



UNIUNEA EUROPEANĂ



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MIPOSDRU

MINISTERUL  
EDUCAȚIEI ȘI  
CERCETĂRII  
ȘTIINȚIFICE



Universitatea POLITEHNICA  
din Bucuresti

PROIECT COFINANȚAT DIN FONDUL SOCIAL EUROPEAN PRIN PROGRAMUL OPERAȚIONAL SECȚIONAL PENTRU DEZVOLTAREA RESURSELOR UMANE 2007 – 2013  
INVESTEȘTE ÎN OAMENI!

**Proiect CID-Doc - POSDRU/187/1.5/S/155536**

*Cunoaștere, inovare și dezvoltare prin burse doctorale*



**UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI**  
**Școala doctorală de Automatică și Calculatoare**

# TEZĂ DE DOCTORAT

*Contribuții la dezvoltarea de medii  
educaționale virtuale*

**Autor: Ing. Alexandru Grădinaru**

**Conducător de doctorat: Prof. Dr. Ing. Florica MOLDOVEANU**

## COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof. dr. ing. Adina FLOREA	de la	Universitatea POLITEHNICA din București
Conducător de doctorat	Prof. dr. ing. Florica MOLDOVEANU	de la	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. dr. ing. Mariana Mocanu	de la	Universitatea POLITEHNICA din București
Referent	Prof. dr. ing. Alexandru Soceanu	de la	Munich University of Applied Sciences
Referent	Prof. dr. ing. Vasile Manta	de la	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași

BUCUREȘTI, 2019

## Mulțumiri

În primul rând, aș vrea să mulțumesc doamnei profesor Dr. Florica Moldoveanu, coordonatorul acestei lucrări, pentru îndrumarea, răbdarea și motivarea cu care m-a susținut.

De asemenea aș vrea să mulțumesc și Prof. Dr. Alin Moldoveanu, S.I. Dr. Victor Asavei și Conf. Dr. Anca Morar pentru experiența și îndrumarea de care am avut parte în cadrul proiectelor de cercetare.

Aș vrea să mulțumesc echipei DECAMP pentru oportunitatea de a lucra într-un parteneriat strategic internațional, și în mod special Prof Dr. Alexandru Soceanu și Dr. Marion Soceanu pentru experiența dobândită.

Nu în ultimul rând, aș vrea să mulțumesc familiei pentru susținerea continuă, și în special soției mele Elena pentru răbdare, înțelegere și dăruire.

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. POSDRU/187/1.5/S/155536.

Parte din această lucrare a fost susținută și de proiectul DECAMP, prin grantul Erasmus+ Strategic Partnerships numărul 2014-1-DE01-KA203-000695.

## Abstract

Această lucrare prezintă o serie de contribuții la dezvoltarea de medii educaționale virtuale prin proiectarea și implementarea de soluții destinate în special cadrelor didactice care au doar cunoștințe tehnice de bază în folosirea calculatorului. În prima parte a tezei sunt descrise studii asupra mediilor educaționale virtuale folosite în mod curent, probleme identificate și o serie de soluții pentru rezolvarea lor. În următoarele capitole sunt prezentate două platforme originale care oferă posibilitatea construirii de medii virtuale folosind interfețe utilizator simple și intuitive, bazate pe șabloane de conținut sau prelucrarea limbajului natural. Este realizată și o evaluare comparativă a rezultatelor pentru fiecare platformă implementată, pe baza răspunsurilor unor grupuri de utilizatori țintă. În continuare este realizat un studiu de caz care prezintă modalități de gamificare a unor subiecte de studiu avansate, de nivel masterat, ca proces și implementare. Sunt prezentate de asemenea și contribuții aduse în cadrul proiectului DECAMP în ceea ce privește implementarea și folosirea de medii educaționale virtuale.

This thesis presents a series of contributions to the development of virtual learning environments through the design and implementation of solutions dedicated to teachers who only have basic IT knowledge. The first part of the thesis is a study on commonly used virtual learning environments, problems and a series of solutions to solve them. In the following chapters two original platforms are presented, offering the possibility to build virtual environments using simple and intuitive user interfaces based on content templates or natural language processing. A comparative evaluation of the results for each implemented platform is also performed based on the responses of target user-groups. The thesis continues with a case study presenting a gamification process of advanced master-degree topics. Contributions to the DECAMP project regarding the use and the implementation of virtual learning environments are also presented.

