTUAL</i>	Hover text cu numele GHID; Raspunde la comanda "guide" pe canalul 999 de chat prin whisper (max 10m): avaturul va scrie "/999 guide". Dacă există cel puțin 2 avatururi în jurul lui, pornește vizita automat. Se deplasează prin zbor la landmarkuri pre-stabilite.

2. Funcționalități implementate prin metode combinate de scripting și module regiune

Tabel 8.7 Descrierea funcționalității modulelor regiune

Nume modul regiune/nume metoda		Descriere funcționalitate
rm_learning <i>înregistrat pe evenimentul LSL control()</i>	student_quiz()	Obiectul colaborativ PANEL_QUIZ apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>scrierea în baza de date</i> , tabela StudentGrades . Primește ca parametri: avatarUUID și acronim activitate, descriere quiz, rezultat (true/false).
	student_projects()	Obiectul colaborativ PANEL_EXHIBIT apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>scrierea în baza de date</i> , tabela StudentGrades . Primește ca parametri: avatarUUID și acronim activitate, acronim proiect, notă.
rm_gamification <i>înregistrat pe evenimentul LSL timer()</i>	get_leaderboard()	Obiectul colaborativ PANEL_LEADERBOARD apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>citirea din baza de date</i> , tabela StudentGamification . Preia numele studenților care au câmpul isLeader=true.
	get_hudstudent()	Obiectul colaborativ HUD_STUDENT apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>citirea din baza de date</i> , tabela StudentGamification . Preia informațiile de interes pentru student.
	get_hudteacher()	Obiectul colaborativ HUD_TEACHER apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>citirea din baza de date</i> , tabela

		TeacherGamification. Preia informațiile de interes pentru profesor.
rm_tracking <i>înregistrat pe evenimentul LSL timer()</i>	save_presence()	Obiectul colaborativ PANEL_PRESENCE_COUNTER apelează periodic o funcție MOD din acest modul pentru <i>scrierea în baza de date</i> , tabela ActivityPresence . Primește ca parametri: avatarUUID și acronim activitate.
	save_visits()	Obiectul colaborativ LANDMARK apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>scrierea în baza de date</i> , tabela AreaVisits . Primește ca parametri: acronim zona monitorizata.
	save_comms()	Obiectul colaborativ PANEL_COMMS apelează o funcție MOD din acest modul pentru <i>scrierea în baza de date</i> , tabela CommMonitor . Primește ca parametri: tip comunicație, acronim activitate.
rm_datascape <i>înregistrat pe evenimentul control()</i>	datascape_draw()	Obiectul colaborativ DATASCAPE_CMD utilizează acest modul regiune pentru a marca vizual modul de utilizare a mediului, <i>citește din baza de date</i> , tabela AreaVisits . Primește ca parametri data de început, data de sfârșit. Desenează primitive colorate după o legenda a frecvenței de accesare: a) portocaliu; verde; albastru (puțin frecventate).

8.19 EXEMPLIFICARE IMPLEMENTARE OBIECTE EDUCAȚIONALE

Pentru implementarea funcționalității obiectelor educaționale și de gamificare au fost utilizate diverse mecanisme oferite de platforma OpenSim: scripting cu funcții LSL și OSSL; module regiune cu funcții MOD; capacități de comunicare in-world și remote.

A fost realizată o analiză amanunțită pentru a stabili ce funcționalități pot fi asigurate prin scripting, acest mecanism programatic fiind foarte puternic și versatil, acoperind aproape orice funcționalitate dorită, inclusiv comunicarea cu exteriorul mediului virtual.

Modulele regiune au fost experimentate pentru a evalua dificultatea de utilizare și capacitatea de extensibilitate a OpenSim și mai ales cu alte servicii/aplicații. Acestea oferă flexibilitate și posibilitatea de programare cu paradigmele cunoscute din alte tipuri de aplicații. În cazul de față, au fost utilizate pentru stocarea sau preluarea de date din baza de date, vizualizarea dinamică a unor obiecte, pentru marcarea gradului de utilizare a mediului, dar pot fi utilizate și pentru integrarea de biblioteci externe de funcții specializate (de ex. algoritmi de realizare de grafice de tip heatmap).

Implementarea pentru câteva din obiecte este prezentată mai jos. Unele dintre acestea apelează funcții din modulul regiune **CampSimModule**.

Buton onoff sala de curs

integer pornit;


```

{
  state_entry()
  {
    //llSay(0, "Role Script running");

    if (llGetAttached()==0){
      // var 1
      llRequestPermissions(llGetOwner(), PERMISSION_ATTACH);
      //var 2
      // osForceAttachToAvatar(ATTACH_LLARM);
    }
  }

  run_time_permissions(integer perms){
    if (perms & PERMISSION_ATTACH) {
      llAttachToAvatar(ATTACH_LLARM);
    }
  }

  attach(key id) {
    //chan=(integer)llFrاند(-100)-30;
    list buttons= llList2ListStrided (roles, 0, -1, 2);
    llDialog (llGetOwner(), "Selectati rolul:", buttons, chan);//max 12 butoane
    listenh=llListen(chan, "", llDetectedKey(0),"");

  }//attach

  listen(integer ch, string name, key id, string mes) {
    integer idx =llListFindList(roles, [mes]);
    vector color =llList2Vector(roles, idx+1);
    //llOwnerSay((string)color);
    llSetColor(color, ALL_SIDES);
    llListenRemove(listenh);

  }
}

```

Panou selectie mod de comunicare

```

integer listenh;
integer chan=-150;
list comms = ["CHAT", 1,
"IM", 2,
"GESTURES", 3,
"VOICE", 4,
"NO COMMUNICATION", 0];
string activity="ADMIN";

```

default

```

{
  state_entry()
  {
    llOwnerSay("Sondaj comms Script running");
    llSetText("Touch to take a short survey!", <0,1,1>, 1.0);

```

```

}
touch_start(integer num)
{
    list buttons= llList2ListStrided (comms, 0, -1, 2);
    llDialog (llGetOwner(), "Selectati ce tip de comunicație cu avatarii ati utilizat:", buttons,
chan);//max 12 butoane
    listenh=llListen(chan, "", llDetectedKey(0),"");
}
listen(integer ch, string name, key id, string mes) {
integer idx =llListFindList(comms, [mes]);
integer type =llList2Integer(comms, idx+1);
//llOwnerSay((string)type);
llListenRemove(listenh);
string prm= activity + "|" + type + "|" + (string)llGetOwner();
llOwnerSay (prm);
modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_comms", prm);
}
}

```

Contor prezenta

```

integer channel= 1006;
string participants;
integer listenh;
float sec = 200.0;
string area="LAB#1";
string activit = "ACTIVITI";

```

default

```

{
on_rez(integer param){
    llSetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
}

state_entry()
{
    //llSay(0, "contor local Script running");
    listenh = llListen(channel, "", llDetectedKey(0), "");
    llSensorRepeat ("", NULL_KEY, AGENT, 30, PI/2, sec);
    //llSetTimerEvent(sec);
}
no_sensor () {
    llSetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
}

sensor (integer detected) {

    llSetText ( "Prezenta sala: " + (string)detected + " participant(i).", <0, 0, 1>, 1.0);
    string prm=area + "|" + (string)detected;
    modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_visits", prm);
    string arg = activit + "|" + area + "|" + (string)llDetectedKey(0);
    modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_presence", arg);
}

listen (integer chan, string name, key id, string msg) {

```

```

    if (chan==channel) {
        activit=msg;
        llOwnerSay("Activitate noua: " + activit);
        llListenRemove(listenh);
    }
}
}
}

```

HUD student

default

```

{
    state_entry()
    {
        //llOwnerSay("Hud student Script running");
        llSetText("", <0,0,1>, 1.0);
    }
    touch_start(integer total_number)
    {
        string prm=llKey2Name(llDetectedKey(0)) + "|" + llDetectedKey(0);
        //llOwnerSay (prm);
        modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "get_hudstudent", prm);
    }
}

```

```

link_message(integer sender_num, integer num, string message, key id)

```

```

{
    // llOwnerSay ("s-a executat MOD");
    if (sender_num == -1)
    {
        llSetText(message, <0,0,1>, 1.0);
    }
}
}

```

REGION MODULE

```

[assembly: Addin("CampSimNonSharedModule", "1.0")]
[assembly: AddinDependency("OpenSim", "0.8.1")]
namespace CampSimNonShared
{
    [Extension(Path = "/OpenSim/RegionModules", NodeName = "RegionModule", Id =
"CampSimNonSharedModule")]
    public class CampSimNonSharedModule : INonSharedRegionModule, IRegionModuleBase
    //ICampSimNonSharedModule
    {
        private static readonly ILog m_log =
LogManager.GetLogger(MethodBase.GetCurrentMethod().DeclaringType);

        public string Name { get { return "CampSim NonShared Module"; } }
        //public bool IsSharedModule { get { return false; } } //este non-shared, mai usor de gestionat!
        public Type ReplaceableInterface { get { return null; } }

        //shared modules
        //List<Scene> m_scenes = new List<Scene>();
    }
}

```

```

//Dictionary<Scene, List<SceneObjectGroup>> scene_prims = new Dictionary<Scene,
List<SceneObjectGroup>>();
//non-shared
private Scene m_scene = null;

public IConfigSource m_config;
private bool m_enabled = false;
string m_Message = null;
int m_InitCount = 0;
//ptr funcții MOD
private IScriptModuleComms m_commsMod = null;
}

public void AddRegion(Scene scene)
{
    m_scene = scene;
    //m_scenes.Add(scene);
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** ADAUGARE LA REGION {0} ",
scene.RegionInfo.RegionName);
    // register event handler-e pe evenimentele dorite
    //INREGISTRARE FCTIE MOD
    m_commsMod = m_scene.RequestModuleInterface<IScriptModuleComms>();
    m_commsMod.OnScriptCommand += ProcessScriptCommand;
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** înregistrare funcție MOD.....");
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** verificare bd locala - " +
funcțiiBD.VerifyConnection_local().ToString());
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** verificare bd remote - " +
funcțiiBD.VerifyConnection_remote().ToString());
    //înregistrare pe eveniment Region
    scene.EventManager.OnNewClient += OnClientLogin;
    //OnNewClient;
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** înregistrare eveniment client.....");
    scene.EventManager.OnClientClosed += ClientClosed;
}

```

În Tabelul 8.8 sunt ilustrate prin capturi ecran principalele funcționalități ale SE campus 3D online.

Tabelul 8.8 Ilustrare funcționalități campus 3D online experimental



După logare, avatarul este invitat să selecteze rolul.



Avatar cu atașament la mâna cu obiect ROLE_INDICATOR.



Lista de obiecte din Inventory.



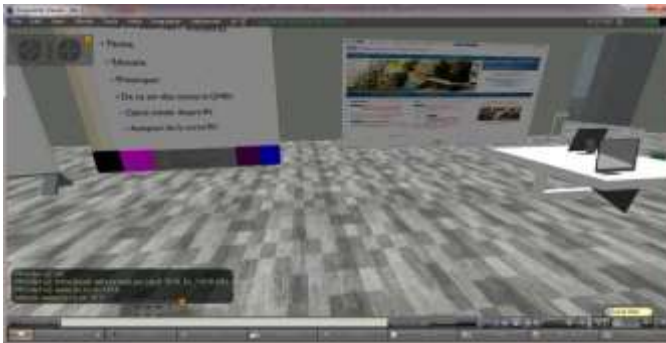
Încărcare PowerPoint în obiectul
PANEL_PRESENTATION.



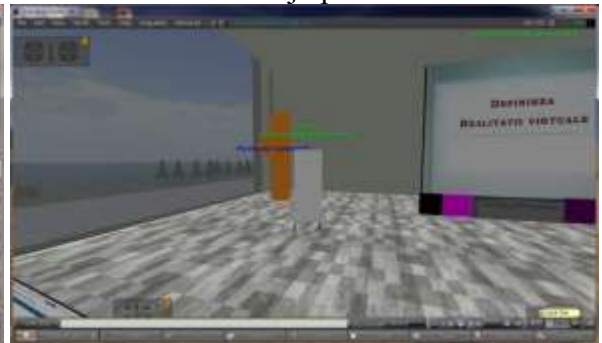
Sala de laborator.



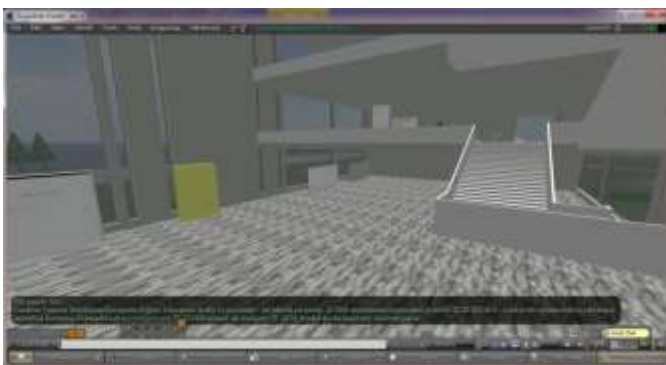
Mesaje pe chat.



Configurare PANEL_PRESENTATION.



Afișare număr avatururi prezenți în sală, obiecte
PANEL_PRESENCE și LANDMARK.



Afișare flux RSS de la
PANEL_ANNOUNCEMENTS.

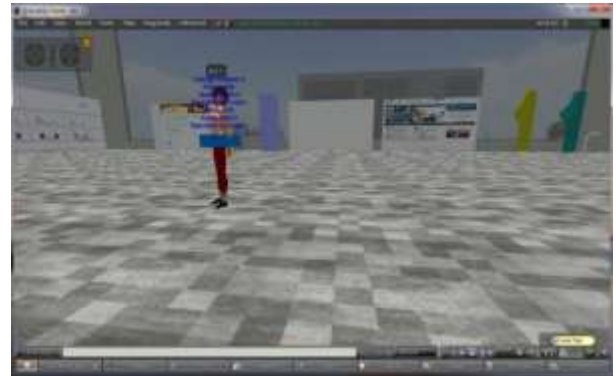


HUD multilink pentru acces la 3 site-uri pre-
definite: UPB, Facultatea de Automatică și
Facebook.

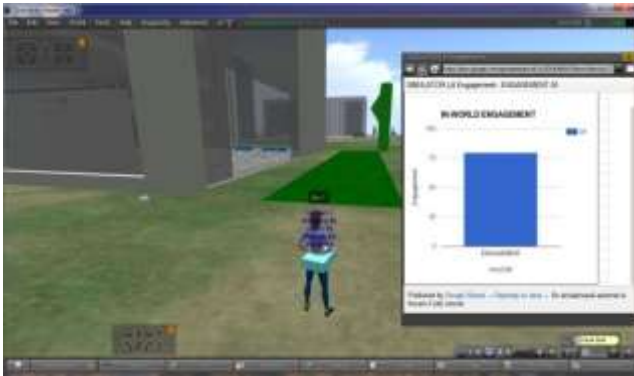
SISTEME DE E-LEARNIG BAZATE PE TEHNOLOGII AVANSATE ÎN SPAȚII VIRTUALE 3D



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



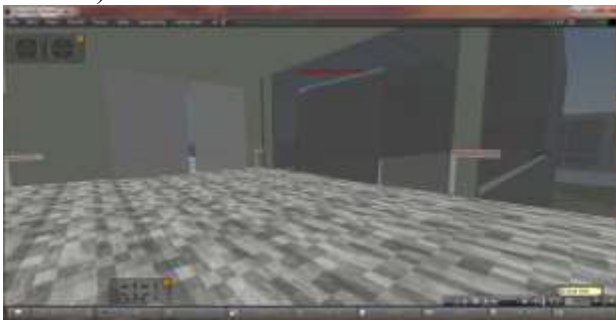
Afisarea din HUD_TEACHER a informațiilor referitoare la activitatea profesorului (gamificare profesor).



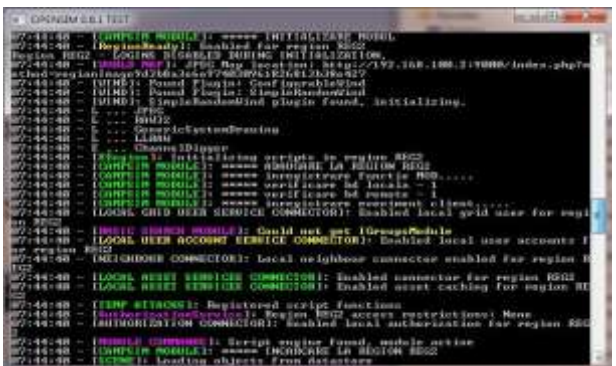
Afisarea din HUD_STUDENT a informațiilor referitoare la activitatea studentului (gamificare student).



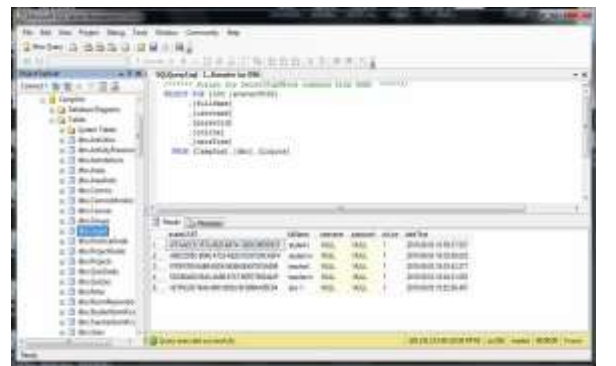
Fereastra de scripting.



Intrare în zona privilegiată, obiecte DOOR și PRIVILEGED_DOOR.



Consola OpenSim, cu încărcarea modului regiune CAMPSIM MODULE.



Baza de date cu tabela utilizatori.

8.20 SCENARIU DE UTILIZARE A MEDIULUI VIRTUAL EDUCAȚIONAL SI INTEGRAREA CU LMS

1. Laboratoarele din **clădirea A** vor avea loc la ore anunțate printr-un RSS feed pus la dispoziție de serviciul REST "3DUPB".
2. Profesorul activează modulul de voce și butonul ONOFF de începere a laboratorului, prin care se poate limita accesul înăuntrul sălii. Aceasta funcție este doar demonstrativă deoarece un avatar are posibilitatea de a intra într-un spațiu prin alegerea unui obiect sau prin selectarea terenului și comanda de așezare ("*Sit here*"). Profesorul comunică prin chat prin "*whisper*" (pentru a se limita mesajul la distanța de 10m) activitatea laboratorului (tema), aceasta urmând să fie afișată pe panoul *whiteboard*. La final, va apăsa butonul de încheiere.
3. Din controlul HUD_CAMERA fiecare avatar va putea comanda perspectiva asupra mediului virtual (obiectul « camera »), de exemplu, 3-rd person (pentru studenți) sau first-person (pentru profesor).
4. Pe panoul contor prezență se afișează numărul de participanți, respectiv numărul de avataruri on-line în aria laboratorului.
5. Se ține lecția, au loc discuții libere pe canalul de comunicație liberă în zona clasei. Studenții adresează întrebări pe notecard-uri. Profesorul le citește și răspunde pe canalul de comunicație liberă în zona clasei. Profesorul dă o listă de întrebări (quiz) pentru evaluarea atenției în clasă.
6. Studenții răspund iar evaluarea se salvează în baza de date.
7. Profesorul indică un acronim de tema de casă, care va fi rezolvată utilizând sistemul LMS și preluat de sistemul suport al simulatorului. Dacă este un proiect nou, se indică task-ul și termenul limită. Rezultatele proiectului (de ex. capturi, link la Power Point) pot fi expuse data viitoare pe panourile din zonele de expoziție, unde se indică și acronimul temei de casă sau al proiectului.
8. Când se încheie lecția, profesorul apasă pe butonul off. Dacă uită, există un timer de 50 minute pe care se schimbă starea.

Evaluarea studentului ia în considerare acronimul proiectului, al temei de casă și se realizează în cadrul sistemului LMS, fiind preluat de sistemul suport al simulatorului.

Lista de întrebări (quiz) este generată ad-hoc de profesor și se răspunde pe loc, în timp ce temele de casă și proiectele sunt definite înainte de curs și sunt înregistrate în sistemul LMS.

În plus, mediul virtual permite elaborarea de activități colaborative în zona de sandbox, denumită BUILD. Aici profesorul poate crea obiecte cu scripturi cu greșeli intenționate, pentru ca studenții să învețe corectând greșelile.

8.21 IMPLEMENTARE CONCEPT DE LEARNING ANALYTICS IN LUMEA VIRTUALA

Learning Analytics (LA) s-a dezvoltat ca o disciplină recentă care oferă suport învățământului superior (Fulantelli, 2014). LA împrumută metode din analitica de business pentru a colecta date de învățare, pentru a le măsura și analiza cu scopul de a înțelege și optimiza procesul de învățare și mediul în care acesta are loc (Fulantelli, 2014). LA are legătură, și uneori se suprapune, cu metodele și obiectivele mineritului de date educaționale (*Educational*

Data Mining - EDM) care utilizează algoritmi de procesare și *machine learning* pentru a extrage șabloane și trăsături unice și a oferi suport pentru sistemele de decizie.

Instrumentele de LA au ca obiective monitorizarea, analiza, evaluarea, așa cum sunt identificate de (Chatti,2012) sau obiective de reflectare, mentorat și adaptare a serviciilor educaționale (Yousef, 2015). Beneficiarii instrumentelor de LA sunt atât profesorii și studenții, cât și cercetătorii.

Ipoteza 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, înainte de integrarea acestuia în practica educațională curentă, respectiv de a mări șansele de a fi adoptat. Așa cum demonstrează Blume (2010) există o corelație între conștientizarea utilității unui sistem educațional și rezultatele învățării.

Această parte a cercetării încearcă să evalueze campusul 3D online experimental 3DCampSim, destinat activităților de colaborare și realitate mixtă. Obiectele de urmărire a utilizării mediului, prezentate în capitolul anterior, pot sta la baza unui sistem automat de urmărire, monitorizare și raportare vizuală, deoarece aceste obiecte comunică cu o bază de date externă. Datele colectate pot fi utilizate pentru evaluarea din mai multe puncte de vedere a 3DcampSim: utilizabilitate (calitatea proiectării obiectelor și a mediului virtual), preferințe în utilizarea mediului și utilitate pedagogică.