## Cuprins

1	Introducere .....	10
1.1	Context.....	10
1.2	Motivație.....	15
1.3	Obiective .....	20
1.4	Lista publicațiilor și a proiectelor .....	21
1.4.1	Articole publicate în volume ale unor conferințe .....	21
1.4.2	Articole publicate în jurnale.....	23
1.4.3	Premii .....	23
1.4.4	Proiecte .....	23
1.5	Structura tezei.....	24
2	Medii educaționale virtuale .....	26
2.1	E-Learning 3.0 .....	26
2.2	Interoperabilitatea în sistemele e-Learning.....	29
2.3	Metode de îmbunătățire a procesului educațional utilizând e-Learning .....	35
2.4	Gamificare și jocuri în educație.....	41
2.5	Instrumente virtuale moderne în educație.....	45
3	Platformă pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale simple .....	49
3.1	Cerințe funcționale .....	49
3.2	Arhitectură .....	57
3.3	Implementare .....	60
3.4	Rezultate .....	72
4	Platformă pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale complexe folosind limbajul natural 73	
4.1	Cerințe funcționale .....	73
4.2	Arhitectură .....	78
4.2.1	Componenta MMO .....	81
4.2.2	Componenta NLP .....	85
4.2.3	Componenta Lib.....	87
4.2.4	Soluție .....	88
4.3	Implementare .....	89
4.4	Rezultate .....	103
5	Evaluarea platformelor dezvoltate de către utilizatori din grupul țintă .....	104

6	Studiu de caz: introducerea aspectelor de gamificare în învățământul superior.....	117
6.1	Cerințe funcționale .....	117
6.2	Arhitectură .....	127
6.3	Implementare .....	132
6.4	Rezultate .....	140
7	Contribuții în dezvoltarea platformei DECAMP .....	142
7.1	Arhitectură .....	142
7.2	Implementare CUAS.....	143
7.3	Implementare VLP.....	150
7.4	Rezultate .....	153
8	Concluzii .....	155
8.1	Contribuții originale .....	155
8.2	Dezvoltări ulterioare .....	159
	Bibliografie .....	161

## Listă figuri

Figura 1.1 Dificultăți în a dezvolta conținut educațional interactiv .....	16
Figura 1.2 Studiu de utilitate a jocurilor în educație universitară .....	17
Figura 1.3 Studiu de utilitate a jocurilor de educație universitară în medii defavorizate sau de liceu .....	18
Figura 1.4 Studiu testare cunoștințe prin joc.....	19
Figura 2.1 Structura și funcționarea SCORM .....	30
Figura 2.2 Structura generală a unui obiect JSON în xAPI.....	32
Figura 2.3 Reprezentarea unui actor prin email sau cont de Skype în xAPI .....	32
Figura 2.4 Reprezentarea unui verb în xAPI.....	33
Figura 2.5 Reprezentarea unui obiect în xAPI.....	33
Figura 2.6 Reprezentarea rezultatelor în xAPI .....	34
Figura 2.7 Principii în folosirea de conținut multimedia .....	36
Figura 2.8 Moduri de captare a datelor în Watershed .....	39
Figura 2.9 Configurarea unui furnizor de date în Watershed .....	39
Figura 2.10 Analiză și rapoarte Watershed.....	40
Figura 3.1 Schiță configurare interacțiune pentru un obiect de joc.....	53
Figura 3.2 Schiță pentru selectarea tipului de joc .....	53
Figura 3.3 Schiță pentru selectarea unui șablon.....	54
Figura 3.4 Schiță pentru selectarea stilului de joc .....	54
Figura 3.5 Schiță pentru selectarea nivelului de joc.....	55
Figura 3.6 Schiță pentru configurarea unui obiect de joc.....	55
Figura 3.7 Diagrama de context.....	56
Figura 3.8 Diagrama de componente a platformei.....	58
Figura 3.9 Diagrama de distribuție a platformei.....	59
Figura 3.10 Pași urmați de utilizator pentru crearea unui proiect .....	60
Figura 3.11 Configurarea de niveluri de joc.....	61
Figura 3.12 Editor ThreeJS .....	62
Figura 3.13 Ansamblu de obiecte de joc folosite ca șablon.....	63
Figura 3.14 Obiect de tip personaj ca șablon.....	63
Figura 3.15 Listă de resurse accesibile prin Drag&Drop .....	64
Figura 3.16 Configurare obiect de joc interactiv prin folosirea unui formular .....	66
Figura 3.17 Publicarea online a unui proiect .....	67
Figura 3.18 Accesarea în Cloud a proiectului realizat.....	67
Figura 3.19 Prezentare statistici și date preluate prin xAPI în Moodle .....	69
Figura 3.20 Exemplu de obiect xAPI folosit.....	70
Figura 3.21 Conectare platformă și plugin de moodle prin OAuth: a) Configurare inițială; b) Redirecționare către platforma de dezvoltare; c) Autorizare.....	71
Figura 3.22 Integrarea proiectului rezultat în Moodle: a) Configurarea unei Activități Moodle; b) Adăugarea unei activități de tip joc în cadrul unui curs; c) Accesarea activității de tip joc în cadrul Moodle.....	71
Figura 4.1 Diagrama de context.....	76
Figura 4.2 Schiță de interfață grafică .....	77
Figura 4.3 Diagrama de componente .....	81
Figura 4.4 Arhitectura OpenSimulator.....	83