Rezultatele preliminare ale evaluării utilizând instrumente LA, au fost comparate cu datele de evaluare ale altor sisteme de învățare. În cazul nostru, un indicator de implicare (*engagement*) a studentului măsurat cu instrumente LA a fost comparat cu cel calculat din utilizarea platformei Moodle pentru învățare colaborativă.

Studiile de caz sunt realizate cu studenți și participanți voluntari, cu menținerea pe cât posibil a acelorași condiții de testare.

Înțelegerea modului în care simulatorul este utilizat pentru predare și învățare poate fi exploatată pentru îmbunătățirile viitoare ale simulatorului educațional, pentru predare, învățare și activități de evaluare. De asemenea, informațiile evidențiate de instrumentele de LA pot sta la baza furnizării unui comportament și conținut adaptiv [STEF,2015/3].

Sistemele LMS sunt folosite de mai mulți ani și pot oferi o mare cantitate de date. În cazul nostru, pentru SE experimental s-a aplicat LA pe un "set de date intensive" (Steiner,2014), adică pe un număr relativ mic de participanți cu mai mulți parametri urmăriți. Metoda noastră de cercetare diferă de cele aplicate de către alți cercetători, care analizează logurile serverului OpenSim sau cele de chat. Astfel, se analizează un set de date istorice pentru a evidenția distribuția avatarurilor în spațiu și timp în interiorul simulatorului, activitățile studenților (de exemplu, participarea la cursuri, accesul la resurse, timpul petrecut), preferințele de comunicare, rezultatul de învățare (de exemplu, rezultate de la teste și proiecte). Datele de intrare sunt extrase din "3DCampSim" cu ajutorul sistemului de urmărire propus, în scopul de a colecta mai multe date structurate decât din logurile OpenSim existente.

LA este un proces ciclic format din colectarea, pre-procesarea și analiza datelor, acțiune, și post-procesare (Chatti,2012). Pre-procesarea este o etapă importantă, care constă în filtrarea și pregătirea datelor înaintea analizei lor. Acest lucru este posibil cu sistemul nostru, și facilitat de faptul că bazele de date și serviciile de prelucrare sunt externe simulatorului, astfel încât să poată fi integrate cu datele din LMS Moodle sau din alte sisteme de învățare. Post-procesările sunt realizate de un serviciu de integrare și de prelucrare care utilizează date din Microsoft SQL Server, baza de date MySQL a OpenSim și Moodle MySQL (Fig. 8.4).

Din metodele de analiză aplicate de obicei în LA (Chatti,2012), au fost utilizate statistica descriptivă și vizualizarea datelor. Instrumentele de vizualizare sunt de o importanță crucială pentru că au capacitatea de a comunica informații în conformitate cu un anumit scop și audiență.

In Visualization Methods (2015) este oferită o prezentare sintetică a diferitelor metode de vizualizare. Pentru cercetarea noastră am dezvoltat vizualizări 2D cantitative consolidate într-o prezentare de tablou de bord.

Indicatorii analizați se referă la distribuția în lumea virtuală în timp și spațiu a avatarurilor, tipul de comunicații, activitățile de învățare.

Platforma Moodle oferă capabilități de raportare simple dar nu oferă instrumente multi-dimensionale de analiză, pentru care este necesar exportul de date pentru prelucrarea lor cu alte aplicații software (de exemplu, Excel). Cu toate acestea, funcționalitatea platformei poate fi extinsă prin instalarea de plugin-uri analitice, cum ar fi "*Moodle Engagement Analytics*" (Moodle Engagement Plugin,2015), care calculează indicatorul de implicare al studenților, prin considerarea a 3 factori, ponderați după importanța lor: *conectări în sistem, rezultate la evaluări și activitate pe forum*.

8.21.1 Analiza datelor în medii virtuale 3D - cercetări similare

Pana în prezent, puțină atenție a fost acordată utilizării Learning Analytics pentru lumi virtuale.

Au fost identificate cercetările din Camilleri et al. (2013) și Fernández-Gallego et al. (2013), care au scop înțelegerea modului de învățare a studenților în lumi virtuale. Alte obiective ale utilizării LA sunt promovarea reflectării asupra procesului de învățare și predare (Chatti, 2012), (Yousef, 2015).

In Camilleri et al. (2013) cercetătorii au efectuat două studii de caz, unul în mediul academic pentru profesori în formare și unul în mediu corporatist. Prima investighează implicarea (*engagement*) în lumea virtuală 3D. LA ia forma de analiză statistică și în timp real utilizând tablouri de bord pentru vizualizarea diferitelor categorii de activități, cu ajutorul platformei comerciale Live Avaya. Modelul de învățare este de colaborare și pe baza de proiect și a fost experimentată o succesiune de activități structurate după un plan.

In Fernández-Gallego et al. (2013) este prezentat un cadru pentru LA și EDM într-o lume virtuală OpenSim, pentru validarea unităților de învățare (*learning units*) în conformitate cu specificațiile IMS LD pentru activități de colaborare. Evenimentele din logurile OpenSim sunt sursa de date de intrare, prelucrate de către servicii externe de web, baze de date și algoritmi de minerit de date pentru evaluare pedagogică (Fernández-Gallego et. al.,2013).

In Kickmeier-Rust et. al. (2014) sunt prezentate instrumente software inteligente ca suport pentru profesori care utilizează o regiune OpenSim pentru învățarea limbilor străine prin jocuri. In loc de a prelucra fișiere cu "date mari" provenite de la loguri, se utilizează algoritmi de predicție în timp real pentru evaluarea formativă și feedback, folosind un set finit de competențe.

Un caz interesant sunt jocurile educative în care LA este încorporat în joc (Steiner,2014) și nu implementat ca un sistem separat.

In Benito-Cruz (2013) se prezintă un experiment de analiză și vizualizări grafice ale informațiilor obținute dintr-un mediu virtual.

8.21.2 Prelucrarea datelor din simulatorul 3DCampSim

Pentru prelucrarea datelor colectate din simulatorul 3DCampSim a fost realizat un serviciu Microsoft SQL Server, care este planificat să ruleze cu o periodicitate de 24 ore.

Acesta populează tabelele de gamificare astfel: a) în StudentGamification colectează datele referitoare la teste, proiecte și activitate practică din anul de studiu și calculează dacă studentul îndeplinește condiția de leader; b) în TeacherGamification colectează date statistice referitoare la prezența studenților la activități.

De asemenea, serviciul populează o tabelă cu date agregate (sintetice), necesare raportărilor de LA.

8.21.3 Instrumente de raportare LA

Indicatorii pot fi vizualizați din rapoarte de tip tablou de bord (*dashboard*) stocate în cloud, respectiv în Google Sheets, încărcate prin upload din rapoarte Excel conectate la baza de date MS SQLServer.

Tabloul de bord "**activitatea simulatorului**" (Fig. 8.23, 8.26) este public, este accesibil de la un obiect MEDIA_PANEL amplasat în zona administrativă a simulatorului și indică distribuția avatarurilor în diferite zone ale simulatorului, tipuri de mijloace de comunicare, prezența la activități pe o perioadă de 2 ore.

Pentru utilizarea personală, simulatorul oferă obiecte HUD pentru studenți și profesori. Tabloul de bord "**activitatea studentului**" (Fig. 8.24, 8.27) indică un raport cu scorul de învățare ponderat.

Tabloul de bord "**Activitatea profesorului**" (Fig. 8.25, 8.28) indică performanța profesorului, ca număr de studenți participanți la activitățile sale.

Elementele HUD trebuie să fie "purtate" de avatari, sunt pentru uzul personal și necesită un cont Google.



Figura 8.23 Activitatea simulatorului accesată dintr-un panou media în zona administrativă (captură ecran, L. Ștefan)

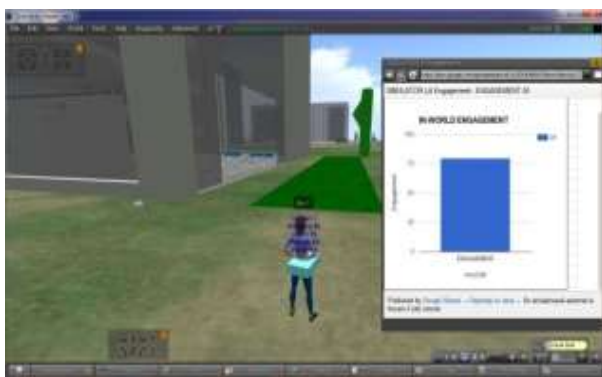


Figura 8.24 Activitatea studentului accesată dintr-un HUD (captură ecran, L. Ștefan)

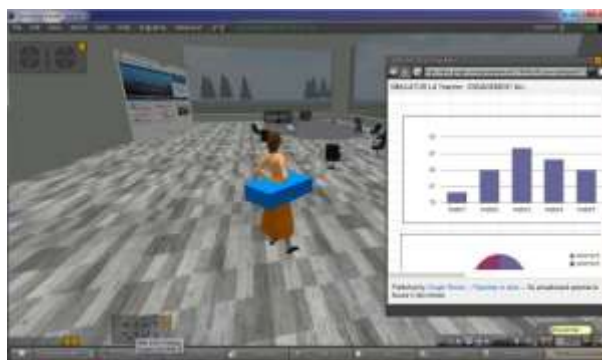


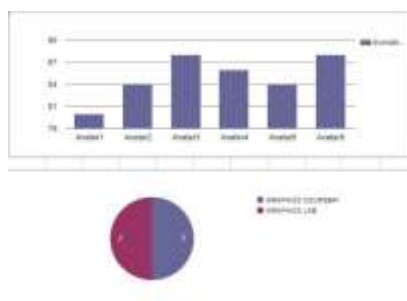
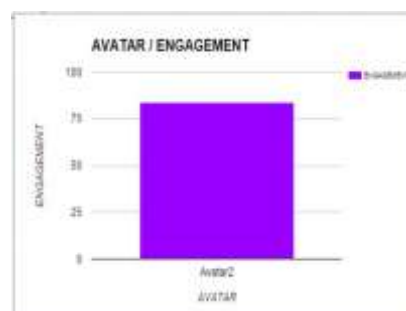
Figura 8.25 Activitatea profesorului accesată dintr-un HUD (captură ecran, L. Ștefan)

Mai multe experimente au fost efectuate timp de o săptămână pentru a evalua eficiența pedagogică a simulatorului și intenția utilizatorilor finali de a utiliza în viitor aceste instrumente, precum și pentru a compara rezultatele cu experimente similare pe Moodle LMS (cap. 9).

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

Tabel 8.9 Raportul de implicare (*engagement*) a 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%

**Figura 8.26 Dashboard activitate simulator****Figura 8.27 Dashboard activitate profesor****Figura 8.28 Dashboard activitate student**

8.22 TESTAREA SIMULATORULUI DE CAMPUS 3D ONLINE

Înainte de integrarea simulatorului experimental în platforma 3DUPB utilizat ca platformă de test (*test-bed*), s-au realizat câteva simulări locale cu boți generați artificial. Experimentarea mediului virtual s-a realizat pe implementarea locală a simulatorului cu OpenSim versiunea 0.8.0, cu SQLite pentru datele simulatorului și cu Microsoft SQL Server Express Edition, pentru datele capturate din mediu.

8.22.1 Testarea locală

În arhitectura locală este dificil de testat în condiții de multi-utilizator, de aceea au fost realizate teste cu conturi de utilizatori create cu programul de testare **pCamBot.exe** din distribuția OpenSim.

Utilitarul pCampbot creează cu ajutorul bibliotecii *libopenmetaverse* mai multe conexiuni client externe pentru a testa simulatorul la diferite încărcări (de ex., se pot crea mai mulți boți care se teleportează în mod continuu până când are loc o eroare a simulatorului). În cazul de față nu ne-am propus testarea simulatorului la *stress de încărcare*, ci crearea mai multor avatururi și simularea contextului multi-utilizator. Conturile de boți trebuie create în simulator înainte de a le utiliza pCampbot, cu comanda *create user*.

Utilizarea programului este descrisă în (OpenSim wiki,2015) și (Justin blog,2013). Lansarea pCampBot pentru un bot de test numit student l:

```
pCampbot.exe -loginuri http://127.0.0.0:9000 -s CampSim -firstname student -lastname l -password studentl -b g
```

Conectarea botului: *conn*

Deconectarea și iesirea din program: *disconn, quit*

Menționăm ca utilitarul nu funcționează în versiunea OpenSim cu SQLite.

8.22.2 Testarea multi-utilizator

După testele preliminare, obiectele virtuale propuse și funcționalitățile 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 ca extensii de regiuni încărcate cu ajutorul comenzilor server din arhiva OAR, după extinderea fișierului Region.ini cu regiunea experimentală **3DCampSim** descrisă ca varreg de 512x512m.

Se alege un port UDP al regiunii care să nu coincidă cu cele deja utilizate pentru platforma 3DUPB.

Altă posibilitate este salvarea conținutului regiunilor într-un fișier XML deoarece există în framework-ul OpenSim posibilitatea de încărcare a regiunilor definite în XML.

Din consolă, se dau comenzile pentru cele **2 regiuni** ale CampSim:

```
change region REG1
```

```
load OAR CampSim1.oar
```

```
change region REG2
```

```
load OAR CampSim2.oar
```

Simulatorul va trebui restartat pentru a citi noile fișiere INI.

Au fost efectuate mai multe experimente pentru a evalua simulatorul de campus 3D și a colecta date de utilizare în baza de date **CampSim**, referitoare la vizitarea zonelor din campusul virtual și activitățile efectuate.

8.22.3 Blog Google+ asociat simulatorului

CampSim are asociat un blog Google+ public pe care s-au postat informații de interes referitoare la evoluția cercetării. De asemenea, blogul are rolul de a colecta sugestii de la profesori și studenți, și de a asigura un punct central al link-urilor către sondajele online găzduite pe Google Docs. Blogul are adresa URL <http://tinyurl.com/p9ec5fu> (Fig. 8.29).

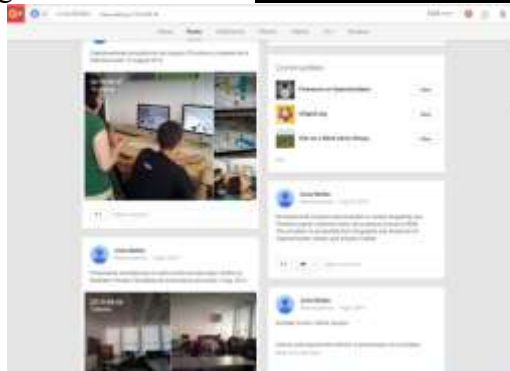


Figura 8.34 Blogul 3DCampSim (captură ecran, L. Ștefan)

CAPITOLUL 9

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

9.1 METODOLOGIA UTILIZATA

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: "combinarea de date sau metode, astfel încât diverse puncte de vedere să arunce o lumină asupra unui subiect" (Olsen,2004) și a fost folosită cu succes pentru evaluarea altor 3DMUVE educaționale (Lorenzo,2014).

Studiile de caz realizate au fost de *tip transversal*, respectiv într-o perioadă scurtă de timp s-au măsurat mulți parametri. 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.

9.2 EVALUAREA FORMALA

9.2.1 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) și Oliver (2011), pentru a fi utilizat de profesori în scopul evaluării jocurilor și a simulărilor înainte de a fi utilizate în activități educaționale. Autorii menționează faptul că acest cadru teoretic se poate aplica și altor tipuri de "e-content" unde se utilizează spații imersive, de exemplu în realitatea virtuală sau în realitatea augmentată (de Freitas & Olivier,2006). Acest framework ia în considerare relațiile dintre profesor, student și resurse/instrumente, integrând elementele comune din alte cercetări privind framework-urile de evaluare ale *învățării bazate pe tehnologie*. Spre deosebire de acestea, cadrul 4D evidențiază ceea ce este distinct în jocuri față de alte tehnologii educaționale, respectiv componenta de *diegesis* (reprezentare și narațiune) și le extinde pe partea de *mimesis* (reprezentare). Framework-urile care stau la baza "4D Framework" sunt *CIAO!* (Jones et al., 1996) și *Flashlight* (Ehrmann, 1999). Cadrul 4D are legătură și cu teoria activității (*Activity Theory*)(Kuuti, 1996).

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 se utilizează fie la proiectarea integrării unui joc educațional sau sistem imersiv într-o activitate didactică, fie pentru evaluarea retrospectivă a unei implementări sau practici existente (de Freitas & Oliver, 2006).

În cazul LO create în cadrul simulatorului experimental 3DCampSim, s-au utilizat informațiile din forma tabelară a framework-ului, cu formulări particularizate pentru cercetarea noastră. O parte din informații *au fost transpuse într-un chestionar online* denumit "**Simulator educațional 3DCampSim: SONDAJ POST-EXPERIMENT**" pentru evaluarea calității

proiectării (utilizabilității) atât a obiectelor educaționale cât și a mediului virtual. Sondajul este accesibil de la <http://tinyurl.com/ns76vr7>.

9.2.2 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). Acest instrument utilizează o evaluare cu calificative de la 1 la 9 ale calității obiectelor de învățare, în două etape: una individuală și una în panel, cu un moderator. În cazul cercetării de față, a fost realizată evaluarea individuală și prin discuții de către mai mulți utilizatori în cadrul unei sesiuni de experimentare. Chestionarul a fost transpus într-un sondaj online denumit "SIMULATOR 3DCampSim - Evaluarea eficienței pedagogice", accesibil de la <http://tinyurl.com/oo3cy4t>.

9.2.3 Technology Acceptance Model

Technology Acceptance Model – TAM (Davis, 1986) este o teorie a sistemelor informatice care modelează modul în care un utilizator accepta și utilizează o tehnologie. *Technology Acceptance Model* a fost elaborată de Davis (1986). Aceasta tratează predicția acceptabilității unui sistem informatic. Scopul modelului este de a prezice acceptanța unui instrument și identificarea modificărilor care trebuie aduse sistemului pentru a-l face acceptabil pentru utilizatori. Acest model sugerează ca acceptanța unui sistem informatic este determinată de doi factori principali: utilitatea percepută (*perceived usefulness*) și ușurința de utilizare percepută (*perceived ease of use*) și anume:

utilitatea percepută - **Perceived usefulness** (PU) – definită de Fred Davis (1986) ca gradul în care o persoană consideră ca un sistem particular îi îmbunătățește performanța muncii: "*the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance*".

ușurința de utilizare percepută - **Perceived ease-of-use** (PEOU) – definită de Fred Davis (1986) ca gradul în care o persoană consideră ca un sistem particular poate fi utilizat fără efort: "*the degree to which a person believes that using a particular system would be free from effort*" (Davis, 1989).

TAM a fost mult criticat, în ciuda frecvenței utilizării, ceea ce a condus la numeroase redefiniri ale propunerii originale. Criticiile TAM ca teorie includ "valorile euristice, capacitatea explicativă și predictivă, lipsa valorii practice" (Bagozzi, 2007). În general TAM se referă la *utilizatorul individual al unui calculator*, cu conceptul de "utilitate percepută", cu extensii pentru a prezenta și alți factori care explică modul în care un utilizator percepe "utilitatea", dar ignoră procesele sociale ale dezvoltării și implementării sistemelor informatice, fără a analiza modul în care tehnologia poate aduce beneficii și consecințele sociale ale utilizării sistemelor TIC (Bagozzi, 2007).

Utilitatea percepută se definește ca fiind gradul în care o persoană consideră ca utilizarea sistemului va îmbunătăți performanța sa. **Ușurința de utilizare percepută** este un alt parametru al TAM, care se referă la gradul în care o persoană consideră ca utilizarea sistemului va fi fără efort (Larcker et Lessig, 1980).

Pentru evaluarea percepției utilizatorilor asupra utilității, respectiv a probabilității de acceptare a 3DCampSim, a fost utilizat TAM. Pentru aceasta a fost realizat un sondaj online denumit "3DCampSim: SONDAJ DE EVALUARE A INTENȚIEI DE UTILIZARE", accesibil de la <http://tinyurl.com/oo2fs8s>.

9.3 DESCRIEREA EXPERIMENTELOR

Mai multe experimente au fost efectuate timp de 2 săptămâni pentru a evalua simulatorul de campus 3D, precum și pentru a compara rezultatele cu experimente similare utilizând sistemul Moodle.

3DCampSim a fost evaluat de grupuri de studenți și câțiva profesori, instruiți în prealabil în ceea ce privește utilizarea simulatorului, navigarea, comunicarea în lumea virtuală și scopul cercetării. Un **scurt interviu** a arătat că patru studenți și un profesor au avut experiență anterioară de a utiliza un mediu 3D, în special jocuri educative, și că utilizează în mod curent platforma Moodle a universității. De asemenea, majoritatea studenților *nu cunoșteau utilitatea pedagogică a simulatorului de campus 3D online*.

Studenții au accesat simulatorul atât de la un calculator din laborator cât și de la distanță.

Pentru evaluarea mediului virtual participanții au urmat un **flux structurat de activități** (Lorenz, 2014): a) A1: o oră de curs sau de laborator, bazată pe prezentarea unui Power Point despre Realitatea Virtuală, lansarea unui site, lucru colaborativ la un document Google Doc și la construcția unui obiect grafic; b) A2: discuții în grupuri și vizualizarea de proiecte de pe un site web; c) A3: interacțiune socială, comunicare, acces la resurse (video), navigare liberă prin campusul virtual (de ex., în zona de informare, administrativă, sala de ședință, sala de expoziție).

Activitățile din mediul virtual au fost definite după modelul tipic al cursurilor de inginerie, care pot consta dintr-o prezentare teoretică a subiectului principal, o demonstrație practică, o sesiune de Q&A, teste și teme de colaborare sau individuale. În plus simulatorul virtual a facilitat activitățile colaborative, de ex. scrierea într-un document Google Docs, sau construcție 3D în sandbox-ul dedicat.

Pentru învățare utilizând platforma Moodle, participanții au urmat un flux similar de activități: a) A1: Lectii de o oră și diferite activități Moodle; b) A2: activități pe forum și blog c) A3: rețelele sociale, accesul la diferite resurse Moodle (video).

Sesiunile de experimentare au fost realizate cu:

1. **Voluntari de la Universitatea Româno-Americană, București**

Perioada : iulie 2015

Mod de participare : remote

Durata : 1 oră

Date demografice : **2 studenți masteranzi (băieți), vârsta 20-30 ani**

2. **Participanti de la Scoala de Vară, Facultatea de Automatică, București**

Perioada : august 2015

Mod de participare : în sala EG 204

Durata : 1 oră

Date demografice : **6 studenți anul II (4 băieți, 2 fete), 1 profesor, 1 profesor simulat de L. Ștefan**

Experimentele au constat din :

- Prezentarea simulatorului și a scopului sesiunii de experimentare (15 minute, L. Ștefan): obiecte educaționale, gamificare, instrumente analitice, realitate mixtă.
- Completare sondaj ante-experiment referitor la proiectarea unui simulator educațional de tip campus universitar (5 minute, studenți);
- Prezentare interfața și comenzi de navigare (10 minute, L. Ștefan);

- Prezentare blog asociat simulatorului pentru colectare sugestii și probleme întâmpinate;
- **Utilizare simulator 3DCampSim pentru evaluare proiectare și utilizabilitate mediu virtual și obiecte educaționale:** utilizare elemente de navigare și orientare, *acces liber* în spațiile educaționale, acces la resurse educaționale, utilizare HUD-uri, răspuns la un test online, utilizare comunicații in-world 30 minute, studenții; L. Ștefan a simulat rolul unui facilitator/profesor);
- Demonstrare funcții de gamificare pe baza unor date pre-încărcate (L. Ștefan);



Figura 9.1 Prezentare și experimentare 3DCampSim la UPB (foto L. Ștefan)

3. Voluntari de la UNA București

Perioada : august 2015

Mod de participare: sala Facultatea de Design

Durata : 2 ore

Date demografice : 2 studenți masteranzi (1 baiat, 1 fata), 1 profesor simulat de L. Ștefan



Figura 9.2 Experimentare 3DCampSim la UNA București (foto Marius Hodea)

9.4 EVALUAREA PROIECTARII MEDIULUI VIRTUAL ȘI A OBIECTELOR EDUCATIONALE

<http://tinyurl.com/ns76vr7>

Date demografice: **9 studenți**

S-a utilizat scala Likert de la 1 la 5, cu semnificațiile:

1-Slab, 2=Relativ bun, 3=Nu pot aprecia, 4 – Bun, 5- Foarte bun

Tabel 9.1 Rezultatele sondajului pentru evaluarea proiectării mediului virtual și a obiectelor educaționale din 3DCampSim

Intrebări	Aprecierea	
<i>Apreciați gradul de imersivitate, definit ca măsura în care mediul reușește să simuleze sentimentul de prezență și participare în mediul simulat.</i>	Bun Slab	71,43% 28,57%
<i>Apreciați caracteristicile proiectării MEDIULUI din punctul de vedere al utilizatorului.</i>	Poate fi personalizat Adecvat pentru funcționalitatea propusa Tolerant la erori Conformă cu așteptările	28,57% 14,29% 14,29% 42,86 %
<i>Apreciați caracteristicile proiectării OBIECTELOR 3D educaționale din punctul de vedere al utilizatorului.</i>	Poate fi personalizat Tolerant la erori Conformă cu așteptările	28,57% 42,86% 28,57 %
<i>In mod sintetic apreciați calitatea proiectării OBIECTELOR 3D educaționale din punctul de vedere al utilizatorului.</i>	Relativ bună Slabă	85,71% 14,29%
<i>Apreciați experiența de realitate mixtă</i>	Bună Nu pot aprecia Relativ bună Slabă	14,29% 14,29% 42,86% 28,57%
<i>Apreciați experiența rolurilor (student, profesor, admin, vizitator extern)</i>	Foarte bună Bună Relativ bună	42,86% 14,29% 42,86%
<i>Elementele de gamificare (leaderboard și HUD) v-au stimulat MOTIVATIA de a utiliza mediul virtual?</i>	De acord Neutru	57,14% 42,86%
<i>Elementele de gamificare (leaderboard și HUD personal) v-au stimulat FOCALIZAREA pe task-uri în mediul virtual?</i>	De acord Neutru Nu sunt de acord	57,14% 14,29% 28,57%
<i>Apreciați ușurința de utilizare a mediului virtual.</i>	Foarte bună Bună Relativ bună	14,29% 71,3% 14,29%

Media	Foarte bună Bună Relativ bună Slabă Neutru	14.32% 25% 35.7% 10.7% 14.28%
--------------	---	--

Tabel 9.2 Rezultatele sondajului pentru evaluarea utilizării mediului virtual și a obiectelor educaționale din CampSim

Intrebări	Răspunsuri
<i>Ati reusit să personalizați avatarul?</i>	DA: 100%
<i>Specificați modul în care ați comunicat în interiorul mediului simulat.</i>	Text chat: 55%; Voce: 22%; Fără comunicație: 23%
<i>Specificați modul în care v-ați deplasat în interiorul mediului simulat.</i>	Zburat: 44%; Teleportat: 44%; Mers: 12%.
<i>Ce obiecte 3D ați utilizat mai mult?</i>	Obiecte de orientare și teleportare: 44%; Obiecte media: 33%; HUD: 23%.
<i>Indicați ce zone ati vizitat mai frecvent.</i>	Laboratoare: 55%; b) Zona de informare: 34%; c) Zona de meeting 10%; d) Zona administrativă: 1%.
<i>Indicați problemele identificate.</i>	Intârzieri în răspunsul simulatorului.
<i>In final va rugăm enumerați beneficiile unui astfel de mediu educațional în comparație cu o video conferință prin Skype sau cu sistemul Moodle.</i>	Simulează convorbirea față-în-față: 67% Este mai interactiv: 11% Calitatea sunetului: 11% Fără beneficii: 11%

9.5 EVALUAREA EFICIENȚEI PEDAGOGICE A SIMULATORULUI DE CAMPUS 3D ONLINE

<http://tinyurl.com/oo3cv4t>

Date demografice: **8 studenți (3 fete, 5 băieți)**

Tabel 9.3 – Rezultatele sondajului pentru evaluarea eficienței pedagogice (studenți) a CampSim

Intrebări	Obiectiv evaluare	Aprecierea	
<i>3DCampSim a fost mai eficient pentru învățare/predare în comparație cu o experiență de învățare cu platforma Moodle</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>3DCampSim a fost mai eficient pentru învățare/predare în comparație cu o sesiune Skype datorită experienței de realitate mixtă (3D și transmisii video)</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	80 % 20%

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

<i>3DCampSim m-a ajutat să particip la curs/laborator când nu am putut participa fizic.</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord Neutru	60 % 20% 20%
<i>3DCampSim m-a ajutat să comunic și interacționez cu colegi, profesori și personal administrativ, să primesc/ să ofer suport</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>3DCampSim a avut asupra mea un impact cognitiv și psiho-pedagogic mai mare (vizual, auditiv, provocare de orientare 3D, focalizare pe task-uri)</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>3DCampSim a permis comunicarea temelor de studiu</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	60 % 40%
<i>3DCampSim a permis evaluarea temelor de studiu și comunicarea unui feedback</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>3DCampSim m-a ajutat la activități colaborative</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord Neutru	20 % 60% 20%
<i>Instrumentele de LA din 3DCampSim m-au ajutat să monitorizez și analizez mai eficient activitățile mele</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord Neutru	60 % 20% 20%
<i>Instrumentele de LA din 3DCampSim au furnizat feedback și mi-au fost utile pentru eficientizarea activităților mele</i>	Feedback	Absolut de acord De acord Neutru	40 % 40% 20%
<i>Instrumentele de LA din 3DCampSim m-au ajutat să monitorizez și analizez mai eficient activitățile mele</i>	Monitorizare și analiză	Absolut de acord De acord	20 % 80%
<i>Instrumentele de LA din 3DCampSim m-au ajutat să reflectez asupra performanțelor și activităților mele</i>	Reflectare	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>Elementele de gamificare din 3DCampSim m-au motivat să utilizez simulatorul și i-au asigurat acestuia un caracter ludic (similar jocurilor pe calculator)</i>	Adaptare	Absolut de acord De acord	40 % 60%
<i>In ansamblu (proiectare, funcționalități, instrumente analitice) 3DCampSim poate deveni un mediu eficient de învățare la distanță, complementar celor existente în prezent</i>	Eficiență	Absolut de acord De acord	70% 30%
Media		Absolut de acord De acord Neutru	46,4% 47,9% 5,7%

9.6 EVALUAREA EFICIENȚEI PEDAGOGICE A PLATFORMEI MOODLE

<http://tinyurl.com/oo2fs8s>

Date demografice: **8 studenți (2 fete, 6 băieți)**

În ceea ce privește utilizarea altor medii virtuale de învățare, cei 6 respondenți (studenți) au răspuns ca utilizează platforma Moodle (3), rețele sociale (2) sau alte medii (1).

Tabel 9.4 Rezultatele sondajului pentru evaluarea eficienței pedagogice a platformei Moodle

Intrebări	Răspunsuri [Nr]
<i>Pentru ce activități utilizați sistemul Moodle al facultății?</i>	Utilizez pentru studiu: 2 Ma informez despre cursuri, activități didactice: 6
<i>Cu ce frecvență accesați și utilizați sistemul Moodle al facultății?</i>	Zilnic: 2; Săptămânal: 1; Ocazional, la nevoie: 5
<i>Faceti o apreciere asupra utilității pentru învățare/predare cu sistemul LMS Moodle (s-a utilizat scala Likert de la 1 la 5).</i>	Foarte bun: 1 Bun: 4 Relativ bun: 3

9.7 EVALUAREA INTENȚIEI DE A UTILIZA TEHNOLOGIA DE CAMPUS 3D ONLINE

<http://tinyurl.com/o7d2elg>

Date demografice: **6 studenți (2 fete, 4 băieți)**

Tabel 9.5 Rezultatele sondajului pentru evaluarea intenției de utilizare a simulatorului CampSim

Intrebări	Răspunsuri [Nr]/[%]
<i>Intenționez să utilizez simulatorul pentru toate activitățile de predare/învățare</i>	0
<i>Intenționez să utilizez simulatorul pentru unele activități de predare/învățare/evaluare</i>	5 [83%]
<i>Aș vrea să fiu mai informat (a) înainte de a utiliza simulatorul</i>	1 [17%]
<i>Simulatorul 3D v-a creat probleme de anxietate?</i>	NU: 5; DA:1

9.8 INTERPRETAREA STUDIILOR DE CAZ ȘI A REZULTATELOR

Un simulator 3D este un mediu complex, cu un conținut bogat, numeroase scenarii posibile de utilizare și utilizatori conectați simultan. De aceea, evaluarea nu este o sarcină trivială, de obicei fiind bazată pe diferite metode de cercetare și studii de utilizatori. Aceste metode oferă o evaluare sintetică și necesită organizarea de studii de caz și experimente.

Pentru soluțiile noastre experimentale au fost elaborate metode pentru a valida **metoda automată de monitorizare a mediului virtual**, utilă pentru analiza predării și a învățării într-un simulator de campus 3D, într-un interval de timp suficient de lung [STEF,2015/4]. Metoda oferă o **evaluare multi-scop**, de exemplu, evaluarea utilizării mediului, evaluarea prezenței și a

activității studenților. Pe termen lung, aceasta asigură suportul pentru *studii longitudinale* și pentru servicii educaționale adaptive. Această metodă ajută, de asemenea, la crearea de instrumente de Learning Analytics într-un mediu 3D, atât cantitative cât și calitative.

Rezultatele din sistemul automat de monitorizare referitoare la **prezența la activități, participare socială și rezultate la teste și proiecte** au fost comparate cu cele de predare și învățare folosind tehnologii alternative. Indicatorul de implicare în platforma Moodle se bazează pe aceiași factori de ponderare și s-a obținut o valoare similară indicatorului LA, dar inferioară, ceea ce poate fi explicat prin faptul că simulatorul 3D a reușit să implice studenții mai mult.

Activitățile din simulator au fost concepute după cele reale, familiare profesorilor și studenților, și, prin urmare, mai ușor de urmat. Instrumentele de tip tablouri de bord (*dashbord*) sunt instrumente foarte puternice de prezentare sintetică, utilizate de experți pentru a înțelege și corela informații. Pentru cercetarea noastră am considerat utilă proiectarea de tablouri de bord cu diagrame cantitative mai explicite. Acestea pot fi accesate în zona administrativă a simulatorului și, de asemenea, prin intermediul HUD-urilor atașate avatarurilor, ca informații personale.

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 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. Auto-evaluarea și reflectarea asupra activității, ca beneficii ale instrumentelor de analiza LA, au fost mai puțin recunoscute, datorită timpului scurt de experimentare, și, prin urmare, vor fi necesare experimentări suplimentare.

În ceea ce privește **intenția de a utiliza** în viitor simulatorul de campus, 5 din 6 (83%) dintre utilizatorii chestionați au declarat ca 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.

9.9 COMPARATIE CU PRELUCRAREA AUTOMATA A DATELOR

Datele colectate automat evidențiază zonele vizitate mai frecvent, precum și participarea studenților la activitățile din mediul virtual și mijloacele de comunicare în mediu (text, voce, video). Datele au fost sintetizate în rapoartele de Learning Analytics.

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. Cifrele sunt similare: din graficul din (Fig. 9.3) se observă ca cei mai mulți utilizatori au fost în zonele de tip LABORATOR, MEETING ROOM și EXHIBIT ROOM, și mai puțini în zona de informare, denumită LOUNGE. Mai puțini au utilizat zona administrativă și exteriorul campusului.

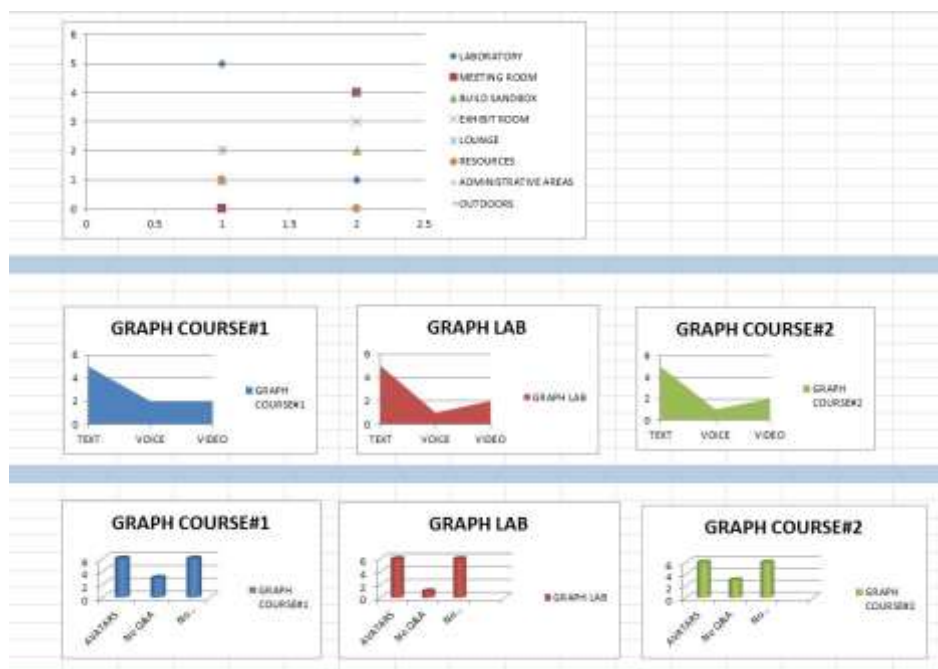


Figura 9.3 Prelucrarea datelor referitoare la prezența studenților la activități și modalități de comunicare [STEF,2015/4]

Cel mai utilizat mijloc de comunicare în mediul virtual a fost text-chat-ul (graficul din mijloc din Fig. 9.4).

Participarea la sesiunea de întrebări și răspunsuri (Q&A) a fost destul de slabă (graficul de jos din Fig. 9.4), indicatorul Q&A.

9.10 CONCLUZII PRIVIND VERIFICAREA IPOTEZEI CARE A STAT LA BAZA CERCETARII

Ipoteza generală de cercetare, 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 a fost verificată cu ajutorul **rezultatele 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”** (cap. 9.5 și 9.6).

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”** (cap. 9.4).

Instrumentele de LA, respectiv indicatorii cantitativi și calitativi sintetici, demonstrează utilitatea acestora și într-un mediu virtual 3D, a cărei utilizare este mai complexă. De asemenea, ușurința de integrare, precum și beneficierea de vizualizări 3D.

Împreună cu gamificația, instrumentele de LA pot măsura efortul de participare și performanța predării și învățării în mediul virtual 3D. Răspunsurile la întrebarea "Ce instrumente de interacțiune dintre utilizator și mediul 3D au fost considerate eficiente pentru învățarea colaborativă dar și individuală?" se regăsesc în rezultatele sondajului **“Evaluarea proiectării mediului virtual și a obiectelor educaționale”** (cap. 9.4).

Întrebarea **“Campusul 3D online poate fi un mediu eficient de învățare la distanță ?”** a fost evaluată prin sondajele de la cap. 9.4 și 9.7 **“Evaluarea intenției de a utiliza tehnologia de campus 3D online”**.

Perceperea eficienței pedagogice a simulatorului de campus a fost în medie de **94%**.

CAPITOLUL 10

10. PROTOTIPIZAREA SPAȚIULUI VIRTUAL 3D ȘI REUTILIZAREA RESURSELOR

10.1 MOTIVATIE

Platformele pentru mediile virtuale de învățare reprezintă doar infrastructuri, pe care trebuie construit mediul educațional. Modelarea funcțională a unui mediu virtual educațional pe platformele principale Second Life, OpenSim și Project Wonderland reprezintă un proces de durată, care necesită diferite competențe, pe lângă cele pedagogice. Pe lângă operațiile de authoring al mediului virtual și design instrucțional, cadrele didactice trebuie să-și însușească *metafore de comunicare și interacțiune specifice mediilor 3D*. Transpunerea, fie și parțială, a materialelor, obiectivelor și a metodelor pedagogice într-o dimensiune 3D (sau 2.5D), reprezintă o altă provocare tehnologică disruptivă.

Cu alte cuvinte, există o barieră tehnologică și o curbă de învățare pe care profesorii care vor să adopte platformele educaționale 3D trebuie să le depășească. Multe universități apelează la implementări realizate de către firme comerciale (Daden,2015;Digitally Design,2015), dar acestea pun accent pe tehnologie, nu pe necesitățile pedagogice (Gutl, 2011).

Pe de altă parte, noua generație de lumi virtuale în browser este încă în evoluție, iar mediile create în Unity3D nu oferă elementele de socializare care reprezintă una din componentele de bază ale lumilor virtuale.

Dacă în **capitolul 4.3.9.16** am menționat deficiențe funcționale, în acest capitol sunt abordate limitările privind crearea eficientă a unui mediu virtual 3D:

- există numeroase platforme 3DMUVE ne-interoperabile, care evoluează în paralel, așa cum sunt Second Life, OpenSim și Project Wonderland; alte platforme open source, ca Fedora Commons2, aduc îmbunătățiri la problemele legate de lumile virtuale (Fox, 2010), dar sunt mai puțin utilizate;
- există numeroase formate grafice competitive, dar nu un standard acceptat; formatul Collada este un format de *schimb de informații grafice*, care utilizează un limbaj descriptiv;
- obiectul Inventory este specific fiecărui avatar, deci trebuie realizate operații de transfer de obiecte și configurarea acestora cu drepturile corespunzătoare ;
- interacțiune redusă și metafore de interacțiune neintuitive;
- problema managementului utilizatorilor, care nu este asigurată de actualele viewer-e (Fox, 2010);
- lipsa unor interfețe front-end pentru automatizarea creerii conturilor de utilizatori OpenSim, cu excepția celei din distribuția Diva Distro (2015), care este proprietară;
- există puține resurse de conținut 3D pentru utilizări educaționale;
- în infrastructura client-server, este dificil de administrat partea de server de la distanță;
- nu există metodologii generale pentru crearea de lumi virtuale (Zender et al., 2009).

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, cât și pentru facilitarea actualizării, adaptării dar și administrării acestuia în timp, este necesară prototipizarea anumitor componente și o metodologie de proiectare.

În acest capitol sunt analizate abordări ale acestui subiect de către alți cercetători și sunt prezentate propunerile noastre pentru reproducerea și configurarea simulatorului educațional pentru diverse scenarii educaționale, precum și metode de prototipizare, gestiune și reutilizare a resurselor și a artefactelor (produse ale studenților) educaționale, care să reducă deficiențele actuale ale OpenSim, ca platformă de authoring lumi virtuale 3D online.

10.2 CERCETARI SIMILARE

10.2.1 Prototipizarea conținutului 3D al unui spațiu educațional

Problema prototipizării conținutului 3D al unui spațiu educațional fost abordată de Moro et al. (2010) și Baldi & Lopes (2012).

Moro et al. (2010) prezintă o metodă pentru automatizarea construcției unui mediu virtual 3D, bazat pe analiza unei fotografii preluate de la o cameră stereo. Prin această metodă se realizează o detecție automată a regiunilor de interes și extragerea obiectelor, care apoi se generează ca modele 3D. Se utilizează modele statistice pentru clasificare și un algoritm pentru construirea unei hărți 3D de obiecte, care descrie forma, poziția și înălțimea aproximativă a obiectului în mediul real. Metoda a fost experimentată și a dat rezultate bune pentru modelarea unui birou cu o masă și un scaun. Metoda prezentată de Moro et al. (2010) reprezintă o cercetare interesantă, dar mai greu de aplicat, deoarece utilizează algoritmi matematici de antrenare și clasificare, care nu au fost verificați pe medii grafice mai complexe. Metoda deschide o perspectivă originală asupra prototipizării conținutului arhitectural de interior.

Baldi & Lopes (2012) oferă un model de prototipizare a infrastructurii unui campus complex, cu ajutorul unei arhive OpenSim OAR, care cuprinde conținutul 3D și peste 100 de scripturi, o arhivă de 12 avataruri și un front-end.

10.2.2 Generarea automată a unui spațiu educațional

Freudenthaler (2011) a realizat o metodă pentru instanțierea automată a unui spațiu educațional în Second Life dintr-o interfață utilizator web. În Fig. 10.1 se prezintă arhitectura conceptului. Aceasta metodă a fost aplicată, de asemenea, pentru un spațiu educațional relativ simplu, dar poate fi generalizată pentru medii mai complexe.