Figura 4.5 Diagrama de distribuție a platformei .....	89
Figura 4.6 Importul unui fișier glTF și transformarea în Prefab Unity .....	92
Figura 4.7 Secvență automată prin care se transformă un model 3D în Unity Asset Bundle.....	93
Figura 4.8 Procesarea unui mesaj audio în limba română.....	94
Figura 4.9 Configurare wit.ai în limba română .....	95
Figura 4.10 Exemplu de configurare a unui bot conversațional .....	95
Figura 4.11 Exemplu de comandă text și de răspuns.....	96
Figura 4.12 Exemplu de obiect complex afișat la comanda laborator de informatică .....	97
Figura 4.13 Configurare Wit.ai pentru laborator informatică .....	97
Figura 4.14 Interfață grafică afișată în proximitatea unui obiect de joc.....	98
Figura 4.15 Meniu contextual de editare a unui obiect existent.....	98
Figura 4.16 Meniu salvare.....	99
Figura 4.17 Meniu principal .....	100
Figura 4.18 Plugin Moodle de configurare a evenimentelor virtuale .....	100
Figura 4.19 Interfață conectare student.....	101
Figura 4.20 Interfață client VRP .....	101
Figura 4.21 Plugin Moodle cu afișarea de date xAPI.....	102
Figura 5.1 Ciclul de studii de predare .....	104
Figura 5.2 Mediul social de predare .....	105
Figura 5.3 Domenii de studiu în predare .....	105
Figura 5.4 Instrumente folosite în cadrul cursurilor .....	106
Figura 5.5 Procent dezvoltare material interactiv .....	107
Figura 5.6 Nivel interactivitate material educațional dezvoltat .....	107
Figura 5.7 Tipuri de material interactiv dezvoltat.....	108
Figura 5.8 Necesitate materiale interactive.....	108
Figura 5.9 Grad de folosire a calculatorului.....	109
Figura 5.10 Abordări în realizarea de materiale interactive .....	110
Figura 5.11 Dificultate percepută pentru Platforma 1.....	111
Figura 5.12 Utilitate percepută pentru Platforma 1 .....	111
Figura 5.13 Dificultate percepută pentru Platforma 2.....	112
Figura 5.14 Utilitate percepută pentru Platforma 2 .....	112
Figura 5.15 Preferință platformă.....	113
Figura 5.16 Grad de folosire al calculatorului în cazul grupului 2.....	114
Figura 5.17 Dificultate percepută pentru Platforma 1 în cazul grupului 2 .....	114
Figura 5.18 Dificultate percepută pentru Platforma 2 în cazul grupului 2 .....	115
Figura 5.19 Interes în ceea ce privește utilizarea platformelor realizate .....	115
Figura 6.1 Clasificare bacterii [132].....	118
Figura 6.2 Secvență stabilire conexiune HTTPS .....	119
Figura 6.3 Cablare RJ45 cu standardul T568A.....	120
Figura 6.4 Diagramă de context.....	125
Figura 6.5 Prototip interfață cu utilizatorul .....	126
Figura 6.6 Diagrama de componente .....	130
Figura 6.7 Diagrama de entități a bazei de date .....	131
Figura 6.8 Diagrama de distribuție.....	131
Figura 6.9 Avatar în poziție standard T .....	132

Figura 6.10 Artefacte generate de transparența texturilor .....	133
Figura 6.11 Configurarea modalității de redare a materialelor în Unity .....	133
Figura 6.12 Interpolarea animațiilor pentru mișcarea avatarului .....	134
Figura 6.13 Mască pentru interpolarea animațiilor avatarului în Unity .....	134
Figura 6.14 Quest în desfășurare - eliminare bacterii.....	136
Figura 6.15 Quest în desfășurare – căutare în nomenclator. ....	136
Figura 6.16 Quest în desfășurare. Confidențialitate și vulnerabilități .....	137
Figura 6.17 Quest în desfășurare. Conexiuni și transport securizat .....	137
Figura 6.18 Meniu informații contextuale .....	138
Figura 7.1 Arhitectura DECAMP .....	143
Figura 7.2 Rețea Peer to Peer între platformele Moodle ale partenerilor DECAMP .....	144
Figura 7.3 Configurare servicii Peer în MNet .....	145
Figura 7.4 Autentificare unui student din UPB la MUAS .....	146
Figura 7.5 Opțiuni de publicare a unui curs în DCH .....	147
Figura 7.6 Publicarea și listarea de cursuri .....	147
Figura 7.7 Community Finder Block.....	148
Figura 7.8 Căutare de cursuri folosind CFB.....	148
Figura 7.9 Selectarea unui curs din rezultatele căutării folosind CFB.....	149
Figura 7.10 Autentificare folosind contul platformei Moodle de la universitatea de proveniență....	149
Figura 7.11 Pas de înrolare la un curs Moodle folosind o parolă .....	149
Figura 7.12 Accesarea rapidă a unui curs din DCH .....	150
Figura 7.13 Pornirea și accesarea OpenStack din Moodle.....	151
Figura 7.14 Configurare plugin OpenStack .....	152
Figura 7.15 Adăugarea unei activități OpenStack în Moodle și selectarea unei imagini de mașină virtuală .....	153
Figura 7.16 Activitatea Moodle OpenStack din perspectiva studenților .....	153