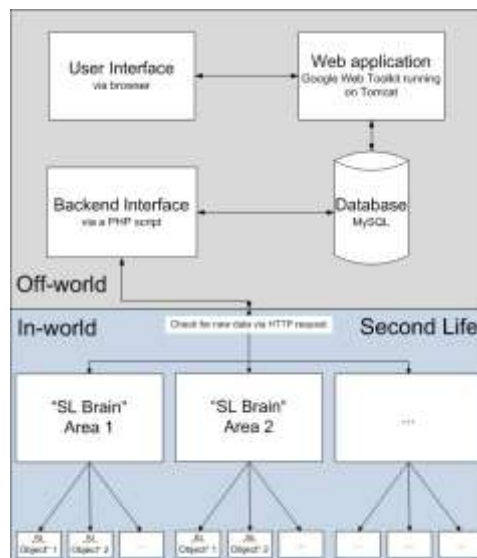


Figura 10.1 Arhitectura unui prototip de lume virtuală în Second Life (Freudenthaler, 2011)

10.2.3 Accesul programatic la serverul OpenSim

În cadrul proiectului „3DUPB” s-a realizat serviciul 3DUPB (Grădinaru, 2014) care comunică cu serverul OpenSim, și poate fi integrat în orice aplicație pentru comunicarea cu alte servicii (de ex., web) și aplicații (de ex., mobile). Serviciul realizează, de asemenea, procesarea informației pentru a fi transmisă către serverul OpenSim pentru operații de căutare de utilizator, servicii de gestionare a evenimentelor din spațiul virtual, configurarea regiunilor și funcții de supraveghere a acestora.

10.2.4 Generarea de lumi virtuale cu conținut și tool-uri X3D

Albion (2009) prezintă proiectul Web3D, o cercetare a standardelor deschise care permit vizualizarea de conținut 3D în pagini web. Motivația cercetării este simplificarea, în comparație cu mediile virtuale 3D specializate, a accesului la materialele 3D pentru profesorii care nu au abilități tehnice (Albion, 2009). Proiectul oferă exemple de aplicații Web3D, tool-uri de dezvoltare, un ghid pentru aplicarea Web3D în educație, o comunitate de practică online pentru profesorii care utilizează Web3D. Se exemplifică cu un skeleton de avatar care poate fi manipulat într-o pagina web. A fost dezvoltat un avatar ALIVE Classmate, care reprezintă fiecare participant și un editor pentru modelarea unui spațiu 3D virtual. Comunicarea se realizează prin Voice over IP (VoIP) sau text chat (Albion, 2009). Modelele 3D pot fi incluse în documente Microsoft Office. Cu aceste metode profesorii implicați în activitățile educaționale în lumi virtuale 3D se pot focaliza pe elemente mai importante, ca design-ul instrucțional sau proiectarea unui joc.

În Quintella et al. (2010) se analizează elemente din lumile virtuale care ar putea fi realizate utilizând standardul X3D: a) crearea de scene 3D prin descrieri specifice limbajului X3D; b) crearea de evenimente ca răspuns la interacțiunile utilizatorului prin utilizarea limbajului de scripting ECMAScript și a extensiilor sale; c) persistența datelor prin servicii web și ECMAScript care permit persistența stărilor la nivel de sesiune; d) interacțiunea cu interfețe web; e) interacțiunea dintre utilizatori; f) integrarea cu alte aplicații.

Rezultatele obținute sunt tool-uri X3D, o aplicație suport de dezvoltare, toolkitul DWeb3D.

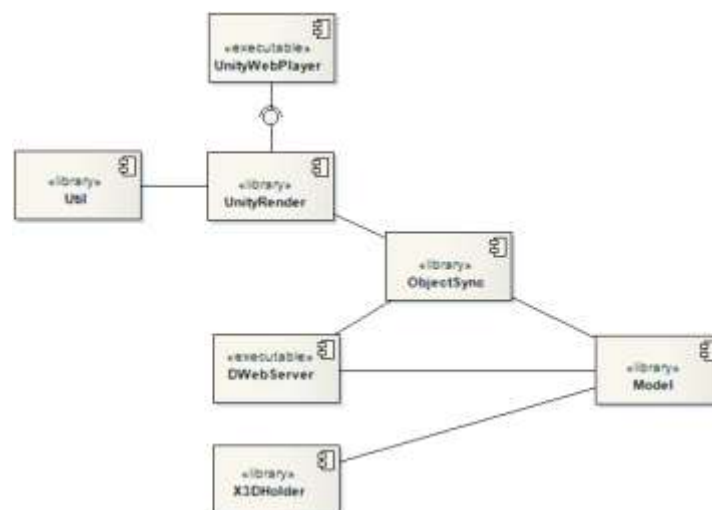


Figura 10.2 DWeb3D (Quintella et al., 2010)

Toolkit-ul integrează funcții de nivel coborât, de exemplu lucrul cu socketuri și threaduri. Obiectele dezvoltate de utilizator trebuie să implementeze o interfață a toolkitului. Pentru interacțiunea cu alte aplicații, graful X3D este convertit într-un graf Unity3D. Pentru interacțiunea cu interfața web, se utilizează Ajax3D. Se concluzionează că X3D permite dezvoltarea de lumi virtuale, deoarece poate trata lumi 3D individuale; X3D nu oferă un mediu ușor pentru dezvoltare; X3D nu tratează bine scenele mari; utilizarea kitului reduce însă cantitatea de cod necesară creării de aplicații 3D (Quintella et al., 2010).

În Franco și de Deus Lopes (2013) se prezintă crearea de modele 3D cu formatul X3D și învățarea programării, utilizând o abordare participativă a profesorilor și a studenților.

10.3 PROTOTIPIZARE SI FLUXURI DE LUCRU PENTRU CREAREA UNUI CAMPUS 3D IN OPENSIM

Crearea unui campus 3D online în OpenSim este un proces care cuprinde multe operații, descrise în capitolul 8. În acest capitol ne vom concentra pe prototipizarea în vederea reutilizării ansamblului de aplicații și conținut care constituie un campus virtual 3D online, valorificată și în articolul [STEF,2015/5].

10.3.1 Prototipizarea infrastructurii campusului

Abordarea noastră este apropiată de aceea descrisă în Baldi & Lopes (2012), în care simulatorul experimental poate fi reprodus prin reinstalarea arhivei OAR pe alte instanțe OpenSim.

În cazul OpenSim caracteristicile de arhivă OAR și IAR (Justin Blog, 2015) oferă o metodă de prototipizare foarte puternică. De aceea, o considerăm o metodă viabilă pentru transferul și reutilizarea infrastructurii care descrie lumea virtuală, cu toate elementele sale, conținut 3D și scripturi. Pentru a face uz de caracteristicile de extensibilitate ale OpenSim, simulatorul poate fi atașat la alte simulatoare existente, prin configurarea corespunzătoare a fișierului Region.ini.

Prototipizarea poate cuprinde și realizarea unor toolkit-uri pentru generarea automată a conținutului simulatorului, dar în cazul unui campus educațional, elementele componente sunt prea complexe pentru a fi generate automat. De aceea, este mai adecvată operația din subcapitolul următor. Artefactele 3D se pot converti în format X3D și vizualiza din browser sau aplicații specializate (Fig. 6.20). Deoarece programarea X3D/Web3D este destul de complicată, crearea de modele X3D poate reprezenta și un exercițiu de programare grafică 3D.

10.3.2 Metodologie de proiectare a unui campus 3D online multi-utilizator

Din experiența proiectării simulatorului de campus 3D online, recomandăm următoarea metodologie:

- Modelarea 3D a clădirilor și a spațiilor interioare;
- Adăugarea unor spații virtuale, complementare campusului real din punct de vedere arhitectural și funcțional;
- Crearea unei ambientări armonioase: spații deschise, iluminare adecvată, elemente de decor;
- Crearea de indicatoare de orientare și componente de teleportare;
- Augmentarea avatarurilor cu indicatori ai rolului în cadrul simulatorului (profesori, student, personal administrativ);

- Crearea de elemente care să îi rețină pe utilizatori în mediul virtual și să-i determine să revină: proiectare clară a activităților care pot avea loc în mediul virtual; proiectare pentru toate tipurile de utilizatori (Digitally Design,2015); proiectare elemente de gamificare pentru stimularea motivației și a competiției constructive; proiectare activități colaborative;
- Integrarea cu sistemul LMS al universității;
- Realizarea unor elemente de analiza a utilizării mediului pentru optimizări viitoare;
- Realizarea unor elemente de analitică a învățării (Learning Analytics/LA) pentru analiza efortului de participare și a performanțelor studenților și a profesorilor, precum și pentru adaptarea serviciilor educaționale la profilul și necesitățile utilizatorilor.

După prototipizarea funcțională și a conținutului, anumite componente din campusul 3D pot fi ușor modificate și adaptate după necesități.

Pentru o soluție de realitate mixtă la nivel de întreprindere (mai multe universități cu sute de participanți) se propune integrarea cu serverul și clientul Microsoft Lync (Microsoft Lync, 2015).

Diagrama de mai jos sintetizează fluxul și metodele de lucru recomandate pentru implementarea unui prototip de campus 3D online.

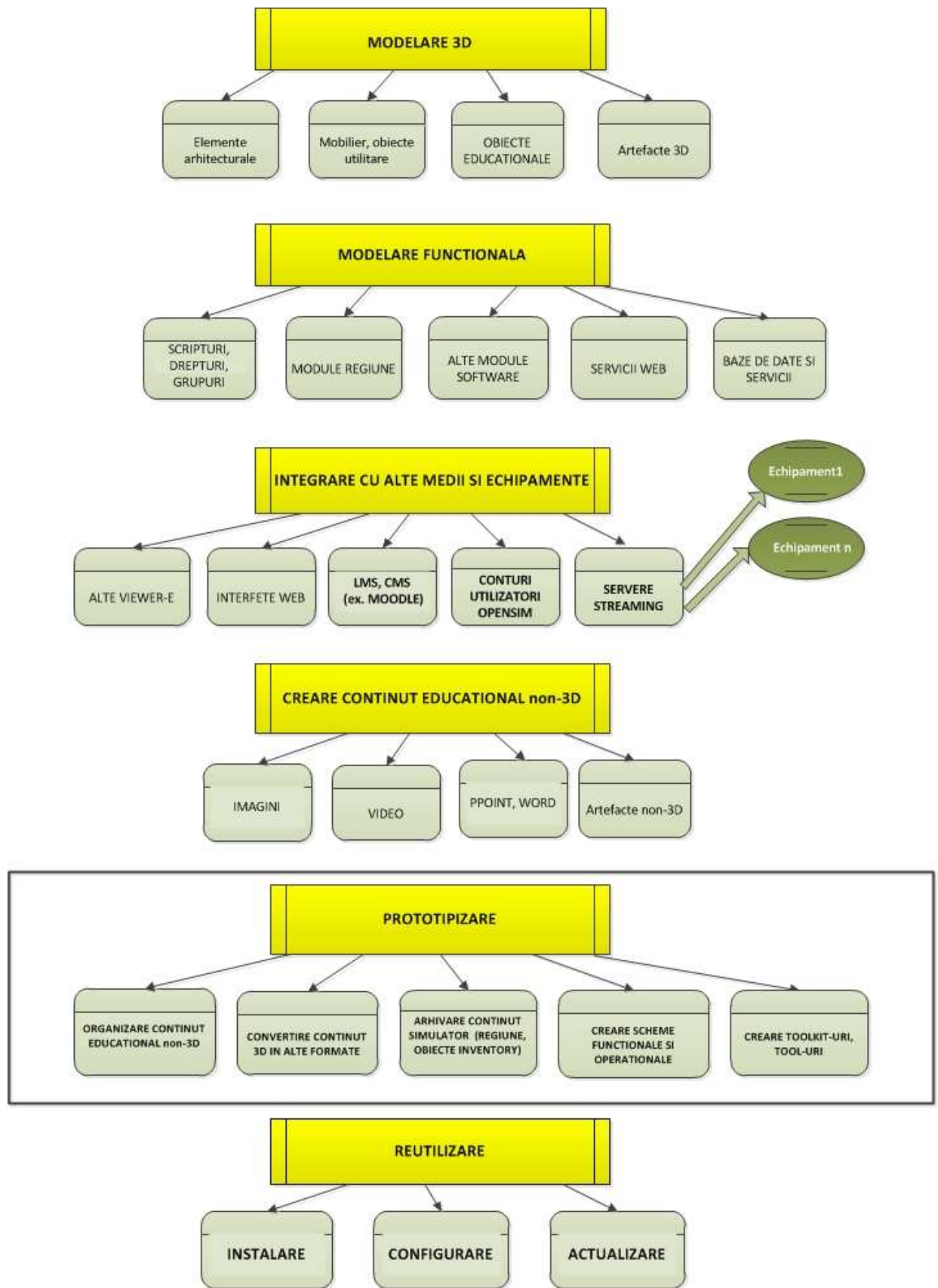


Figura 10.3 Diagrama metodologie de creare medii educaționale 3D de tip campus universitar (L. Ștefan)

CAPITOLUL 11

11. CONCLUZII

11.1 PERFORMANȚE ȘI LIMITE ALE PLATFORMEI OPENSIM

Platforma OpenSim de utilizare generală, derivată din Second Life, oferă multiple facilități pentru crearea unor medii virtuale 3D bogate în conținut și cu suport pentru interacțiune socială. Componentele pentru comunicare și interacțiune sociale cuprind text chat, voce, audio, grupuri de utilizatori sau grupuri de prieteni. Spre deosebire de Second Life, OpenSim este un mediu deschis și permite programarea în diferite limbaje, în LSL, C # sau OSL, oferind dezvoltatorilor mai multe posibilități pentru programarea de obiecte virtuale.

Majoritatea implementărilor în OpenSim fac uz de facilitățile mediului propriu-zis, care acoperă aproape orice funcționalitate dorită, inclusiv comunicarea cu baze de date și servicii web. Mai puține implementări exploatează mecanismele de creare de noi funcționalități sau de mashup de servicii. Modulele regiune (RM) sunt un mecanism versatil de extindere a framework-ului OpenSim, integrarea cu biblioteci externe specializate, sau crearea de conținut dinamic (*rezzing* de obiecte noi). RM permit realizarea de "addon-uri" pentru a izola funcționalitățile dinamice.

Considerăm ca facilitățile OpenSim sunt încă insuficient exploatate pentru crearea unor simulatoare educaționale de complexitatea unui campus universitar. Cercetarea de față a revelat următoarele 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:

- Limitări în cazul utilizării SQLite ca bază de date a simulatorului : nu pot fi activate opțiunile de configurare de grupuri;
- Sistemul de permisiuni nu funcționează corect;
- Există instabilități inexplicabile ale viewer-ului: închiderea, înghețarea sau probleme de redare a avatarului (Fig. 11.1) ;
- Pe o parcelă (fracțiune a regiunii) nu pot fi rulate simultan mai multe texturi video. Această problemă poate fi rezolvată prin distribuirea texturilor pe mai multe parcele/regiuni;
- Comunicațiile de chat între regiuni diferite nu funcționează, chiar dacă se setează opțiunea din interfața viewer-ului ;
- Interactivitatea obiectelor este limitată în ceea ce privește realizarea de acțiuni colaborative, altele decât cele de construcție 3D ;
- Construcția colaborativă 3D realizată din editorul viewer-ului necesită drepturi și prezintă riscuri (pierdere, alterare a conținutului) ;
- Nu există o integrare cu aplicații Office, iar comunicarea prin notecarduri este limitată;
- Nu există încă un viewer pentru dispozitive mobile care să ofere funcționalități grafice, similare celor desktop;
- OpenSim nu suportă încă un context MMO (mii de utilizatori): la conferințele comunității OpenSim *încărcarea maximă prevăzută a fost de 220 de avataruri* (Justin Blog, 2013; Gabrielova and Lopes, 2014), și aceasta după realizarea unor optimizări hardware.



Figura 11.1 Viewer-ul Singularity: probleme de redare a avatarului (L. Ștefan)

O parte din limitări pot fi rezolvate prin utilizarea distribuției Diva Canto, care include add-on-uri utile față de distribuția de bază (Diva Distro, 2015).

Datorită caracterului open-source al aplicației server OpenSim, la care se adaugă și cel al principalelor viewer-e, platforma este foarte utilă pentru înțelegerea funcționării mediilor virtuale 3D online.

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.

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.

11.2 PERFORMANȚE SI LIMITE ALE CERCETĂRII

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

Au fost implementate mai multe obiecte educaționale colaborative, obiecte de afișare dinamică de informații preluate dintr-o bază de date externă cât și obiecte de colectare de date din mediul virtual.

Realizările practice din prezenta 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 3 universități, două cu profil tehnic și una cu profil artistic**. Numărul limitat de utilizatori și perioada scurtă de experimentare au fost compensate în cazul evaluării simulatorului de campus 3D online prin utilizarea metodei de triangulație (Olsen, 2004), respectiv bazată pe combinarea informațiilor din mai multe surse de date: framework-uri de evaluare formală, preluate din literatură și adaptate; date empirice din răspunsurile la sondaje

ale utilizatorilor; date din sistemul de monitorizare automată a simulatorului de campus 3D online.

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 2 platforme.

Cercetarea curentă a utilizat componente software open-source sau gratuite. Nu au fost utilizate componentele SLOODLE, deoarece reprezintă o soluție proprietară și care realizează o integrare parțială a celor două platforme, OpenSim și Moodle. De asemenea, nu permite funcții multimedia (de ex. ca suport pentru realitate mixtă).

11.3 CONTRIBUȚII ORIGINALE

1. Sinteza comparativă a platformelor Second Life și OpenSim

În cap. 4, secțiunea 4.3.10, este prezentată o sinteză comparativă a caracteristicilor principalelor platforme 3D online multi-utilizator pentru realizarea de spații virtuale 3D, respectiv Second Life și OpenSim. Sunt listate caracteristicile tehnice considerate esențiale și numărul de implementări educaționale. Sinteza prezentată sub forma unui tabel este utilizabilă pentru o consultare rapidă. Într-o formă prescurtată, rezultatele au fost incluse în lucrarea [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). Toate aplicațiile implementate au fost evaluate cu elevi și studenți, rezultatele fiind prezentate pe larg în publicații științifice.

Au fost implementate 4 aplicații de **realitate augmentată (AR)** pe telefoane mobile pe platformele comerciale Layar și Junaio (secțiunea 6.1). Trei dintre ele vizează educația în istorie și arheologie și au fost prezentate în [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, și a fost prezentată într-un capitol de carte [GHEO, 2013]. Altă aplicație investighează modalități de a crea un joc educațional cu AR, pe baza unor principii de realizare a jocurilor constructiviste, și a fost prezentat în [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 (secțiunile 6.1.2 și 6.1.3). Rezultatele sunt publicate în [STEF,2013/2],[STEF,2013/3], [STEF,2014/3], [GHEO, 2015].

Platforma de **realitate virtuală** OpenSim a fost evaluată într-un experiment de realitate mixtă (secțiunea 6.2), prezentat în [STEF,2014/1] și într-un experiment de creare a unei comunități de învățare (Wenger, 1998) între 2 școli gimnaziale (secțiunea 6.3), prezentată în [STEF, 2014/2].

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

În secțiunea 2.18. este prezentat un studiu din literatură referitor la utilizarea mediilor imersive 3D pentru învățare colaborativă și imersivă. 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] sunt prezentate în secțiunea 8.1. Dintre acestea 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 – 3DCampSim

Pentru cercetarea aprofundată a utilizării platformelor de realitate virtuală online a fost implementat un simulator de campus pe platforma OpenSim. Proiectarea caracteristicilor arhitecturale, prezentată în secțiunea 8.7, reprezintă contribuție originală. Proiectarea caracteristicilor funcționale, prezentată în secțiunea 8.9, conține contribuții originale. O prezentare de ansamblu a implementării campusului 3D online este publicată în [STEF, 2015/3].

Detalii funcționale originale:

- a) **baza de date CampSim** pentru suportul unor funcții din simulatorul de campus (secțiunea 8.5).
- b) **modulul regiune CAMPSIMModule** (secțiunea 8.18), detalii publicate în [STEF,2015/2]. Este implementat ca add-on de tip Region Module la platforma OpenSim, care conține funcții pentru suportul unor caracteristici dinamice și persistența datelor din simulatorul de campus în baza de date CampSim.
- c) **augmentare avatar cu obiect identificator de rol** (secțiunile 8.9.4, 8.18). A fost definită o procedură de atașare la fiecare avatar a unui obiect identificator al rolului din sistem: profesor, student, administrator, vizitator. Au fost implementate funcții de scripting LSL și o funcție OpenSim MOD în C# din modulul regiune CAMPSIMModule, pentru lansarea automată a procedurii, după conectarea avatarului.
- d) **obiecte educaționale colaborative 3D** (secțiunile 8.9.1, 8.18). 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. Rezultate prezentate în [STEF,2015/2].
- e) **concept și implementare gamificare în simulatorul de campus** (secțiunea 8.16). Au fost proiectate și implementate reguli și obiecte de gamificare specifice mediului 3D, în legătură cu activitatea educațională a studenților și a profesorilor în cadrul simulatorului de campus, și în relație cu activități înregistrate în sistemul Moodle al universității. A fost concepută o regulă de gamificare și pentru motivarea profesorilor. Au fost implementate funcții de scripting LSL și o funcție OpenSim MOD, în C# în modulul regiune CAMPSIMModule, pentru afișarea de date în obiectul 3D LEADERBOARD (clasament), și de tip heads-up-display (HUD) - HUD_STUDENT, HUD_TEACHER. Rezultate publicate în [STEF,2015/1].
- f) **sistem de monitorizare a utilizării campusului 3D online și de integrare cu unele informații din sistemul LMS Moodle** (secțiunile 8.9.3, 8.18). Au fost proiectate și implementate funcționalități pentru obiecte de tip contor de prezență la curs și contor de vizitare. Acestea transmit numele activității curente, numărul vizitatorilor sau/și ID-ul avatarurilor. Au fost implementat scripting LSL și funcții OpenSim MOD pentru stocarea datelor în baza de date. Datele colectate pe termen lung pot fi utilizate pentru analiza eficienței utilizării 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. În plus, acestea sunt corelate și cu date din sistemul Moodle. Rezultate prezentate în [STEF,2015/4].

- g) **concept și implementare Learning Analytics (LA) în simulatorul de campus** (secțiunea 8.21). A fost propusă implementarea de instrumente de analitică a învățării (LA) pentru măsurarea efortului de participare a studenților și profesorilor la activitățile din simulatorul de campus. Pentru demonstrarea conceptului și a utilității au fost proiectate instrumente de raportare de LA, respectiv 3 rapoarte de tip *dashboard*, stocate în cloud (Google Sheets), accesibile din obiectele 3D HUD_STUDENT și HUD_TEACHER. Rezultate prezentate în [STEF, 2015/4].

6. Sinteza mecanismelor de extensibilitate ale platformei OpenSim

Având în vedere faptul ca există mai multe mecanisme de extensibilitate ale platformei OpenSim, iar pe de altă parte, că documentația OpenSim (OpenSim wiki, 2015) nu oferă o prezentare sistematică, fiind organizată ca web wiki, am considerat utilă realizarea unei sinteze care să cuprindă mecanisme și cazuri de utilizare (secțiunea 8.13). Tabelul de sinteză se regăsește și în [STEF, 2015/2].

7. Metodologie de proiectare, prototipizare, flux de lucru, recomandări de bună practică

O propunere de metodologie de proiectare, flux de lucru și recomandări de bună practică pentru implementarea eficientă a unui simulator complex de tip campus universitar este prezentată în secțiunea 10.3. De asemenea, o propunere de utilizare a standardului X3D pentru prototipizarea conținutului 3D. Metodologia reprezintă o sinteză a rezultatelor cercetării proprii, a experienței de cercetare de la CYI (secțiunea 6.5), și a rezultatelor unor cercetări similare. Prezentată în [STEF, 2015/5].

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

Pentru a avea o relevanță crescută pentru validarea simulatorului de campus, au fost selectate grupuri diferite de utilizatori, de la 2 universități tehnice (UPB și Româno-Americană) și o universitate vocațională (UNA București), experimentele fiind prezentate în secțiunile 9.3-9.10. De asemenea, s-au utilizat și adaptat framework-uri formale preluate din literatură pentru analiza calității proiectării obiectelor educaționale, a eficienței pedagogice a mediului virtual 3D și a acceptanței tehnologiei. Întrebările din sondajele de utilizator, prelucrările statistice și interpretarea rezultatelor sunt contribuții ale autoarei tezei.

9 Sinteza performan'elor platformei OpenSim

Ca rezultat al cercetărilor proprii se prezintă o sinteză (secțiunea 11.1) a aspectelor pozitive și a deficiențelor constatate în utilizarea platformei OpenSim pentru implementarea unui simulator complex de campus universitar.

11.4 PERSPECTIVE ALE CERCETĂRII

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

Prelucrarea cu proceduri de minerit de date și machine learning asupra datelor colectate din utilizarea simulatorului de campus 3D online reprezintă o specializare în sine, și poate fi implementată în cadrul unor *studii longitudinale* (care cuprind perioade mari de timp), pentru implementarea de sisteme de decizie și servicii educaționale adaptive. De asemenea, pentru realizarea unor instrumente de *evaluare obiectivă a eficienței* utilizării unui mediu virtual 3D pentru predare, învățare și evaluare.

12. LISTA PUBLICAȚIILOR ȘTIINȚIFICE ÎN PERIOADA 2012-2015

12.1 In conexiune cu subiectul tezei

- [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, CNCISIS 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), trimisă 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 publicare*.
- [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**).

12.2 Alte publicații corelate cu subiectul tezei

- [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**).

12.3 SCHIMB DE EXPERIENȚA

Schimb de experiență de 3 săptămâni în perioada 8-30.09. 2014 la Cyprus Institute of Technology, sub coordonarea domnului profesor Sorin Hermon.

12.4 CONSORTIU DOCTORAL

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

12.5 PROIECTE DE CERCETARE

Proiectul „3DUPB”, Universitatea POLITEHNICA din București.

Google Scholar Citation Index

https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=rFtVLI0AAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate

Indicele h=2, calculat din 2010

13. BIBLIOGRAFIE

- [1] Abas, Z. W. (2011). Ubiquitous Learning for the 21st Century: Implications for Higher Education, In: Global Learn Asia Pacific Conference (Global Learn 2011): Invited Paper, Melbourne, Australia.
- [2] Abt, C. C. (1970). Serious Games. Viking Press.
- [3] Albion, P. (2009). Mere mortals creating worlds: low threshold 3D virtual environments for learning, The International Journal of Learning, 16 (6), http://eprints.usq.edu.au/5803/2/Albion_IJL_2009_PV.pdf.
- [4] Aldrich, C. (2004). Six Criteria of an Educational Simulation, <http://www.e-learningcentre.co.uk/eclipse/Resources/simulation.htm>.
- [5] Aldrich, C. (2009). Learning online with games, simulations and virtual worlds. Strategies for online instruction, Jossey-Bass. San Francisco.
- [6] Aleven, V., & Koedinger, K. R. (2000). Limitations of student control: Do students know when they need help? In Gauthier, G., Frasson, C. & VanLehn, K. (Eds.), Proceedings of the 5th international conference on intelligent tutoring systems, ITS 2000, pp. 292–303. Berlin: Springer.
- [7] Alsheail A. (2010). Teaching English as a second/foreign language in a ubiquitous learning environment: A guide for ESL/EFL instructors, <http://csuchico-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.4/184/5%209%202010%20Abdulrahman%20Alsheail.pdf?sequence=1>.
- [8] Amory, A. (2007). Game object model version II: A theoretical framework for educational game development. Educational Technology Research and Development, 55(1), pp. 51–77.
- [9] Anabuki, M., Kakuta, H., Yamamoto, H., & Tamura, H. (2000). Welbo: An Embodied Conversational Agent Living in Mixed Reality Space, Proceedings of Human Factors in Computing System (CHI 2000), Hague, The Netherlands, pp. 10-11.
- [10] Anderson J., & Rainie L. (2012). The Future of Gamification, <http://www.pewinternet.org/Reports/2012/Future-of-Gamification/Overview.aspx>.
- [11] Anderson, A., & Bavelier, D. (2011). Action game play as a tool to enhance perception, attention and cognition. In S. Tobias & J. D. Fleycher (Eds.), Computer games and instruction, pp. 307–330. Charlotte: Information Age Publishing: IAP.
- [12] Andronescu, E., & Burileanu, C. (2012). 3DUPB - the 3D MMO real-time replica of University Politehnica of Bucharest, Politehnica Press - Advances in Engineering from Theory to Application, ISBN 978-606-515-381-3.
- [13] Annetta, L. A., Folta, E., & Klesath, M. (2010). Use of Virtual Learning Environments in Distance Education. In V-Learning - Distance Education in the 21st Century Through 3D Virtual Learning Environments, pp. 35-56. Springer Netherlands.
- [14] Applin, S. A. & Fischer, M. (2011). A Cultural Perspective on Mixed, Dual and Blended Reality, in IUI - Workshop on Location Awareness for Mixed and Dual Reality (LAMDa'11), Palo Alto California, USA.
- [15] Arangarasan, R. & Phillips JR., G. N. (2002). Modular approach of multimodal integration in a virtual environment. In Proceedings of the 4th IEEE IEEE Computer Society, Washington, DC, 331–336. International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'02). IEEE Computer Society, Washington, DC, pp 331–336.
- [16] Arangarasan, R., Arns, L & Bertoline, G. (2003). A portable passive stereoscopic system for teaching engineering design graphics, paper presented at the American Society for Engineering Education (ASEE) Engineering Design Graphics Division 58th Annual Midyear Meeting (November), Scottsdale, Ariz., pp. 99–116.
- [17] Arth C. & Schmalstieg D. (2010). Challenges of Large Scale Augmented Reality on Smartphones, Graz University of Technology, Austria.

- [18] Azuma R., Baillet Y., Behringer, R. & Blair, M. (2001): Recent Advances in Augmented Reality, HRL Laboratories, NRL Virtual Reality Lab/ITT Advanced Engineering, Rockwell Scientific, Georgia Institute of Technology.
- [19] Azuma, R. (1997): A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Envi-ronments. Vol. 6, No. 4, pp 355-388.
- [20] Balcişoy, S., Kallmann, M., Torre, R., Fua, P. & Thalmann, D. (2001). Interaction Techniques with Virtual Humans in Mixed Environments, Proceedings of International Symposium on Mixed Reality (ISMAR 2001), Tokyo, Japan.
- [21] 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.
- [22] Ballagas, R., Rohs, M., Sheridan, J. G. & Borchers, J. (2005). BYOD: Bring Your Own Device, UBICOMP, disponibil la: <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/rohs-byod-2004.pdf>, Accesat 2014.
- [23] Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R. & Tuzun, H. (2005). Making Learning Fun: Quest Atlantis, A Game Without Guns, ETR&D, Vol. 53, No. 1, ISSN 1042-1629, pp. 86-107.
- [24] 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.
- [25] Barab, S., Hay, K. E., Barnett, M. & Keating, T. (2000). Virtual solar system project: Building understanding through model building, Journal of research in science teaching, vol. 37, no. 7, pp. 719-756.
- [26] Barakonyi, I., Weilguny, M., Psik, T. & Schmalstieg, D. (2005). Monkey-Bridge: Autonomous Agents in Augmented Reality Games. In: Proceedings of the ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Valencia, Spain.
- [27] Bărbieru D., Radu C., Roceanu I. & Beligan D. (2014). Developing learning modules for LMS, Proceeding of the 10th International Scientific Conference eLearning and software for Education, (eLSE 2014), Accesat 2014.
- [28] Bartle, R. (1996). Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs. Journal of MUD research 1 (1), 19, 1996. 1101.
- [29] Bassani, P. B. S. (2014): Virtual Learning Communities: Interaction in Blended Learning, DOI: 10.4018/978-1-4666-4574-5.ch001, www.academia.edu, Accesat 2014.
- [30] Bedford, C., Birkedal, R., Erhard, J., Graff, J., Hempel, C., Minde, B. & York, J. (2006). Second Life as an educational environment: A student perspective. In D. Livingstone & J. Kemp (Eds.), Proceedings of the Second Life Education Workshop at the Second Life Community Convention, University of Paisley, UK., pp. 25-26, <http://www.simteach.com/SLCC06/slcc2006-proceedings.pdf>.
- [31] Belcher D. (2008). Augmented Reality, Architecture and Ubiquity: Technologies, Theories and Frontiers, thesis, University of Washington.
- [32] Belimpasakis, P.: From Social Networks and Web Mash-ups towards Mixed Reality. Mixed Reality Solutions. Nokia Research Center, Tampere, Finland. Accesat 2013.
- [33] Bell, A. (2009). Exploring Web.2.0: Second Generation Interactive Tools-Blogs, Podcasts, Wikis, Virtual Worlds, and More, Kathy Crossing Press, Georgetown.
- [34] 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>.
- [35] Bersin, J. (2004). The Blended Learning Book: Best Practices, Proven Methodologies, and Lessons Learned. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- [36] Berthelot R., B., & et al., Improving Reusability of Assets for Virtual Worlds while Preserving 3D Formats Features, Journal of Virtual Worlds Research, <http://jvwresearch.org>.
- [37] Bessière, K., J. B., Ellis, W. A. & Kellogg. (2009). Acquiring a professional "second life": Problems and prospects for the use of virtual worlds in business, CHI EA 09, pp. 2883-2898.

- [38] Bestebreurtje, T. (2007). *Second Life: A model for Application – Generic Web support for Serious Games for SL and beyond*, VU University, Amsterdam.
- [39] Billinghurst, M. (2002). *Augmented Reality in Education*, http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/ar_edu.pdf
- [40] Bimber O. & Raskar R. (2005). *Spatial Augmented Reality, Merging Real and Virtual Worlds*, CRC Press, Taylor and Francis, ISBN-13: 000-1568812302.
- [41] Biocca F., Cakmakci O. & al. (1998). *Virtual & Augmented Reality: 3D environments, avatars, and anthropomorphic agents*. Department of Telecommunication, Michigan State University East Lansing.
- [42] Blandin B. (2000). *Open and distance learning within the world of vocational training and lifelong learning, Part I Open and Distance Learning: an overall survey at the beginning of 2000*.
- [43] Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay Co Inc.
- [44] Blume, B. D., J. K., Ford, T. T., Baldwin, J. L. & Huang. (2010). *Transfer of training: A meta-analytic review*, *Journal of Management*, 36, pp. 1065-1105.
- [45] Brown J., S. & Adler, R., P. (2011). *Minds on fire. Open Education, the Long Tail, and Learning 2.0*. Accesat 2013.
- [46] Brown, K. G. (2005). *An examination of the structure and nomological network of trainee reactions: A closer look at —smile sheets*. *Journal of Applied Psychology*, 90, pp. 991-1001.
- [47] Brown, M. (2010). *Learning Initiative*, www.educause.com, ELI Paper 2: 2010.
- [48] Burdea, G. & Coiffet, Ph. (2003). *Virtual Reality Technology*. Second Edition, Wiley.
- [49] Burden, D. (2010). *Immersive Environments for Learning*. Education and Training, www.daden.co.uk, Accesat 2014.
- [50] Callaghan, V., Shen, L., Gardner, M., Shen, R. & Wang, M. (2008). *A Mixed Reality Approach to Hybrid Learning in Mixed Culture Environments*, In *Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies, and Applications*, IGI Global, pp 260-283.
- [51] Camilleri, V., de Freitas, S., Montebello, M., & McDonagh-Smith, P. (2013). *A case study inside virtual worlds: Use of learning analytics for immersive spaces*, *Proceedings of the 3rd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (230–234)*. New York: ACM Press.
- [52] Casey, J. C. (2010). *Scaling OpenSimulator: An Examination of Possible Architectures for an Internet Scale Virtual Environment Network*, Thesis, Kellogg College, University of Oxford.
- [53] Cassell, J., Ananny, M., Basu, A., Bickmore, T., Chong, P., Mellis, D., Ryokai, K., Smith, J., Vilhjálmsson, H. & Yan, H. (2000). *Shared Reality: Physical Collaboration with a Virtual Peer*, *Proceedings of Human Factors in Computing System (CHI 2000)*, The Hague, The Netherlands, pp. 259-260.
- [54] Castronova E. (2005). *The synthetic world - The business and culture of online games*, University of Chicago Press.
- [55] Cavazza, M., Charles, F., Mead, S.J., Martin, O., Marichal, X. & Nandi, A. (2004). *Multimodal Acting in Mixed Reality Interactive Storytelling*, *IEEE Multimedia* 11(3), pp. 30-39.
- [56] 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.
- [57] Cheal, C. (2015). *Student perceptions of a course taught in Second Life*. *Innovate*, http://www.innovateonline.info/pdf/vol5_issue5/Student_Perceptions_of_a_Course_Taught_in_Second_Life.pdf.
- [58] Chen, M. (2009). *Communication, coordination, and camaraderie in World of Warcraft*. *Games and Culture*, 4, pp. 47–73.

- [59] Churchill, E. F. & Snowdon, D. (1998). Collaborative Virtual Environments: An Introductory Review of Issues and Systems. *Virtual Reality: Research, Development and Applications* 3(1), pp. 3-15.
- [60] Clark, A. (1997). *Putting Brain, Body, and World Together Again*, Cambridge, MA:MIT Press.
- [61] Coban, M., T., Karakus, A., Karaman, F., Gunay & Goktas, Y. (2015). Technical Problems Experienced in the Transformation of Virtual Worlds into an Education Environment and Coping Strategies, *Educational Technology & Society*, 18 (1), pp. 37–49.
- [62] Cochrane, T. & Bateman, R. (2010). Smartphones give you wings: Pedagogical affordances of mobile Web 2.0, *Unitec New Zealand, Australasian Journal of Educational Technology*, 26(1), pp. 1-14.
- [63] Conole, G. (2013). *Designing for learning in an open world* (Vol. 4). Springer. <http://cloudworks.ac.uk/cloudscape/view/2155>.
- [64] Conole, G., & Alevizou, P. (2010). A literature review of the use of Web 2.0 tools in HigherEducation, <http://tinyurl.com/33ujhfa>.
- [65] 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.
- [66] Costanza, E., Kunz, A. & Fjeld M. (2009). *Mixed Reality: A Survey*. Invited book chapter in *Human machine interaction*, LNCS 5440, pp. 47-68, Editura Springer.
- [67] Craig A.B., Sherman, W. R. & Will, J. D. (2009). *Developing Virtual Reality Applications*, Morgan Kaufman Publishers.
- [68] 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.
- [69] Cross, J. (2004). An informal history of eLearning. *Horizon*, 12(3), 103-110. <http://internettime.com/Learning/articles/xAn%20Informal%20History%20of%20eLearning.pdf>, accesat 2015.
- [70] Cruz-Benito, J., Sanchez, R. T. & Lucas, E. P.(2013). Soluciones Visuales Interactivas aplicadas a Grandes Volúmenes de Datos de Entornos 3D de Aprendizaje y Prácticas, https://www.academia.edu/5650023/Soluciones_Visuales_Interactivas_aplicadas_a_Grandes_Vol%C3%BAmenes_de_Datos_de_Entornos_3D_de_Aprendizaje_y_Pr%C3%A1cticas, Accesat 2015.
- [71] Cudworth, A. (2014). *Design of Virtual Worlds: Creating Immersive Virtual Spaces*, Taylor & Francis, ISBN: 9781466579613.
- [72] Dalgarno, B., Lee, M. J. W., & Carlson L. (2010). 3D immersive virtual worlds in higher education: An Australian and New Zealand scoping study, *School of Education Charles Sturt University*.
- [73] Damer, B. (2008). A brief history of virtual worlds as a medium for user-created events. *Journal of Virtual Worlds Research*, 1(1).
- [74] Danelli, F. (2015). Implementing Game Design in Gamification, *Gamification in Education and Business*, Torsten Reiners and Lincol C. Woods (eds.), pp. 67-79.
- [75] Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance. *MIS Quarterly*, 13 (3), 319-340.
- [76] de Freitas, S. (2006). Learning in immersive worlds: a review of game based learning, *JiSC*. www.jisc.ac.uk/whatwedo/programmes/elearninginnovation/outcomes.aspx.
- [77] 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.
- [78] 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.

- [79] De Lucia, A., Francese, R., Passero, I. & Tortora, G. (2009). Development and evaluation of a virtual campus on Second Life: The case of SecondDMI, *Computers & Education* 52 (1), 220-233
- [80] DeCoursey, C. & Garrett, S. (eds.). (2014). *Teaching and Learning in virtual Worlds*, Interdisciplinary Press.
- [81] Dede, C. (2005). Planning for neomillennial learning styles. *Educause Quarterly* 28, 1, <http://www.educause.edu/pub/eq/eqm05/eqm0511.asp?bhcp=1>, Accesat 2014.
- [82] Dede, C. (2009). *Immersive Interfaces for Engagement and Learning*, Harvard Graduate School of Education.
- [83] Derryberry, A. (2011). *Serious Games: online games for learning*, <http://seriousgames.ning.com/forum/topics/show?id=630751%3ATopic%3A13204>, 2007.
- [84] Deterding, S. & et al. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification, *Mindtrek Proceedings*.
- [85] Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L. E., & Dixon, D. (2011). Gamification: Toward a definition. In *CHI 2011 Gamification Workshops*, Vancouver, BC, Canada. <http://hci.usask.ca/publications/view.php?id=219>
- [86] Dewey, J. (1938). *Experience & Education*. New York, NY: Kappa Delta Pi., ISBN 0-684-83828-1.
- [87] Diaz, V. (2010). *Blended Learning: A Report on the ELI Focus Session*, www.educause.com.
- [88] Dickey, M. D. (2003). Teaching in 3D: Pedagogical Affordances and Constraints of 3D Virtual Worlds for Synchronous Distance Learning, *Distance Education*, Vol. 24, No. 1. Miami University.
- [89] Dickey, M. D. (2010). The pragmatics of virtual worlds for K-12 educators: investigating the affordances and constraints of active worlds and Second Life with K-12 in-service teachers. *Educational Technology Research & Development*, 59(1), pp. 1-20.
- [90] 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.
- [91] Dillenbourg P. (2000). Learning In The New Millennium: Building New Education Strategies for Schools, Virtual learning environments, EUN Conference 2000, Workshop On Virtual Learning Environments.
- [92] Dionisio, J. D. N., Burns, W. G. III & Gilbert, R. (2013). *3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities*. Computer Science Faculty Works.
- [93] Dohi, H. & Ishizuka, M. (2009). A life-like agent interface system with second life avatars on the opensimulator server. In *Proceedings of the 3d international conference on online communities and social computing: Held as part of hci international 2009*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 182-190.
- [94] Dondlinger, M. J. (1987). Educational Video Game Design: A Review of the Literature. *Journal of Applied Educational Technology*, vol. 4 num.1, http://www.eduquery.com/jaet/JAET4-1_Dondlinger.pdf
- [95] Downes, S. (2011). Open Educational Resources: A definition. Blog post <http://halfanhour.blogspot.com/2011/07/open-educational-resources-definition.html>.
- [96] Downes, S. (2008). Places to go: Connectivism & Connective Knowledge. *Innovate* 5 (1). <http://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=innovate>.
- [97] Drachen, A. & Schubert, M. (2013). *Spatial Game Analytics*, Game analytics, Editura Springer.
- [98] Drašil, P. & Pitner T. (2006). *E-learning 2.0 Environment – Principles, Technology and Prototype*, I-KNOW 2006, Graz, Austria.
- [99] Duffy, T. M. & Cunningham, D. J. (1997). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction, in Jonassen, D. (Ed.) *Handbook of Research in Education, Communication and Technology*. New York: Macmillan.