## Listă tabele

Tabel 1.1 Sinteza obiectivelor .....	20
Tabel 3.1 Exemple de șabloane construite .....	63
Tabel 4.1 Comparație Unreal Engine 4 și Unity 2018 în vederea implementării unei platforme pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale .....	80
Tabel 4.2 Analiză de prețuri pentru sisteme server MMO comerciale.....	84
Tabel 6.1 Lista de obiective educaționale.....	120
Tabel 6.2 Lista de Quest-uri corelate cu obiectivele educaționale.....	123
Tabel 6.3 Comparație Unreal Engine 4 și Unity 2018 în vederea dezvoltării unui joc RPG .....	129
Tabel 6.4 Relevanța interacțiunilor de joc în context educațional .....	139

# 1 Introducere

## 1.1 Context

Apariția internetului și a formelor de învățământ de tip e-Learning a dus la nevoia de structurare a informației educaționale în mediul virtual, dând astfel naștere unor sisteme de management al conținutului educațional. Aceste sisteme sunt prezente în mai multe forme și cu diverse denumiri, printre cele mai cunoscute fiind LMS (Learning Management System) și VLE (Virtual Learning Environment), accesate în general de la distanță folosind internetul, favorizând accesul la o educație dirijată și supervizată [1]. În primă instanță aceste sisteme au fost relativ simple, prezentate sub forma unor interfețe web 2D. Apariția și dezvoltarea mediilor virtuale 3D a reprezentat un pas tehnologic important ce a deschis posibilități de simulări interactive, interacțiune socială și colaborare, alături de o senzație de prezență activă în mediul respectiv, concept denumit și imersiune.

Multe dintre rapoartele care analizează perspectivele tehnologiei în 2018 [2] [3], arată că spațiile de Realitate Virtuală (VR – Virtual Reality) în educație și formare sunt una dintre prioritățile de investiții de vârf pentru managementul superior în cercetare și dezvoltare și pentru companii în general. Tehnologiile și serviciile de simulare, animații sau conținut interactiv alături de soluțiile mobile sunt printre cele mai bine cotate tehnologii emergente, fiind considerate ca promotorul transformării modului în care educăm acum. Câteva exemple relevante ar putea fi Walmart [3], care a folosit VR pentru a simula haosul de Black Friday și a pregătit managerii de magazin pentru a putea gestiona mai bine situația sau Komatsu [3], care folosește VR pentru a instrui operatorii de echipamente grele, fără nici un risc de siguranță sau financiar.

Ambele rapoarte [2] [3] împărtășesc aceleași concluzii: experiența captivantă în VR este o oportunitate excepțională, iar adoptarea acestei tehnologii este de așteptat să crească. Sistemele VR și sistemele de control al sistemelor fizice de la distanță bazate pe VR devin mai ieftine și mai frecvent utilizate, fiind capabile în a fi folosite la antreneze, educație și chiar lucru de la distanță într-un mediu sigur dar foarte realist. Acest lucru va afecta nu numai educația, ci întregul ecosistem de viață actual, afacerile și stilul de lucru prin eliminarea constrângerilor bazate pe locație.

Totuși, VR nu este încă atât de avansată și, cu siguranță, nu este încă o tehnologie ieftină sau accesibilă acum. Există deci unele provocări care trebuie luate în considerare, așa cum arată studiile și sondajele recente [4] [5] [6], probleme care se aplică și în domeniul e-Learning:

- **Buget:** costurile curente de utilizare a VR cu un public mare este foarte ridicat, VR necesitând hardware special, cum ar fi HMD (Head-Mounted Display) și stații de lucru cu capabilități grafice ridicate.
- **Conținut/resurse:** resursele VR actuale sunt limitate la video-uri 360 (panorame video 3D), prototipuri, experimente sau conținut brevetat, care necesită profesioniști calificați pentru a le crea.
- **Dezvoltare:** dezvoltarea aplicațiilor VR este în primul rând foarte costisitoare, deoarece implică mai multe componente diferite care necesită, de obicei, achiziții speciale de hardware, profesioniști calificați, crearea și distribuirea de conținut. Toate aceste lucruri aduc costuri care ar putea merge până la sute de mii sau milioane de dolari. În al doilea rând, trebuie să fie luată în considerare dotarea hardware a publicului țintă, dacă are suficient echipament VR și dacă aplicația va fi suficient de accesibilă pentru a acoperi costurile de producție.
- **Angajament:** VR nu este luată foarte în serios încă, fiind considerată mai mult ca parte a jocurilor sau a industriei de divertisment. De asemenea, persoanele în vârstă nu sunt încă pregătite să adopte o experiență digitalizată, mai ales în educație în rândul personalului didactic.

Velev și Zlateva încheie studiul lor [6] cu aceeași concluzie previzibilă: adoptarea VR va crește și va crea oportunități în educație. Ei au evidențiat, de asemenea, nevoia în creștere de profesioniști calificați.

La fel ca toate industriile în creștere, este de așteptat, evident, ca pe măsură ce tehnologia avansează aceasta să coste din ce în ce mai puțin, să fie mai accesibilă și mai adoptată, necesitând astfel și mai mulți profesioniști în domeniu. Totuși, acest lucru nu va rezolva în întregime problema conținutului, care depinde de mai mult de o categorie de părți interesate: spre exemplu pentru dezvoltarea de material educațional ar trebui implicați și profesorii, pentru dezvoltarea de aplicații de turism ar trebui implicate agenții de turism sau lanțuri hoteliere etc.