- [100] Egenfeldt-Nielsen, S. (2007). Third generation educational use of computer games, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 16(3), 263.
- [101] Ehrmann, S. (1999). Studying teaching, learning and technology: a tool kit from the Flashlight programme. *Active Learning*, 9, 36–39.
- [102] European Commission. (2000). e-Learning-Designing tomorrow's education, Commission of the European Commission, disponibil la http://europa.eu/legislation_summaries/education_training_youth/lifelong_learning/c1104_6_en.htm, Accesat 2015 .
- [103] Fagerhold, M. L. E. (2015). Beyond the HUD User Interfaces for Player Immersion in FPS Games, Interaction design master's program, IT-Universitetet, Chalmers Tekniska Högskola, <http://www.slideshare.net/DICEStudio/beyond-the-hud-user-interfaces-for-increased-player-immersion-in-fps-games>.
- [104] Fällman, D., Backman, A., & Holmlund, K. (1999). VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments, Department of Informatics, Umeå University, HPC2N/Centrum för Utbildningsteknik, Centrum för Utbildningsteknik.
- [105] Fang Y. et.al .(2011) An Optimized Player Taxonomy Model for Mobile MMORPGs with Millions of Users, School of Communication and Design, Sun Yat-Sen University, Guang Zhou, China, Department of Computer Science and Engineering, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, Gameislive Corporation, Kowloon, Hong Kong.
- [106] Felicia, P. (2009). Digital games in schools: A handbook for teachers, european Schoolnet, Partnership AiSbl: Belgium, http://games.eun.org/upload/GIS_HANDBOOK_EN.PDF.
- [107] Ferche, O. A. (2014). Lucrare de dizertație, Contribuții la dezvoltarea platformei 3DUPB - Replica virtuală masiv multiutilizator în timp real a Universității POLITEHNICA din București.
- [108] Fernández-Gallego, B., M., Lama, J.C., Vidal, M., & Mucientes. (2013). Learning analytics framework for educational virtual worlds, *Procedia Computer Science*, 25, 443-447.
- [109] Fielding, Roy Thomas. (2000). Representational State Transfer (REST). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (Ph.D.). University of California, Irvine.
- [110] Fox, M. R., Kelly, H., & Patil, S. (2010). Medulla: A cyberinfrastructure-enabled framework for research, teaching, and learning with virtual worlds. In W. S. Bainbridge (Ed.), *Online worlds: Convergence of the real and the virtual* (p. 87-100). Springer London.
- [111] Franco, J. F., & de Deus Lopes, R. (2013). Using X3DOM for Promoting Students' Digital and Visual Literacy at K-12 Education: a Use Case. In *Proceedings Web3D 2013*, ACM, June 20 – 22, San Sebastian, Spain.
- [112] Freudenthaler, S. (2011). Flexible learning settings in Second Life. Unpublished master's, Graz University of Technology, http://www.iicm.tugraz.at/thesis/MA_Stefan_Freudenthaler.pdf.
- [113] Fulantelli, G., & D., Taibi. (2014). Learning Analytics in open education: An overview, The International Scientific Conference eLearning and Software for Education eLSE 2014, "Carol I" National Defence University, Vol. 4, pp. 231-236.
- [114] Gabrielova E., & Lopes, C. V. (2014). Impact of Event Filtering on OpenSimulator Server Performance, *Proceedings of the 2014 Summer Simulation Multiconference*, 31.
- [115] Gagné, A. (2011). Visually exploring player strategies with pathways, a visual analytics tool . MSc. thesis, Simon Fraser University, Burnaby.
- [116] Gagne, R. (1987). *Instructional Technology Foundations*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc.
- [117] Ganovelli, F., & Corsini, M. (2009). eNVyMyCar: a multi-player car racing game for teaching.
- [118] 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.

- [119] Gardner, Marie Luce O' Driscoll. (2011). MiRTLE (Mixed-- Reality Teaching and Learning Environment): from prototype to production and implementation, EC-- - TEL 2011 conference.
- [120] Garisson, D. R., Anderson, T. (2003). E-learning in the 21th Century: A Framework for Research and Practice, London Routledge/Flamer.
- [121] Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation and learning: A research and practice model. In *Simulation and Gaming*, 33(4), 441–467.
- [122] Gartner. (2007).Gartner Says 80 Percent of Active Internet Users Will Have A "Second Life" in the Virtual World by the End of 2011, <http://www.gartner.com/newsroom/id/503861>, Accesat 2014.
- [123] Geddes, S., J. (2004) Mobile learning in the 21st century: benefit for learners. Knowledge Tree e-journal: An ejournal of flexible learning in VET, Vol. 30 No.3, 214-28.
- [124] Gee, J. P. (2003).What video games have to teach us about learning and literacy.New York: Palgrave/St. Martino.
- [125] Gell-Mann, M. (1994). The quark and the jaguar:Adventures in the simple and the complex. Freeman.NewYork.
- [126] Gheorghiu, D., & Ștefan, L. (2013). In between: experimenting liminality, in Lanfranco Aceti & Richard Rinehart (ed.), *Leonardo Almanach, Not Here, Not There*, ISBN: 978-1-906897-20-8, vol. 19 (1), pp. 44-61 (capitol carte).
- [127] 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).
- [128] Girvan, C., T., & Savage (2010). Identifying an appropriate pedagogy for virtual worlds: A Communal Constructivism case study, *Computers & Education* 55, 342–349.
- [129] Grădinaru, A. (2014). *Lucrare de disertație, Contribuții la dezvoltarea platformei 3DUPB - Replica virtuală masiv multiutilizator în timp real a Universității POLITEHNICA din București.*
- [130] Gütl,C., L. F., Gu, N., & Williams,A. (2008). Virtual worlds as a constructivist learning platform: evaluations of 3D virtual worlds on design teaching and learning, www.itcon.org, Accesat 2014.
- [131] Gütl C. (2009a). The Support of Virtual 3D Worlds for enhancing Collaboration in Learning Settings, Institute for Information Systems and New Media, Graz University of Technology, Austria.
- [132] Gütl, C. (2009b). E-Learning in modern Learning Settings: Recent Research Activities, Technical University of Graz.
- [133] Gütl, C. (2011). The support of the 3D virtual worlds for enhancing collaboration in learning settings. In D. P. Francesca Pozzi (Ed.), *Techniques for fostering collaboration in online learning communities: Theoretical and practical perspectives*. pp. 278-299. Hershey: IGI Global.
- [134] Gütl, C., Chang, V., & Freudenthaler, S. (Eds.). (2010). How to support more flexible learning settings in Second Life. in Auer, M.E. and Schreurs, J. (ed), 13th International Conference on Interactive Computer Aided Learning, Sep 15 2010, pp. 129-141. Hasselt, Belgium: Kassel University Press.
- [135] Hamilton, K. E. (2011). *Augmented Reality in Education*, <http://portal.sliderocket.com/AMIVA/SXSWkh>
- [136] Heilig, M. (2008). http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_mor.
- [137] Heim, M. (1993). *The Metaphysics of Virtual Reality*,OUP.
- [138] Henckel, A., & C. V. Lopes. (2015), *Stellarsim: A plug-in architecture for scientific visualizations in virtual worlds*. In O. Akan et al. (Eds.), *Facets of virtual environments* Vol. 33, pp. 106-120). Springer Berlin Heidelberg, 2010, Accesat 2015.

- [139] Herlo, D. (2012). Virtual learning environments tools used in higher education, In Proceedings of eLSE 2012 - eLearning and Software for Education.
- [140] 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, Busteni.
- [141] Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2013). Use of Web 2.0 Technologies in K-12 and Higher Education: The Search for Evidence-Based Practice, *Educational Research Review*, 9, 47-64.
- [142] Hill, J. R., & Hannafin, M. J. (2001). Teaching and learning in digital environments: The resurgence of resource-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 49, 15–26.
- [143] Holland, C. (2013). Learning 2.0 – Pedagogy and Social-Media: A Critique of Pedagogical Models/Approaches deployed in the infusion of social media in higher education, In: Patrut B., Patrut M., Cmeciu C. (eds), SMART2013 Social Media in Academia: Research and Teaching, Conference Proceedings, 17.
- [144] 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.
- [145] 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.
- [146] Holotescu, C., Grosseck, G., & Ivanova, M. (2013). Educational Augmented Reality and Location-Based Application. Case Study: Microblogging, In: Patrut B., Patrut M., Cmeciu C. (eds), SMART2013 Social Media in Academia: Teaching and Learning Conference Proceedings.
- [147] Holotescu, C., & Grosseck, G. (2012). An Empirical Analysis Of The Educational Effects Of Social Media In Universities And Colleges, In Proceedings of eLSE 2012 - eLearning and Software for Education, 156-164.
- [148] Holotescu, C., & Knight, J. (2002). Methodologies in e-Learning - eWorkshop Notes. In eLearning eJournal.
- [149] Ionescu, F. (2000). Grafica in Realitatea Virtuala, Editura Tehnică.
- [150] Järvinen, A. (2008). Games without frontiers: Theories and methods for game studies and design. Tampere: Tampere University Press.
- [151] Jassim Happa. (2006). A Virtual Model of the University of East-Anglia, School of Computing Sciences.
- [152] Jimeno, A., & Puerta, A. (2007). State of the art of the virtual reality applied to design and manufacturing processes, Department of Computer Technology and Computation. Alicante University.
- [153] Jones, A., Scanlon, E., Tosunoglu, C., Ross, S., Butcher, P., Murphy, P., et al. (1996). Evaluating CAL at the OpenUniversity: 15 years on. *Computers in Education*, 26(1–3), 5–15.
- [154] Joseph, D. (2004). The practice of design-based research: Uncovering the interplay between design, research, and the real-world context. In *Educational Psychologist*, pp. 39 (4).
- [155] Jung, Y. (2008). Building Blocks for Virtual Learning Environments, Fraunhofer IGD, Darmstadt, WSCG2008.
- [156] Kadle, A. (2012). General Considerations for Mobile Learning (mLearning), www.upsidelearning.com.
- [157] Kafai Y., B. (2006). Playing and Making Games for Learning, *Games and Culture*, vol. 1, no.1, p. 26-40.
- [158] Kahai, S.S., Carroll, E., & Jestice, R. (2007). Team Collaboration in Virtual Worlds. *The DATA BASE for Advances in Information Systems* 38, 61—68.

- [159] Kapp K. M. (2007). *Gadgets, Games and Gizmos for Learning*. John Wiley and Sons. ISBN: 978-0-7879-8654-4.
- [160] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction*, John Wiley and Sons. Pfeiffer.
- [161] 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.
- [162] 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)*.
- [163] Karlekar, J., ZhiYing Zhou, S., Lu, W., Nakayama Y., & Hii D. (2010). *Mixed Reality on Mobile Devices*, Interactive Multimedia Lab., Dept. of ECE National University of Singapore.
- [164] Kato, H., Billinghamurst, M., Poupyrev, I., Imamoto, K., & Tachibana, K. (2000). *Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment*. *Proceedings of International Symposium on Augmented Reality*.
- [165] Kennedy, G., Dalgarno, S., Gray, K., Waycott, J., Judd, T., Bishop, A., Maton, K., Krause, & K. L., Chang, R.. (2009). *Educating the Net Generation: A Handbook of Findings for Practice and Policy*, <http://www.netgen.unimelb.edu.au/outcomes/handbook.html>, Accesat 2013.
- [166] Kickmeier-Rust, M. D., S., Bull, G., & Meissl-Egghart (2014). *Collaborative Language Learning In Immersive Virtual Worlds: Competence-Based Formative Feedback and Open Learner Modeling*, *International Journal of Serious Games*, Volume I, Issue II, pp. 67-74.
- [167] Kolb, D. (1984). *Experiential Learning*, Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- [168] Konstantinidis, A., Tsiatsos , T., Demetriadis, S., N., & Pomportis, A.N. (2010). *Collaborative Learning in OpenSim by Utilizing Sloodle*. in *Em: 6th Advanced International Conference on Telecommunications (AICT)*. pp. 9-15.
- [169] Kotini, I., & Tzelepi Sofia. (2015). *A Gamification-Based Framework for Developing Learning Activities of Computational Thinking*, *Gamification in Education and Business*, Torsten Reiners and Lincol C. Woods (eds.), pp 219-252.
- [170] Kukulska-Hulme, A. (2010). *Mobile learning as a catalyst for change*, *Open Learning*, Vol.25, No.3, November 2010, (181-185).
- [171] Kuutti, K. (1996). *Activity theory as a potențial framework for human computer interaction research*. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and consciousness: Activity theory and human-computer interaction* (pp. 17-44). Cambridge, MA: The MIT Press.
- [172] Landers, R. N., R. C., & Callan. (2012). *Training Evaluation in Virtual Worlds: Development of a Model*, *Journal of Virtual Worlds*, Volume 5, No 3.
- [173] Langlotz T., et.al. (2011). *Sketching up the world: in situ authoring for mobile Augmented Reality*, *Springer Personal Ubiquitous Computing* 16(6):1-8.
- [174] Larcker, D. F. & V. P. Lessig (1980). *Perceived Usefulness of Information: A Psychometric Examination* *Decision Sciences*, Vol. 11, No. 1, pp. 121-134.
- [175] Lave, J., & Wenger, E. (1990). *Situated learning: Legitimate peripheral participation* . Cambridge: Cambridge University Press.
- [176] Lee, J. J., & Hammer, J. (2011). *Gamification in education: What, how, why bother?*. In *Academic Exchange Quarterly*, 15(2). Accesat in 2015, <http://www.gamifyingeducation.org/files/Lee-Hammer-AEQ-2011.pdf>
- [177] 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.
- [178] Linn, M. C. (1995). *Designing computer learning environments for engineering and computer science: The Scaffolded Knowledge Integration framework*. *Journal of Science Education and Technology*, 4, 103-126.

- [179] Liu, W., Cheok, A. D., Mei-Ling, C. M., & Theng, Y-L. (2011). *Mixed Reality Classroom - Learning from Entertainment*, ACM Library, Accesat 2013.
- [180] 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.
- [181] Lucas, E. P., Cruz-Benito, J., Gonzalo, & E. G. (2013). *USALSIM: learning, professional practices and employability in a 3D virtual world*, *International Journal of Technology Enhanced Learning* 5(3/4):307-321, Accesat 2015.
- [182] Macedo, A., & Morgado. (2014). *Learning to teach in Second Life*, <http://www.academia.edu>, Accesat 2014.
- [183] Madden L. (2011). *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones*, Wiley Publishing Inc.
- [184] Malone, T. W., & Lepper, M., L. (1987). *Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning*. In R.E. Snow and M.J. Farr (Eds.), *Aptitude, Learning and Instruction III: Conative and Affective Process Analyses*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- [185] Mamo, M., D., Namuth-Couvert, G., Nugent, L., Phillips, L., Sandall, T., Kettler, D., & McCallister. (2011). *Avatars go to class: A virtual environment soil science activity*, *Journal of Natural Resources and Life Science Education*, 40, 114-121.
- [186] Manovich, L. (2002). *The Poetics of Augmented Space*. In Everett, A., & Caldwell, J. (Eds.), *Digitextuality*. London: Routledge.
- [187] Martens, A., Diener, H., & Malo, S. (2008). *Game-Based Learning with Computers – Learning, Simulations, and Games*, *Transactions on Edutainment I Lecture Notes in Computer Science* pp 172-190, Springer.
- [188] McGriff, S. J. (2000). *Instructional System Design (ISD): Using the ADDIE Model*, <https://www.lib.purdue.edu/sites/default/files/directory/butler38/ADDIE.pdf>.
- [189] McLellan H. (2001). *Virtual realities*, McLellan Wyatt Digital.
- [190] Milgram P., Takemura H., Utsumi A., & Kishino F. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*, *ATR Communication Systems Research Laboratories*, Kyoto, Japan.
- [191] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. In *IEICE Transactions on Information Systems*, pp. 1321–1329.
- [192] Mislevy, R. J., & Riconscente, M. (2005). *Evidence-centered assessment design: Layers, structures, and terminology (PADI Technical Report 9)*. Menlo Park: SRI International.
- [193] Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., Breyer, F. J., Almond, R. G., & Johnson, L. (1999). *A cognitive task analysis with implications for designing a simulation-based assessment system*. *Computers in Human Behavior*, 15, 335–374.
- [194] Moldoveanu F., Racoviță Z., Petrescu S., Hera G., & Zaharia M. (1996). *Grafică pe Calculator*, Ed. Teora.
- [195] Moldoveanu, A. (2008). *Highly-scalable server for massive multi-player 3D virtual spaces based on multi-processor graphics cards*, *Annals of DAAAM for 2008 & Proceedings of the 19th International DAAAM Symposium*, ISSN 1726-9679 ISBN 978-3-901509-68-1, Published by DAAAM International, Vienna, Austria.
- [196] 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.
- [197] 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.
- [198] Moldoveanu, A., Moldoveanu, F., Asavei, V. & Boianțiu, C. (2009). *Realitatea Virtuală*, Editura MatrixRom, ISBN 973-755-488-8.

- [199] Monterrat, B., Lavoué, E. & George, S. (2014). Motivation for Learning: Adaptive Gamification for Web-based Learning Environments. In Proceedings of 6th International Conference on Computer Supported Education.
- [200] Moore, D., Thome, M. & Zita Haigh, K., (2008). Scripting your World. The Official Guide to Second Life Scripting. Wiley Publishing, Inc.
- [201] Moro, A., Mumolo, E. & Nolich, M. (2010). Building virtual worlds by 3d object mapping. In Proceedings of the 2010 acm workshop on surreal media and virtual cloning (pp.31-36). New York, NY, USA: ACM. <http://doi.acm.org/10.1145/1878083.1878092>.
- [202] Namahn (2009).E-learning - A research note, www.namahn.com/resources/documents/note-elearning.pdf.
- [203] Nentwich, M. & Konig R. (2012). Cyberscience 2.0 - Research in the Age of Digital Social Net-works. Campus Verlag GmbH.
- [204] Nwana, H. S. (1996). Software agents: An overview. Knowledge Engineering Review 11 (3), pp. 205–244.
- [205] 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-2.0.html>. Accesat la 30 ianuarie 2014.
- [206] Oliver, M. (2011). What evidence do we have that games, simulations, and virtual worlds change practice?, <http://www.academia.edu>, Accesat 2014.
- [207] 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>.
- [208] Papagiannakis, G. & al. (2002). VR & AR Frameworks for Virtual Character simulation State-of-the-art, Brussels, AR Concertation Meeting.
- [209] Papert, S. (1991). Situating constructionism, http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf.
- [210] 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.
- [211] Phil, H. (2012). Online Educational Delivery Models: A descriptive View, www.educause.com.
- [212] Piaget, J. (1977). The role of action in the development of thinking. In Knowledge and development (pp. 17-42). Springer US.
- [213] Pitner, T. & Ivanaj, S., (2007). Learning 2.0 adaptive and intelligent applications. In The iTET 2007 Joint Working Conference, Prague, p. 94-111.
- [214] Polanyi, M. (1958). Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. University of Chicago Press. ISBN 0-226-67288-3.
- [215] Pop, F., Andreica M., Dobre C., Rughiniș R., Moldoveanu A., Boianțiu C. & Ionescu M. (2011). eUPB: Towards an Integrated e-Service Platform in Large Scale Distributed Environments, CSCS 18 - The 18th International Conference On Control Systems And Computer Science.
- [216] Popescu, E. (2013). Social Learning Environments, Editura SITECH, Craiova, România.
- [217] Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, pp. 211-227.
- [218] Poupyrev, I. (2001). Advanced topics in 3D User Interface Design, SIGGRAPH 2001.
- [219] Pourmirza, S., Gardner, M., & Callaghan, V. (2014). Integrating a Social Network Group with a 3D Collaborative Learning Environment. In Intelligent Environments (IE), 2014 International Conference on, pp. 310-317. IEEE.
- [220] Prensky, M. (2001). Digital Game-Based Learning, McGraw-Hill.

- [221] Quintella, F., Soares, L. P., & Raposo, A. B. (2010). DWeb3d: a toolkit for developing X3D applications in a simplified environment. In *Web3d'10*, pp. 45-54.
- [222] Ranon, R. X3D Introduction, University of Udine, Italy, <http://cms.uns.ac.rs/fit2009/3Dgraphics.pdf>, Accesat 2005.
- [223] Reilly, D. F., Rouzati, H., Wu, A., Hwang, J. Y., Brudvik, J., & Edwards, W. K. (2010). Twinspace: an infrastructure for cross-reality team spaces. In *Proceedings of the 23rd annual acm symposium on user interface software and technology* (pp. 119{128). New York, NY, USA: ACM.
- [224] Reitmayr, G., Schmalstieg, D. (2001). Collaborative Augmented Reality for Outdoor Navigation and Information Browsing, *Proceedings ISAR 2001*, New York, USA
- [225] Rheingold, H. (1992). *Virtual Reality*, Simon & Schuster, New York, N.Y.
- [226] Richardson, L. & Amundsen, M. (2013). *Restful Web APIs*, O'Reilly Media.
- [227] Riegler, R. & Matejka W. (2006). *The Learning Guild. MMORPG as educational environments*, http://www.uwex.edu/disted/conference/Resource_library/proceedings/06_4095.pdf.
- [228] Rose, S., Potter D. & Newcombe M. (2010). *Augmented Reality: A Review of available Augmented Reality packages and evaluation of their potential use in an educational context*, University of Exeter.
- [229] Salen, K. & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. Cambridge: MIT Press.
- [230] Santi, A., Guidi M., Ricci A. (2010). *Exploiting Agent-Oriented Programming for Developing Android Applications*”, www.academia.edu.
- [231] Savin-Baden, M. (2010). *Second Life in Higher Education*, Open University Press.
- [232] Schmalstieg, D. (2005). *Augmented Reality in Games*. In: *Proceedings of International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Vienna, Austria.
- [233] Schmidt, M., Galyen, K., Laey, J., Ding, N., & Wang, X. (2001). Leveraging open source software and design based research principles for development of a 3D virtual learning environment. *SIGCAS Comput. Soc*.
- [234] Sejzi, A. (2012). *Virtual university in developed and developing countries towards providing a workable model of virtual university*, <http://www.sciencedirect.com>.
- [235] Shaffer, D. W. (2006). *How computer games help children learn*. New York: Palgrave Macmillan.
- [236] Shudayfat, E., Moldoveanu, F. & Moldoveanu, A. (2012). A 3D Virtual Learning Environment for Teaching Chemistry in High School, *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium*, Volume 23, No.1, pp. 423-428.
- [237] Siemens, G. (2010). *Managing and Learning in MOOCs (massive open online courses)*. <http://auspace.athabascau.ca:8080/handle/2149/2838>.
- [238] Siemens, G. (2005). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*, *International Journal of Instructional Technology Distance Learning*. 2(1), Accesat 2013, http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm.
- [239] Smart, J. M., J. Cascio & J. Paffendorf. (2007). *Metaverse Roadmap Overview*, in *Accelerated Studies Foundation*, <http://metaverseroadmap.org/overview>.
- [240] Squire, K. (2011). *Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age*, Teachers College, Columbia University.
- [241] Staker, H., Chan, E., Clayton, M., Hernandez, A., Horn, M. B. & Mackey, K. (2011). *The Rise of K–12 Blended Learning Profiles of Emerging Models*.
- [242] Starețu I. (2010). *Câteva considerații privind folosirea realității virtuale în procesul de instruire specific disciplinelor de mecanică aplicată*, Universitatea „Transilvania” din Brașov, AGIR.
- [243] 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, in *Sergiu Musteață and Ștefan Caliniuc (ed.)*, *Current Trends in*

- Archaeological Heritage Preservation: National and International Perspectives, Proceedings of The International Conference, Iași, Romania, 2013, BAR International Series 2741, ISBN:9781407314006, Editura Oxford.
- [244] Steiner, C. M., Kickmeier-Rust M. D., Albert D. (2014). Learning Analytics and Educational Data Mining: An Overview of Recent Techniques, Learning Analytics for and in Serious Games, 6.
- [245] Sutherland, I. (1963). Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System, MIT, republicata in 2003 de University of Cambridge.
- [246] Sykes, J., Oskoz, A. & Thorne, S. L. (2008). Web 2.0, immersive environments, and the future of language education, CALICO Journal, 25(3), pp. 528-546.
- [247] 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.
- [248] Tinio, V. L. (2003). ICT in Education, <http://wikieducator.org/images/f/ff/Eprimer-edu ICT in Education.pdf>.
- [249] Tuncer, C. (2009). Learning And Teaching Languages Online: A Constructivist Approach, Novitas-ROYAL, Vol.: 3(1), pp. 60-74.
- [250] Ulicsak, M. & Wright, M. (2010). Games in education: Serious Games., Future Lab Review, Bristol.
- [251] Valiente O. 2010. "1-1 in Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications", OECD Education Working Papers, No. 44, OECD Publishing.
- [252] 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.
- [253] Vlada, M. & Popovici M. (2004). Realitatea Virtuală (Virtual Reality), tehnologie modernă a informaticii aplicate, Universitatea din București, Universitatea "Ovidius" Constanța.
- [254] Vygotsky, L. (1978). Mind and Society: the development of Higher Mental Process, Harvard University Press, Cambridge
- [255] Wankel C., and Kingsley J. (eds.) (2009). Higher Education in Virtual Worlds, Teaching and Learning in Second Life, Emerald Group Publishing Limited.
- [256] Warburton S. (2009). Second Life in Higher Education: Assessing the potențial for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching.
- [257] Warren, S., Barab, S. A. & Dondlinger, M. J. (2008). A MUVE Towards PBL Writing: Effects of a digital learning environment designed to improve elementary student writing. Journal of Research on Technology in Education, 41(1), pp. 121-147.
- [258] Warren, S., Stein, R. A., Dondlinger, M. J., & Barab, S. A. (2009). A look inside a MUVE design process: Blending instructional design and game principles to target writing skills. Journal of Educational Computing Research, 40(3), pp. 295-321.
- [259] Weitao, C., Hui, L. & Mingyuan, H. (2014). Reality-virtuality fusional campus environment: An online 3D platform based on OpenSimulator, Geo-spatial Information Science, June 2011, Volume 14, Issue 2, pp 144-149.
- [260] Wenger, E. (1998). Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-66363-2.
- [261] Wetzstein, G. et al. (2001). HECTOR, Scripting-Based VR System Design, University of British Columbia, Ceetron GmbH, Bauhaus-Universität Weimar.
- [262] White, B. A. (2007). Second Life, A Guide to your Virtual World. Indianapolis: Que Pub.
- [263] 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.

- [264] Wooldridge, M. & Jennings, N. R. (1994). Intelligent Agents: Theory and Practice, Knowledge Engineering Review.
- [265] Worwood, M. (2011). Student Learning in 3D Virtual Worlds: Extending blended-learning beyond the classroom.
- [266] Yee, N. (2006). The Demographics, Motivations and Derived Experiences of Users of Massively Multi-User Online Graphical Environments, Stanford University.
- [267] Yousef, A. M., F., Chatti, M. A., Ahmad, I., Schroeder, U., & Wosnitza, M.(2015). An Evaluation of Learning Analytics in a Blended MOOC Environment, In Proceedings of the Third European MOOCs Stakeholders Summit EMOOCs 2015, pp. 122-130.
- [268] 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.
- [269] Zarraonandia, T., Francese, R., Passero, I., Aedo, I., Tortora, G. & Diaz, P. (2015). Seminars in Second Life: Teacher and Student Views, http://www.ksi.edu/seke/Proceedings/dms11/DET/12_Telmo_Zarraonandia.pdf.
- [270] Zender, R., Dressler, E., Lucke, U. & Tavangarian, D. (2009). Pervasive media and messaging services for immersive learning experiences. In Pervasive computing and communications, IEEE International Conference.
- [271] Zöllner, M., Keil, J., Wüst, H. & Pletinck, G. (2009). An Augmented Reality Presentation System for Remote Cultural Heritage Sites, Fraunhofer IGD, Germany, VAST2009.
- [272] Zyda M., 2005. From Visual Simulation to Virtual Reality to Games, Computer, 38(9), pp. 25-32.
- [273] *** 3DCAMPSIM blog, <http://tinyurl.com/p9ec5fu>, Accesat 2015.
- [274] *** 3DUPB Project web site, <http://3d.pub.ro>, Accesat 2015.
- [275] *** ALICE, <http://www.alice.org/index.php>, Accesat 2015.
- [276] *** ARGUIDE, Augmented Reality for Smartphones, A Guide for developers and content publishers, 2011, http://observatory.jisc.ac.uk/docs/AR_smartphones.pdf, Accesat 2013.
- [277] *** AURORA-SIM PROJECT. Aurora-Sim website. <http://www.aurora-sim.org>, Accesat 2015
- [278] *** Avatarclass, <http://www.avatarclassroom.com>, Accesat 2014.
- [279] *** AW, www.activeworlds.com, Accesat 2015.
- [280] *** CINCINNATI, <http://ucsim.uc.edu/blog>, Accesat 2015.
- [281] *** Collada, www.collada.org, Accesat 2015.
- [282] *** CREATIVE COMMONS, <http://creativecommons.org>, Accesat 2015.
- [283] *** Daden, www.daden.co.uk, Accesat 2015.
- [284] *** Design Digitally, <http://www.designingdigitally.com>, Accesat 2015.
- [285] *** Design for all, www.designforall.org, Accesat 2015.
- [286] *** Diva Distribution <http://metaverseink.com/Downloads.html>, Accesat 2015.
- [287] *** DIVE, Distributed Interactive Virtual Environment, http://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw31/fahlen2.html, Accesat 2015.
- [288] *** Educause, www.educause.edu, Accesat 2015.
- [289] *** Edusim, <http://edusim3d.com>, Accesat 2015.
- [290] *** Firestorm viewer, www.firestorm.com, Accesat 2015.
- [291] *** FISHBOWL, <https://www.facinghistory.org/for-educators/educator-resources/teaching-strategy/fishbowl>, Accesat 2015.
- [292] *** FRAPS, www.fraps.com, Accesat 2015.
- [293] *** Horizon Report 2012, Higher Education Edition, www.educause.com, Accesat 2012.
- [294] *** Horizon Report, 2014 Higher Education Edition. <http://www.nmc.org/nmc-horizon>, Accesat 2014.

- [295] *** Horizon Report, 2015 Higher Education Edition, <http://www.nmc.org/nmc-horizon>, Accesat 2015.
- [296] *** Imprudence viewer, www.imprudence.org, Accesat 2015.
- [297] *** IMS, IMS Global Learning Consortium - <http://www.imsglobal.org>, Accesat 2015.
- [298] *** Instant Reality, <http://www.instantreality.org>, Accesat 2015.
- [299] *** Instructional Design, <http://www.instructionaldesign.org/theories/conditions-learning.html>, Accesat 2015
- [300] *** JIGSAW, <https://www.jigsaw.org>, Accesat 2015
- [301] *** Junaio , <http://www.junaio.com>, Accesat 2015.
- [302] *** JUSTIN blog, <http://justincc.org/blog>, Accesat 2015.
- [303] *** Layar, www.layar.com, Accesat 2015.
- [304] *** libOpenMetaverse, <http://openmetaverse.org/projects/libopenmetaverse>, Accesat 2015.
- [305] *** LOM, <http://www.imsproject.org/metadata>, Accesat 2015.
- [306] *** LSL - Second Life Language Reference. http://wiki.secondlife.com/wiki/Category:LSL_Functions, Accesat 2015.
- [307] *** Mahara, <https://mahara.org>, Accesat 2015.
- [308] *** Metaio Creator, <http://dev.metaio.com/creator/getting-started/index.html>, Accesat 2015.
- [309] *** Metaverse Project, <http://metaverse.sourceforge.net>, Accesat 2015.
- [310] *** Metaverse Roadmap, <http://www.metaverseroadmap.org>, Accesat 2015
- [311] *** Microsoft Lync server, <https://products.office.com/en-us/lync/lync-2013-video-conferencing-meeting-software>, Accesat 2015.
- [312] *** Microsoft Reflection, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms173183.aspx>, Accesat 2015.
- [313] *** MOBIlearn, “Guidelines for learning/teaching/tutoring în a mobile environment”, pp. 6., Accesat 2012.
- [314] *** MonoDevelop, <http://www.monodevelop.com>, 2015.
- [315] *** Moodle Engagement Plugin, https://docs.moodle.org/22/en/Engagement_Analytics_Plugin, Accesat 2015.
- [316] *** Moodle, <http://moodle.org>, Accesat 2015.
- [317] *** MXRToolkit, <http://mxrtoolkit.sourceforge.net>, Accesat 2015.
- [318] *** OER, <https://www.oercommons.org>, Accesat 2015.
- [319] *** Open Cobalt, <http://www.opencobalt.org>, Accesat 2015.
- [320] *** Open Wonderland, <http://openwonderland.org>, Accesat 2015.
- [321] *** OPENSIM OCULUS, <http://www.hypergridbusiness.com/2014/03/in-world-with-the-oculus-rift>, Accesat 2015.
- [322] *** OpenSim Wiki, <http://opensimulator.org/wiki>, 2015.
- [323] *** OpenSim Wiki, <http://opensimulator.org/wiki/OpenSim.Region.DataSnapshot>, 2015b.
- [324] *** OpenSim Wiki, http://opensimulator.org/wiki/Related_Software, 2015c.
- [325] *** OpenSim Wiki, <http://opensimulator.org/wiki/REST>, 2015f.
- [326] *** OpenSim Wiki, <http://opensimulator.org/wiki/Webinterface>, 2015d.
- [327] *** OpenSim Wiki, <http://opensimulator.org/wiki/Wifi>, 2015e.
- [328] *** OpenVCE, <http://openvce.net/iroom>, Accesat 2015.
- [329] *** OPENVUE, <http://vue.ed.ac.uk/openvue>, Accesat 2015.
- [330] *** OSG, OpenSceneGraph. <http://www.openscenegraph.org>, Accesat 2015.
- [331] *** OSGrid Distribution, <http://www.osgrid.org/index.php/downloads>, 2015.
- [332] *** Pixie viewer, <http://pixieweviewer.com>, Accesat 2015.
- [333] *** Quest Atlantis www.questAtlantis.Org, Accesat 2015
- [334] *** ReactionGrid, <http://www.reactiongrid.com>, 2015.
- [335] *** Realxtend, <http://realxtend.org>, Accesat 2015.
- [336] *** SCIENCEGRID, <http://grid.sciencesim.com/grid/hypergrid.php>, Accesat 2015.

- [337] *** SCORM, www.scorm.com, Accesat 2015.
- [338] *** Simian Grid, <http://code.google.com/p/openmetaverse/wiki/SimianGrid>, Accesat 2014.
- [339] *** Singularity viewer, <http://www.singularityviewer.org/about>, Accesat 2015.
- [340] *** SL Viewer 2, <https://secondlife.com/support/downloads>, Accesat 2015.
- [341] *** SL Viewer 3 cu OCULUS, http://wiki.secondlife.com/wiki/Viewer_3_menus, Accesat 2015.
- [342] *** SL, <http://secondlife.com>, Accesat 2015.
- [343] *** Sloodle, <https://www.sloodle.org>, Accesat 2015.
- [344] *** Studiul "IBM White Paper – The Future of e-Learning”, <http://thejournal.com/Home.aspx>, Accesat 2012.
- [345] *** Unity3D, www.unity3d.com, Accesat 2015.
- [346] *** UpsideLearning, www.upsidelearning.com, Accesat 2013.
- [347] *** USACADEMY, <http://www.3dvirtualcampustours.com>, 2015.
- [348] *** VIBEGRID, <http://wiki.bio-se.info/doku.php?id=start>, Accesat 2015
- [349] *** Video LAN, www.videolan.org, Accesat 2015.
- [350] *** Visualization mehods, http://www.visual-literacy.org/periodic_table/periodic_table.html, Accesat 2015.
- [351] *** VR Jugller, <http://www.vrjuggler.org>, Accesat 2015.
- [352] *** VW Framework, <https://virtual.wf/demos.html>, Accesat 2015.
- [353] *** VW Toolkit, <http://www.worldviz.com/tag/virtual-reality-software-toolkit>, Accesat 2015.
- [354] *** Wiki Educator, www.WikiEducator.org, Accesat 2015.
- [355] *** X3DOM, www.x3dom.org, Accesat 2015.
- [356] *** ZURICH, <http://ngrid.org>, Accesat 2015.

ANEXA 1 – OBIECTE SCRIPTATE CU LSL**PANEL_PRESENTATION**

```

string gCachedTexture="";
integer pCurrentSlide = 1;
integer pSlideNo;
integer gListener_web;
string web="www.google.ro";
integer CONFIG_CH=1010;
integer MEDIA_CH =1011;

default
{
    state_entry() {
        //IIOwnerSay("testing script PP slider");
        IISetText ("Configurare MEDIA PANEL pe channel " + CONFIG_CH, <0, 1, 0>, 1.0);

        integer n = IIGetInventoryNumber(INVENTORY_TEXTURE);
        if (n>0){
            gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,1);
            IISetLinkTexture(4, gCachedTexture, 1); //preload in preview
            //IISetLinkTexture(1, gCachedTexture, 1);
            pSlideNo=n;
        }
        else {
            IIOwnerSay ("Nu exista imagini in folderul Content!");
            state other;
        }
    }
}

on_rez(integer start_param)
{
    IISetLinkTexture(-1, "Blank", ALL_SIDES);
    IIResetScript();
}

touch_start(integer total_number){
    string button = IIGetLinkName(IIDetectedLinkNumber(0));
    IIOwnerSay (button);

    if (button == "Home") {
        pCurrentSlide=1;
        gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide);
        IISetLinkTexture(1, gCachedTexture, 1);
        gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide+1);
        IISetLinkTexture(4, gCachedTexture, 1);
        IISay(MEDIA_CH, (string)IIGetInventoryKey(gCachedTexture));
        //IIOwnerSay(gCachedTexture);
    }
}

```

```

}
else if (button == "next") {
    if ( ++pCurrentSlide > pSlideNo)
        pCurrentSlide=1;
    gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide);
    IISetLinkTexture(1, gCachedTexture, 1);
    gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide+1);
    IISetLinkTexture(4, gCachedTexture, 1);

    IISay(MEDIA_CH, (string)IIGetInventoryKey(gCachedTexture));

}
else if (button == "prev") {
    if ( --pCurrentSlide < 1)
        pCurrentSlide=1;
    gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide);
    IISetLinkTexture(1, gCachedTexture, 1);
    IISetLinkTexture(4, gCachedTexture, 1);

    IISay(MEDIA_CH, (string)IIGetInventoryKey(gCachedTexture));

}
else if (button == "preview") {
    gCachedTexture=IIGetInventoryName(INVENTORY_TEXTURE,pCurrentSlide);
    IISetLinkTexture(1, gCachedTexture, 1);
    //IISetLinkTexture(4, gCachedTexture, pCurrentSlide);
}
else if (button == "url") {
    gListener_web =IIListen(CONFIG_CH, IIDetectedName(0), IIDetectedKey(0), "");
    IInstantMessage (IIDetectedKey(0),"Introduceti adresa web pe canal " + (string)CONFIG_CH + ".
Ex. /" + (string)CONFIG_CH + " URL");
}
} //touch_start

listen (integer chan, string name, key id, string msg) {
if (chan==CONFIG_CH){
    //if (msg!="")
        web=msg;
        IIOwnerSay(msg + " on " + (string)chan);
        //media texture?
        //IILoadURL(IIDetectedKey(0), "Web page", web);//sleeps 10 sec.nu se executa!
        IISay(MEDIA_CH, msg);//transmitere catre media panel
        IIListenRemove(gListener_web);
}
else
    IIOwnerSay((string)chan);
} //listen

```

```
//default
```

```
state other
{
  touch_end(integer detected)
  {
    state default;
  }
  state_exit() {
    ISetLinkTexture(-1, "Blank", ALL_SIDES);
  }
}
```

MONITOR_TV

```
integer MEDIA_CH=1011;
integer gListener_web;
```

```
default
{
  state_entry()
  {
    IISay(DEBUG_CHANNEL, "Script running");
    gListener_web = IListen(MEDIA_CH, IIDetectedName(0), IIGetOwner(), "");
  }

  listen (integer chan, string name, key id, string msg) {
    IIOwnerSay(msg);
    IILoadURL(IIDetectedKey(0), "Web page", msg);
  }
}
```

ROLE INDICATOR

```
integer listenh;
integer chan=-100;
list roles =
[/"OTHER", "255,255,255",
"ADMIN", <43,46,85>, //DENIM
"VISIT TEACHER", <0,128,128>, //TURCOAZ
"VISIT STUDENT", <255,255,0>, // YELLOW
"TEACHER", <128,64,0>, //BROWN
"STUDENT", <0,0,1>,
"SECRETARY STAFF", <128,0,128>]; //VIOLET
```

```
default
{
  state_entry()
  {
    //IISay(0, "Role Script running");
  }
}
```

```

if (llGetAttached()==0){
    // var 1
    llRequestPermissions(llGetOwner(), PERMISSION_ATTACH);
    //var 2
    // osForceAttachToAvatar(ATTACH_LLARM);
}
}

run_time_permissions(integer perms){
    if (perms & PERMISSION_ATTACH) {
        llAttachToAvatar(ATTACH_LLARM);
    }
}

attach(key id) {
    //chan=(integer)llFrnd(-100)-30;
    list buttons= llList2ListStrided (roles, 0, -1, 2);
    llDialog (llGetOwner(), "Selectati rolul:", buttons, chan);//max 12 butoane
    listenh=llListen(chan, "", llDetectedKey(0),"");

}

}

listen(integer ch, string name, key id, string mes) {

    integer idx =llListFindList(roles, [mes]);
    vector color =llList2Vector(roles, idx+1);
    //llOwnerSay((string)color);
    llSetColor(color, ALL_SIDES);
    llListenRemove(listenh);
}
}

```

PANEL_COMMS

```

integer listenh;
integer chan=-150;
list comms = ["CHAT", 1,
"IM", 2,
"GESTURES", 3,
"VOICE", 4,
"NO COMMUNICATION", 0];
string activity="ADMIN";

default
{
    state_entry()
    {
        llOwnerSay("Sondaj comms Script running");
        llSetText("Touch to take a short survey!", <0,1,1>, 1.0);
    }
}

```

```

touch_start(integer num)
{
    list buttons= IList2ListStrided (comms, 0, -1, 2);
    IDialog (IIGetOwner(), "Selectati ce tip de comunicatie cu avatarii ati utilizat:", buttons,
chan);//max 12 butoane
    listenh=IListen(chan, "", IIDetectedKey(0),"");
}
listen(integer ch, string name, key id, string mes) {

    integer idx =IListFindList(comms, [mes]);
    integer type =IList2Integer(comms, idx+1);
    //IIOwnerSay((string)type);
    IListenRemove(listenh);

    string prm= activity + "|" + type + "|" + (string)IIGetOwner();
    IIOwnerSay (prm);
    modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_comms", prm);
}
}

```

ONOFF_INDICATOR

```

//lucreaza cu contor local - prezenta
integer pornit;
integer channel=1005;
float interval =300.0;
integer participants=0;
string label = "LAB1";

light_onoff() {
    if (pornit==0) {
        IISetPrimitiveParams ([PRIM_FULLBRIGHT, ALL_SIDES, FALSE, PRIM_COLOR, ALL_SIDES,
<0.5,0.5,0.5>, 1.0, PRIM_POINT_LIGHT, FALSE, <0.0,0.0,0.0>, 0.0, 0.0, 0.5]);
    }
    else {
        IISetPrimitiveParams ([PRIM_FULLBRIGHT, ALL_SIDES, TRUE, PRIM_COLOR, ALL_SIDES, <1.0,1.0,0.4>,
1.0, PRIM_POINT_LIGHT, TRUE, <01.0,1.0,1.0>, 1.0, 10.0, 0.6]);
    }
    // IISetColor( <128,255,128>, ALL_SIDES);

}

}

default{
    on_rez(integer nr) {
        pornit=FALSE;
        light_onoff();
    }

    state_entry () {
        pornit=FALSE ;

```

```

light_onoff();
llSensorRepeat ("", NULL_KEY, AGENT, 0.8, PI, interval);
}

touch_end (integer total_number){
    pornit= !pornit;
    light_onoff();
}

sensor (integer detected) {
    participants=detected;
    if (pornit)
        llSay(channel, (string)participants);
}
}

```

PANEL_PRESENCE SALA

```

integer channel= 1006;
string participants;
integer listenh;
float sec = 200.0;
string area="LAB#1";
string activit = "ACTIVIT1";

default
{
    on_rez(integer param){
        llSetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
    }

    state_entry()
    {
        //llSay(0, "contor local Script running");
        listenh = llListen(channel, "", llDetectedKey(0), "");
        llSensorRepeat ("", NULL_KEY, AGENT, 30, PI/2, sec);
        //llSetTimerEvent(sec);
    }

    no_sensor () {
        llSetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
    }

    sensor (integer detected) {

        llSetText ( "Prezenta sala: " + (string)detected + " participant(i).", <0, 0, 1>, 1.0);
        string prm=area + "|" + (string)detected;
        modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_visits", prm);

        string arg = activit + "|" + area + "|" + (string)llDetectedKey(0);
        modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_presence", arg);
    }
}