Aceeași situație o putem observa și la dezvoltatorii de jocuri comerciale. Dezvoltarea jocurilor până la apariția unor motoare grafice și editoare avansate cum ar fi Unity în 2005, se făcea foarte anevoios, cu multă programare și cunoștințe matematice și de grafică pe calculator, fiind necesară crearea de la zero a întregului ecosistem și propriului motor de joc [7]. Odată cu apariția acestor platforme multe dintre jocuri presupun doar crearea de conținut, plasarea în scenă și programarea mecanicilor de joc făcând dezvoltarea de jocuri mult mai accesibilă, mai ales prin publicarea de module funcționale, gata de folosire, în Asset Store, un magazin virtual în care se găesc modele, avataruri, animații, script-uri, elemente de interfață grafică și chiar scene întregi cu funcționalitate. Există și limbaje de scripting vizual (Blueprint de la Unreal Engine sau Bolt pentru Unity) ceva mai accesibile pentru persoane din afara domeniului tehnic, dar dezvoltarea unui joc necesită evident și un minim de cunoștințe de programare și de elemente de grafică pe calculator. Alături de aceste utilitare, s-au pus la dispoziție și resurse educaționale, tutoriale, materiale video și chiar jocuri complete, pentru a ajuta la o dezvoltare cât mai facilă. Astfel, s-a permis dezvoltarea rapidă de jocuri, crescând cu mult accesibilitatea atât persoanelor tehnice cât mai ales și a celor mai puțin tehnice, fiind exemple de jocuri de mare succes create în câteva luni, zile sau chiar minute<sup>1</sup>.

Un exemplu similar este adoptarea timpurie a e-Learning-ului, de la care se aștepta să revoluționeze și să aibă un impact radical în educație. Totuși, după cum au arătat multe studii [8] [9] [10] [11], acest lucru nu s-a întâmplat din cauza mai multor factori, cele mai relevante fiind lipsa competențelor profesorilor, accesibilitate insuficientă și instruire puțină în ceea ce privește funcțiile avansate. Cu toate că tehnologia era deja folosită în multe instituții educaționale, acest lucru nu a modificat semnificativ practicile și metodele actuale de predare în structura și activitățile folosite. VLE erau folosite mai mult cu scop administrativ, pentru a disemina resurse și informații sau să completeze prin suport electronic metodele tradiționale de predare [8] [12]. Materialele educaționale încărcate și folosite în aceste sisteme erau în principal statice, bazate pe conținut text, cum ar fi pagini web sau prezentări Power Point accesibile online pentru descărcare. Deși în multe cazuri VLE erau folosite și pentru a colecta evaluări sau teme de la studenți, metodele presupun doar încărcarea unei teme individuale și apoi descărcarea și verificarea manuală a acesteia de către profesor sau completarea unui chestionar on-line. Activități care solicitau interactivitate, colaborarea sau gândire cum ar fi simulări, jocuri, aplicații, laboratoare, jurnale, workshop-uri, forumuri sau

---

<sup>1</sup> <https://www.pocketgamer.biz/interview/62711/how-color-switch-went-no1-using-buildbox/>

wiki-uri au fost rar utilizate spre deosebire de activitățile care le replică pe cele folosite deja în modelele de predare față în față. Unul dintre puținele exemple de VLE interactiv folosit este PhET<sup>2</sup>, o colecție de simulări interactive în matematică sau științe.

Situația nu a avansat foarte mult în ceea ce privește adoptarea e-Learning-ului și adaptarea practicilor educaționale. Un studiu recent ce a analizat 259 de articole [13] identifică 68 de bariere des întâlnite în implementarea e-Learning-ului împărțindu-le în patru categorii:

- bariere tehnologice: infrastructură, suport,
- bariere individuale: percepția studentului, motivația studentului,
- bariere pedagogice: conținut și materiale educaționale, cunoștințe tehnice
- bariere de oportunitate: suport administrativ, cost.

În esență, absența unor instrumente sau cunoștințe pentru a crea conținut educațional de către educatori sau profesori a fost un dezavantaj major în adoptarea metodelor de e-Learning.

Nevoia de adaptare a practicilor și a materialelor didactice există totuși și este subliniată de multe studii. Conole [14] sugerează o schimbare în modul în care studenții născuți după anii 1980 [15] percep și folosesc tehnologia în educație și a definit opt factori ce definesc relația acestora cu instrumentele tehnologice actuale. Acesta subliniază faptul că studenții folosesc tehnologia într-un mod personalizat și natural, fiind un punct central pentru toate aspectele legate de învățare. Limitele de timp și spațiu încep să dispară, informația putând fi accesată instant de oriunde, studenții folosind și combinând instrumente diverse pentru a căuta și structura date. Mai mult, tendințele de tehnologizare a educației și a modului în care noile generații învață avansează într-un ritm din ce în ce mai alert [16]. În acest sens instituțiile de învățământ nu sunt pregătite corespunzător pentru a educa noua generație de studenți, pentru care practicile curente de predare și educație nu sunt compatibile cu utilizarea complexă și sofisticată a noilor tehnologii [17] [18].

Se lansează astfel o întrebare cheie, și anume dacă infrastructura actuală a instituțiilor este adaptată la cerințele și mediul tehnologic complex al studenților și poate, mai important, dacă cursurile sunt proiectate și susținute ținând cont de aceste aspecte [14].

Multe publicații prezintă soluții interactive și experimente în utilizarea VLE pentru predare și evaluare online [19] [20] [21] [22] [23]. Particularitatea acestora este că mediile sunt dezvoltate

---

<sup>2</sup> <https://phet.colorado.edu/>

în varianta unui prototip special pentru cercetare, fiind oferite într-un mediu dedicat, necesitând dependențe instalate, conturi etc., proces destul de anevoios și costisitor. Dezvoltarea de medii interactive educaționale este încă o problemă serioasă, existând studii [24] care încearcă să găsească sau să proiecteze soluții care să simplifice acest proces și pentru a crește ușurința de a crea conținut educațional modern. Observăm de asemenea că cercetările care vizează VLE se bazează frecvent pe instrumente sau platforme care le ușurează munca. Într-un studiu ce a analizat 167 de articole în ceea ce privește crearea de lumi virtuale în educație [25] se poate observa faptul că majoritatea covârșitoare a mediilor 3D create au fost realizate folosind Second Life, Active Worlds sau Open Simulator. Acestea din urmă sunt platforme care permit utilizatorilor modelarea ușoară a unui spațiu virtual 3D prin adăugarea de obiecte și interacțiuni. Un aspect interesant subliniat este faptul că cercetătorii nu sunt în general mulțumiți de limitele acestor platforme și sunt deschiși să exploreze opțiuni noi. Din același studiu reiese că principalele obiective ale spațiilor dezvoltate au fost de suport educațional, simulări, interacțiune socială sau jocuri. Strategiile educaționale vizate au fost îndreptate către învățare colaborativă, învățare bazată pe explorare sau învățare prin jocuri de rol (RPG – Role Playing Game). Topici frecvent abordate sunt cele de învățare de limbi străine, știință și medicină.

Există și probleme ce pot apărea într-un mediu educațional puternic tehnologizat, care poate distra atenția de la scopul inițial. Conole [14] subliniază că este o nevoie de atenție și eventual o redefinire a noțiunilor de timp și spațiu în relație cu e-Learning, acum că studenții au acces la informație ușor, după cum afirmă și Goodyear [26], Land [27] sau Virilio [28].

Un studiu mai recent, ce a analizat 99 de articole, scoate în evidență faptul că o importanță majoră în e-Learning este de a avea întotdeauna în vedere obiectivele educaționale atunci când se crează soluții și conținut, dezvoltarea de instrumente care să permită crearea cu ușurință a unor astfel de medii fiind esențială în acceptarea și utilizarea lor [29].

## 1.2 Motivație

Pe baza studiului literaturii din domeniul tezei se poate trage concluzia că e-Learning și mediile virtuale educaționale au adus multe beneficii, dar au întâmpinat dificultăți de adoptare subliniindu-se în mod special câteva bariere întâlnite în mod recurent. Au fost identificate astfel câteva probleme care vor constitui baza de plecare a lucrării:

- Lipsa de cunoștințe tehnice a cadrelor didactice.
- Lipsa materialelor de pregătire și inconsistența modalităților de concepere, expunere și evaluare a conținutului educativ.
- Conținut educațional interactiv insuficient (imagini, animații, simulări etc.).
- Dificultatea dezvoltării de materiale didactice interactive.
- Absența unor instrumente de dezvoltare ușoară a conținutului educațional interactiv.
- Costuri tehnologice și infrastructură insuficientă.

Pentru a confirma acest lucru și în România, am realizat un studiu la care au participat un număr de 171 de cadre didactice din România. A fost organizat un chestionar online structurat, cu întrebări cu variante multiple de răspuns (se selectează toate variantele care se aplică și se dă posibilitatea introducerii de noi variante de răspuns), în care s-au studiat instrumentele folosite de cadrele didactice în prezent pentru construirea de conținut educațional, gradul și metodele de interactivitate folosite, interesul în dezvoltarea unui conținut educațional adecvat tehnologiilor și elevilor, dar și care sunt principalele dificultăți în a dezvolta materiale didactice interactive. Chestionarul este prezentat în detaliu în capitolul 5 împreună cu o analiză detaliată a rezultatelor.

Întrebarea care vizează dificultățile întâmpinate de cadrele didactice în dezvoltarea de material interactiv a oferit variante de răspuns multiple, cu posibilitatea adăugării altor răspunsuri personalizate. Variantele de răspuns au fost, în ordine, după cum urmează:

- Dezvoltarea de conținut presupune cunoștințe vaste în domeniul calculatoarelor și al programării.
- Lipsa de echipamente/dispozitive tehnice adecvate.
- Dificultatea și complexitatea dezvoltării este ridicată.
- Material de suport indisponibil (tutorial, materiale informative, imagini, modele, animații etc.).