```

```
}

```

```
listen (integer chan, string name, key id, string msg) {
  if (chan==channel) {
    activit=msg;
    IIOwnerSay("Activitate noua: " + activit);
    IListenRemove(listenh);
  }
}

```

```
}

```

```
}

```

PANEL_PRESENCE general

```
default

```

```
{

```

```
on_rez(integer param){

```

```
  IISetText ( "Prezenta campus: " , <0, 0, 1>, 1.0);
}
```

```
state_entry()

```

```
{

```

```
  //IISay(0, "Script running");
  IISetTimerEvent(30);
}
```

```
timer(){

```

```
  list avatarsInRegion = IIGetAgentList(AGENT_LIST_REGION, []);//nr din regiune
  integer numOfAvatars = IIGetListLength(avatarsInRegion);
  IISetText ( "Prezenta campus: " + (string)numOfAvatars + " avatar(i).", <0, 0, 1>, 1.0);
}
```

LANDMARK

```
float interval = 200;

```

```
string area="LOUNGE";

```

```
default

```

```
{

```

```
on_rez(integer param){

```

```
  IISetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
}
```

```
state_entry()

```

```
{

```

```
  IISensorRepeat ("", NULL_KEY, AGENT, 60, PI, interval);
}
```

```
no_sensor () {

```

```
  IISetText ( "Prezenta sala:" , <0, 0, 1>, 1.0);
}
```

```

}

sensor (integer detected) {

    IISetText ( "Prezenta sala: " + (string)detected + " participant(i).", <0, 0, 1>, 1.0);
    string prm=area + "|" + (string)detected;
    modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "save_visits", prm);
}
}

```

NOTECARD_GIVER

```

default
{
    state_entry()
    {
        // IISay(0, "Orientare Script running");
        IISetText ("Atingeti pentru informare" , <0, 1, 0>, 1.0);

    }

    on_rez(integer param){
        IISetText ( "" , <0, 0, 1>, 1.0);
    }

    touch_start(integer num) {
        key  avatarKey = IIDetectedKey(0);
        string avatarName = IIDetectedName(0);
        IIMessage(avatarKey, "Hello " + avatarName );
        IIGiveInventory (avatarKey, IIGetInventoryName(INVENTORY_NOTECARD, 0));
    }
}

```

TELEPORT HUB

```

key teleport_agent;
default
{
    state_entry()
    {
        //IISay(0, "Tele[ort Script running");
        IISetText("Touch to teleport", <0,1,0>, 1.0);
    }

    touch_start(integer number){
        string button = IIGetLinkName(IIDetectedLinkNumber(0));
        //IIOwnerSay (button);

        teleport_agent = IIDetectedKey(0);
        IIRequestPermissions(teleport_agent, PERMISSION_TELEPORT);
    }
}

```



```

}

run_time_permissions(integer perm)
{
  if(PERMISSION_TELEPORT & perm) {

    if (button == "LAB1") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <0.0, 0.0, 0.0>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "LAB2") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "ADMIN") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "INFO") {
      IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <0.0, 0.0, 0.0>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "MEET") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "PRIVI") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "EXHIBIT") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
    else if (button == "AMFI") {
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "", <189.03, 122.31, 23.28>, <189.03, 122.31, 23.28>);
      //IITeleportAgent(teleport_agent, "Info Space", <0.0, 0.0, 0.0>, <0.0, 0.0, 0.0>);

    }
  }
}
}
}

```

TELEPORT CU MODIFICARE CAMERA VIEW

```

vector destinatie = <189.03, 122.31, 23.28>;
rotation rotatie=llGetRot();
position pozitie =llGetPos();
offset_dest=destinatie-pozitie;
rot_dest=ZERO_ROTATION/rotatie;
poz_dest=offset_dest/rotatie;
llSitTarget(poz_dest, rot_dest);

```

```

changed() {
if (changedbits & CHANGED_LINK) {
key=llAvatarOnSitTarget();
if (key!=NULL_KEY){
llSleep(0.1);
llUnsit();
}
}
}
}

```

PANEL ANNOUNCEMENTS (RSS)

```

//string RSS_LINK="http://feeds.bbci.co.uk/news/rss.xml?edition=int";
string RSS_LINK="http://uefiscdi.gov.ro/RSS/Latest.html";
//
key RSSreq;
string feed="";
string tag_item="<item>";
string tag_title="<title>";
string tag_title_end="</title>";
integer HTTP_OK=200;

string stergere (string input, string tag) {
    integer index=llSubStringIndex(input, tag);
    if (index==-1)
        return "";
    else
        return llDeleteSubString(input, 0, index + llStringLength(tag)-1);
}

string extract (string input, string tag) {
    integer index=llSubStringIndex(input, tag);
    if (index==-1)
        return "";
    else
        return llGetSubString(input, 0, index-1);
}

list getlines (string continut) {
    list lista_feed=[];
    //string lista_feed;
    string title;
    continut=stergere(continut, tag_item);
    do {

```

```

continut = stergere(continut, tag_title);
title= extract(continut, tag_title_end);
lista_feed +=title + ":";
continut= stergere(continut, tag_title);
} while (IlStringLength(continut) >0);
return lista_feed;
}

default
{
state_entry()
{
//ISay(0, "RSS Script running");
IISetText ( "Atingeti pentru RSS feed" , <0, 0, 1>, 1.0);
}

touch_start(integer num){
RSSreq=IHTTPRequest(RSS_LINK, [], "");
}

http_response(key reqid, integer status, list meta, string body) {
if (status==HTTP_OK & reqid == RSSreq){
feed=body;
//IISay("Stiri: " + feed);
IISay("Stiri:\n" + (string)getlines(feed));
IISay(0, "Stiri:\n" + (string)getlines(feed));
}
else {
IISay("Eroare citire RSS");
}
}
}
}

```

PANEL_WHITEBOARD

```

integer CONFIG_CH=1006;
integer listenh;
string activit = "ACTIVIT1";

default
{
state_entry()
{
//ISay(0, "Script running");
//IISetText ("Configurare activitate pe channel " + CONFIG_CH, <0, 1, 0>, 1.0);
IISetText (activit + "\n" + "Configurare activitate pe channel " + CONFIG_CH, <0, 1, 0>,1.0);
listenh = IISetListen(CONFIG_CH, "", IIDetectedKey(0), "");
}
}

```

```

listen (integer chan, string name, key id, string msg) {
    if (chan==CONFIG_CH){
        activit=msg;
        //IIOwnerSay("Activitate noua: " + activit);
        IISetText (activit + "\n" + "Configurare activitate pe channel " + CONFIG_CH, <0, 1, 0>,1.0);
        IIListenRemove(listenh);
    }
    //else
        // IIOwnerSay((string)chan);
    }//listen
}

```

SIT SCAUN LOUNGE

```

//list details = IIGetLinkPrimitiveParams(LINK_ROOT, [PRIM_POSITION, PRIM_ROTATION]);
key agent;
vector pos;
vector rotz;
rotation rot=ZERO_ROTATION;

default
{
    state_entry()
    {
        agent=IIGetOwner();
        rot=IIGetRot();
        // set sit target, otherwise this will not work
        IISitTarget(<0.0, -0.30, 0.58>, rot);
    }
}

```

MULTI_USER DOOR

```

float SENSOR_INTERVAL = 5.0;//sec
float SENSOR_RADIUS = 5.0;
float door_offset=1.0; //dreapta
//float door_offset = -1.0; //stanga
//vector position_offset;

default {

    state_entry() {
        IISensorRepeat("", NULL_KEY, AGENT, SENSOR_RADIUS, PI/2, SENSOR_INTERVAL);
    }

    on_rez(integer param) {
        //position_offset = <door_offset, 0.0, 0.0>;
        IIResetScript();
    }

    sensor (integer detected) {
        IIOwnerSay ("detected right! open");
    }
}

```

```

    IISetPos(IIGetPos() + <0,door_offset,0>*ZERO_ROTATION);// * IIGetRot());
    door_offset *= -1;
    IISetTimerEvent(20.0);
}

no_sensor() {

    //IIOwnerSay ("no one on the right!");
}

timer() {
    IISetPos(IIGetPos() + <0,door_offset,0>*ZERO_ROTATION);// * IIGetRot());
    door_offset*=-1;
    IIOwnerSay ("closed right");
    IISetTimerEvent(0);
}
}

```

PRIVILEGED DOOR

```

//trecere pe baza de lista de acces scrisa intr-un notecard din content
//Port key poate fi orice obiect
//triggered by a lef mouse click (touch)

```

```

integer channel = 5555;
float SENSOR_INTERVAL = 5.0;//sec
float SENSOR_RADIUS = 5.0;

string AccessCard; //notecard
integer Line=0; //current line
key queryId; //id for dataserver queries
list AccessList = [];
vector targetPos=<149.63, 138.53, 38.5>;
string label ="Privileged space";

```

```

integer IsOnTheList (string name){
    return (IIListFindList(AccessList, [name]) > -1);
}

```

```

close () {
    IISetText("Privileged door CLOSED.", <1.0, 0.0, 0.0>, 1.0);
    IISetColor(<.5, .5, .5>, ALL_SIDES);
    IISetPrimitiveParams([ PRIM_PHANTOM, 0 ] );
}

```

```

open () {
    IISetText("Privileged door OPEN!", <0.0, 1.0, 0.0>, 1.0);
    IISetColor(<1.0, 1.0, 1.0>, ALL_SIDES);
    IISetPrimitiveParams([ PRIM_PHANTOM, 1 ] );
}

```

```

default {

state_entry() {
    close();

    //select the first line
    AccessCard =IIGetInventoryName(INVENTORY_NOTECARD, 0);
    queryId=IIGetNotecardLine (AccessCard, Line);
    IISensorRepeat("", NULL_KEY, AGENT, SENSOR_RADIUS, PI/4, SENSOR_INTERVAL);
}

on_rez(integer param) {
    //position_offset = <door_offset, 0.0, 0.0>;
    IIResetScript();
}

dataserver (key id, string data){
    if (id==queryId){
        if (data!= EOF) {
            AccessList += data;
            ++Line;
            queryId= IIGetNotecardLine (AccessCard, Line);
        }
    }
    else
    {
        IIOwnerSay("Access List: " + (string)IIGetListLength(AccessList));
    }
}
} //DATASERVER

sensor (integer detected) {
    IIOwnerSay ("Detected person in front of the door!");
    key avatarKey=IIDetectedKey(0);

    if (IsOnTheList (IIGetKey2Name(avatarKey))) {
        open();
        IISetTimerEvent(9.0);
    }
    else {
        IIVhisper(channel, "Numai leaderii au acces/Access denied.");
        IISleep(0.1);
        IITeleportAgentHome (avatarKey);
    }
}
} //sensor

timer() {
    // IISetPos(IIGetPos() + position_offset * IIGetRot());
    // position_offset*=-1;
    close();
    //IIVhisper(channel, "Closed");
}

```

```

    IISetTimerEvent(0);
  }//timer
}

TELEPORTARE CONDITIONATA
/trecere pe baza de lista de acces scrisa intr-un notecard din content
//Port key poate fi orice obiect
//triggered by a lef mouse click (touch)
float SENSOR_INTERVAL = 20.0;//sec
float SENSOR_RADIUS = 20.0;

string AccessCard; //notecard
integer Line=0; //current line
key queryId; //id for dataserver queries
list AccessList = [];
vector targetPos=<149.63, 138.53, 38.5>;
string label = "Privileged space";

integer IsOnTheList (string name){
  return (IISetFindList(Accesslist, [name]) > -1);
}

reset() {
  vector target;
  target = (targetPos - IIGetPos())* IIGetRotation();//ZERO_ROTATION;
  IISitTarget(target, ZERO_ROTATION);
}

default {
  state_entry() {
    IISetText(label, <1.0, 1.0, 1.0>, 1.0);
    IISetSitText (label);
    //select the first line
    AccessCard =IIGetInventoryName(INVENTORY_NOTECARD, 0);
    //FORCE FULL READ
    queryId=IIGetNotecardLine (AccessCard, Line);
  }

  dataserver (key id, string data){
    if (id==queryId){
      if (data!= EOF) {
        AccessList += data;
        ++Line;
        queryId= IIGetNotecardLine (AccessCard, Line);
      }
    }
    else
    {
      IIOwnerSay("Access List: " + (string)IIGetListLength(AccessList));
    }
  }
}
} //DATASERVER

```

```

changed (integer change) {
    key avatarKey=llAvatarOnSitTarget();

    if (avatarKey!=NULL_KEY) & (change & CHANGED_LINK) {
        if (IsOnTheList (llKey2Name(avatarKey))) {
            llSleep (0.15);
            llUnSit(avatarKey);//will be at destination
            reset();
        }
    }
    else {
        llWhisper(0, "Nu aveti acces/Access denied.");
        llSleep(0.1);
        llTeleportAgentHome (avatarKey);
    }
} //changed

float door_offset=1.5; //dreapta
//float door_offset = -3.4; //stanga
vector position_offset;

default {

    state_entry() {
        llSensorRepeat("", NULL_KEY, AGENT, SENSOR_RADIUS, PI/4, SENSOR_INTERVAL);
    }

    on_rez(integer param) {
        //position_offset = <door_offset, 0.0, 0.0>;
        llResetScript();
    }

    sensor (integer detected) {
        llOwnerSay ("detected right! open");
        llSetPos(llGetPos() + position_offset * llGetRot());
        position_offset *= -1;
        llSetTimerEvent(25.0);
    }

    timer() {
        llSetPos(llGetPos() + position_offset * llGetRot());
        position_offset*=-1;
        llOwnerSay ("closed right");
        llSetTimerEvent(0);
    }
}

```

Funcție MOD pe LEADERBOARD PANEL


```

default
{

    state_entry()
    {
        //IIOwnerSay("leaderboard Script running");
        IISetText("", <0,0,1>, 1.0);
    }

    touch_start(integer total_number)
    {
        modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "get_leaders", "");
    }

    link_message(integer sender_num, integer num, string message, key id)
    {
        //IIOwnerSay ("s-a executat MOD");
        IISetText("", <0,0,1>, 1.0);

        if (sender_num == -1)
        {
            IISetText("Leaders: \n" + message, <0,1,0>, 1.0);
        }
    }
}

default
{
    state_entry()
    {
        //IIOwnerSay("Leaders Script running");
    }

    touch_start(integer total_number) {
        modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "gmf_leaderboard", "");
    }

    link_message(integer sender_num, integer num, string message, key id)
    {
        IIOwnerSay("Raspuns functie MOD....");

        if (sender_num == -1)
        {
            IISetText("Studenti LEADERI (participare la cursuri, implicare si rezultate): " + message, <0,1,0>, 1.0);
        }
    }
}
}

```

HUD_STUDENT,HUD_TEACHER

```

default
{
  state_entry()
  {
    //IIOwnerSay("Hud student Script running");
    IISetText("", <0,0,1>, 1.0);
  }

  touch_start(integer total_number)
  {
    string prm=IISetKey2Name(IIDetectedKey(0)) + "|" + IIDetectedKey(0);
    //IIOwnerSay (prm);
    modSendCommand("CAMPSIMMODULE", "get_hudstudent", prm);
  }

  link_message(integer sender_num, integer num, string message, key id)
  {
    // IIOwnerSay ("s-a executat MOD");
    if (sender_num == -1)
    {
      IISetText(message, <0,0,1>, 1.0);
    }
  }
}

```

LANDMARK - Teleport outdoor

```

default
{
  state_entry()
  {
    IISetText("Touch to teleport outdoor!", <0,1,0>, 1.0);
  }

  touch_start(integer num) {
    IITeleportAgent (IIGetOwner(), "", <209, 88, 21>, <0,0,0>); //teleport outdoor
    IISetText("", <0,1,0>, 1.0);
  }
}

```

ANEXA 2 - Modulul Regiune

```
[assembly: Addin("CampSimNonSharedModule", "1.0")]
[assembly: AddinDependency("OpenSim", "0.8.1")]
namespace CampSimNonShared
{
    [Extension(Path = "/OpenSim/RegionModules", NodeName = "RegionModule", Id =
"CampSimNonSharedModule")]
    public class CampSimNonSharedModule : INonSharedRegionModule, IRegionModuleBase
//ICampSimNonSharedModule
    {
        private static readonly ILog m_log =
LogManager.GetLogger(MethodBase.GetCurrentMethod().DeclaringType);

        public string Name { get { return "CampSim NonShared Module"; } }
//public bool IsSharedModule { get { return false; } }//este non-shared, mai usor de gestionat!
        public Type ReplaceableInterface { get { return null; } }

//shared modules
//List<Scene> m_scenes = new List<Scene>();
//Dictionary<Scene, List<SceneObjectGroup>> scene_prims = new Dictionary<Scene,
List<SceneObjectGroup>>();

//non-shared
private Scene m_scene = null;

public IConfigSource m_config;
private bool m_enabled = false;
string m_Message = null;
int m_InitCount = 0;

//ptr functii MOD
private IScriptModuleComms m_commsMod = null;
}

public void AddRegion(Scene scene)
{
    m_scene = scene;
//m_scenes.Add(scene);
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** ADAUGARE LA REGION {0} ",
scene.RegionInfo.RegionName);

//INREGISTRARE FCTIE MOD
    m_commsMod = m_scene.RequestModuleInterface<IScriptModuleComms>();
    m_commsMod.OnScriptCommand += ProcessScriptCommand;
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** inregistrare functie MOD.....");
    m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** verificare bd locala - " +
functiiBD.VerifyConnection_local().ToString());
}
```

```

        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** verificare bd remote - " +
funcțiiBD.VerifyConnection_remote().ToString());

        //inregistrare pe eveniment Region
        scene.EventManager.OnNewClient += OnClientLogin;
        //OnNewClient;
        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE]: ***** inregistrare eveniment
client.....");

        scene.EventManager.OnClientClosed += ClientClosed;
    }

void ProcessScriptCommand(UUID scriptId, string reqId, string module, string input,
string argum)
{
    List<string> values = new List<string>();
    string hud = "";
    Dictionary<string, int> Visits = new Dictionary<string, int>();
    string[] prms = new string[6];
    UUID studentID, teacherID;

    if ("CAMPSIMMODULE" != module)
    {
        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Processing: WRONG module!");
        return;
    }

    switch (input)
    {
        //READS
        //=====
        case "get_groups":
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Getting
groups.....");
            string groups = "";
            values=funcțiiBD.GetGroups();
            if (funcțiiBD.data_err.rez == 1)
            {
                foreach (var rz in values)
                    groups += rz.ToString() + "|";
                m_commsMod.DispatchReply(scriptId, 1, groups, ""); //groups
            }
            else
            {
                m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Getting groups EROARE: " +
funcțiiBD.data_err.msg);
            }
            break;

        case "get_leaders":
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Getting leaderboard
data.....");
            string leaders = "";
            values = funcțiiBD.GetStudentLeaders();
            if (funcțiiBD.data_err.rez == 1)
            {
                foreach (var rz in values)
                    leaders += rz.ToString() + "\n";
            }
    }
}

```

```

        m_commsMod.DispatchReply(scriptId, 1, leaders, "");
    }
    else
    {
        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Getting leaderboard data
EROARE: " + functiiBD.data_err.msg);
    }
    break;

    case "get_hudstudent":
        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Getting hud student
data.....");
        prms = argum.Split (new char[] { '|' } );
        studentID = new UUID(prms[1]);
        student = functiiBD.GetHUDStudentData(prms[0], studentID);
        if (functiiBD.data_err.rez == 1)
        {
            hud = "Leader: " + student.isLeader.ToString() + "\n" +
"Presence: " + student.presenceScore.ToString() + "\n" + "Quizz: " +
student.quizScore.ToString() + "\n";
            hud += "Projects: " + student.projectScore.ToString() + "\n" +
"Practice: " + student.practiceScore.ToString();
            m_commsMod.DispatchReply(scriptId, 1, hud, "");
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] DATE student: " +
studentID.ToString());
        }
        else
        {
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Getting hud student data
EROARE: " + functiiBD.data_err.msg);
        }
        break;

    case "get_hudteacher":
        m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Getting hud teacher
data.....");
        prms = argum.Split (new char[] { '|' } );
        teacherID = new UUID(prms[1]);
        teacher = functiiBD.GetHUDTeacherData(prms[0], teacherID);
        if (functiiBD.data_err.rez == 1)
        {
            hud = "Average students: " + teacher.averageStudents.ToString()
+ "\n" + "Activity MIN: " + teacher.activityMin.ToString() + "\n";
            hud += "Students MIN: " + teacher.minStudents.ToString() + "\n"
+ "Date MIN: " + teacher.dateMin.ToString("dd-MM-yyyy") + "\n";
            hud += "Activity MAX: " + teacher.activityMax.ToString() + "\n"
+ "Students MAX: " + teacher.maxStudents.ToString() + "\n";
            hud += "Date MAX: " + teacher.dateMax.ToString("dd-MM-yyyy");
            m_commsMod.DispatchReply(scriptId, 1, hud, "");
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] DATE profesor: " +
teacherID.ToString());
        }
        else
        {
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Getting hud teacher data
EROARE: " + functiiBD.data_err.msg);
        }
        break;

```

```

//SAVE
        //=====
        case "save_visits":
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Saving
visits.....");
            prms = argum.Split(new char[] { '|' });
            functiiBD.SaveVisits(prms);
            if (functiiBD.data_err.rez == 0)
            {
                m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Saving visits EROARE: " +
functiiBD.data_err.msg);
            }
            break;

        case "save_presence":
            m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] FUNCTIE: Saving
presence.....");
            prms = argum.Split(new char[] { '|' });
            studentID = new UUID(prms[2]);
            functiiBD.SavePresence(prms, studentID);
            if (functiiBD.data_err.rez == 0)
            {
                m_log.DebugFormat("[CAMPSIM MODULE] Saving presence EROARE: " +
functiiBD.data_err.msg);
            }
            break;
    }
}

```