- Nu cunosc medii/aplicații de dezvoltare.
- Nu am suficiente cunoștințe tehnice de folosire a calculatorului/dispozitivelor mobile.
- Timpul mare necesar dezvoltării (adăugat ulterior întrucât au existat mai multe răspunsuri în aceasta direcție).
- Altele (se completează prin text).

## 11. Care sunt principalele dificultăți în a dezvolta conținut educațional interactiv?

159 responses

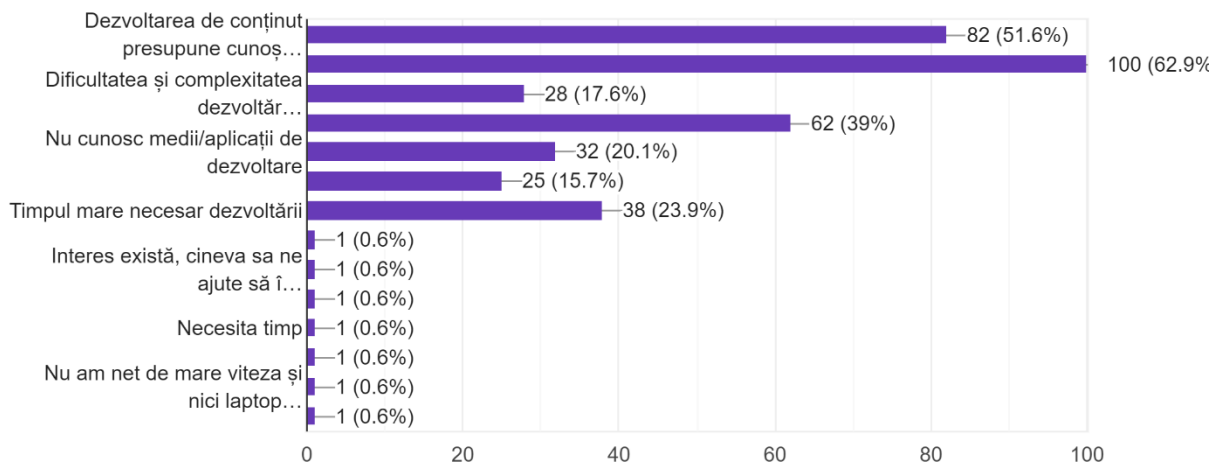


Figura 1.1 Dificultăți în a dezvolta conținut educațional interactiv

Rezultatele confirmă concluziile la care am ajuns din studiul literaturii (Figura 1.1). Principalele dificultăți sunt reprezentate de lipsa echipamentelor tehnice și faptul că dezvoltarea de conținut presupune cunoștințe vaste în domeniul calculatoarelor și al programării. Lipsa materialului suport este de asemenea o problemă des menționată de participanți, dar și timpul necesar sau cunoștințele tehnice insuficiente pentru a realiza acest lucru.

Pentru a valida percepția studenților asupra mediilor virtuale educaționale interactive, în special jocuri, am realizat și un studiu la care au participat 44 de studenți masteranzi, de la Facultatea de Automatică și Calculatoare din Universitatea POLITEHNICA București. Au fost analizate mai multe întrebări legate de utilitatea percepută a jocurilor în procesul educațional de nivel universitar. Răspunsurile au fost completate în sala de curs, folosind un formular online. Astfel, au fost formulate următoarele trei întrebări:



- Cât de utilă vi se pare ideea asimilării de cunoștințe universitare (topici avansate de licență, masterat - rețelistică, programare, grafica etc.) prin medii virtuale educaționale interactive?
- Cât de utilă este ideea de mai sus, în contextul accesului la educație superioară a celor din medii defavorizate, a celor care nu au acces la conținut de calitate sau a celor care vor să studieze din liceu? Explicați pe scurt.
- Cum ai testa/nota cunoștințele de topici avansate în medii virtuale educaționale interactive?

Pentru prima întrebare s-a folosit o scară Likert cu 6 puncte, pentru a elimina neutralitatea în ceea ce privește răspunsul la utilitate, 1 reprezentând răspunsul „Deloc”, iar 6 „Extrem de util”. Rezultatul prezentat în figura de mai jos a fost pozitiv, toate răspunsurile având o valoare mai mare sau egală cu 4 (Figura 1.2).

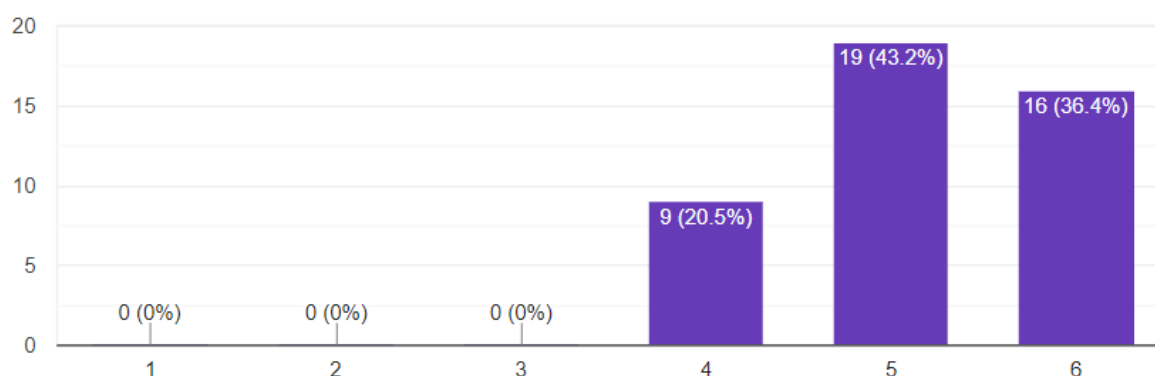


Figura 1.2 Studiu de utilitate a jocurilor în educație universitară

Pentru restul de două întrebări răspunsul a fost liber, răspunsurile fiind grupate semantic în mai multe categorii prezentate în continuare.

Astfel, la nivel de utilitate în medii defavorizate sau de liceu, pentru întrebarea a doua, răspunsurile s-au grupat în categoriile de mai jos, după cum este prezentat și în figură (Figura 1.3):

- Foarte utilă (29 de răspunsuri)
- Poate fi utilă (11 răspunsuri)
- Nu este utilă (4 răspunsuri)

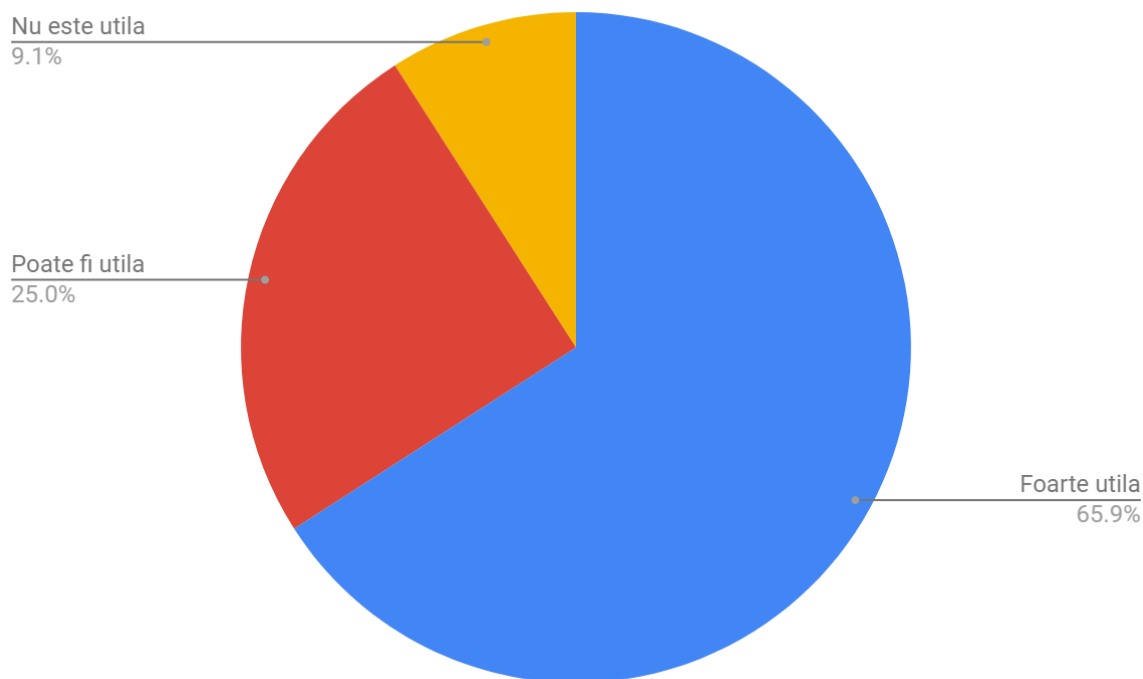


Figura 1.3 Studiu de utilitate a jocurilor de educație universitară în medii defavorizate sau de liceu

Răspunsurile negative au avut ca motivație lipsa materialelor didactice și mai concret a dispozitivelor care să le permită accesul în medii virtuale educaționale interactive, a faptului că nu au cunoștințele necesare accesării unor astfel de medii sau a faptului că este foarte dificilă o astfel de implementare. Sumarizând, motivele indicate sunt în principal de nivel logistic.

Răspunsurile pozitive au avut ca motivații principale interactivitatea, faptul că tinerii sunt atrași spre informații utile prin interactivitate și accesul la resurse sau cunoștințe universitare de calitate într-un mod mai simplu și distractiv.

Pentru ultima întrebare răspunsurile s-au grupat în principal în două mari categorii semantice, dar au fost și răspunsuri nule, irelevante sau care nu se încadrau în aceste categorii, grupate în cele de mai jos în categoria „Altele” (Figura 1.4):

- Testare prin Quiz (14 răspunsuri)
- Testare prin joc de rol RPG/Quest-uri (15 răspunsuri)
- Altele (15 răspunsuri)

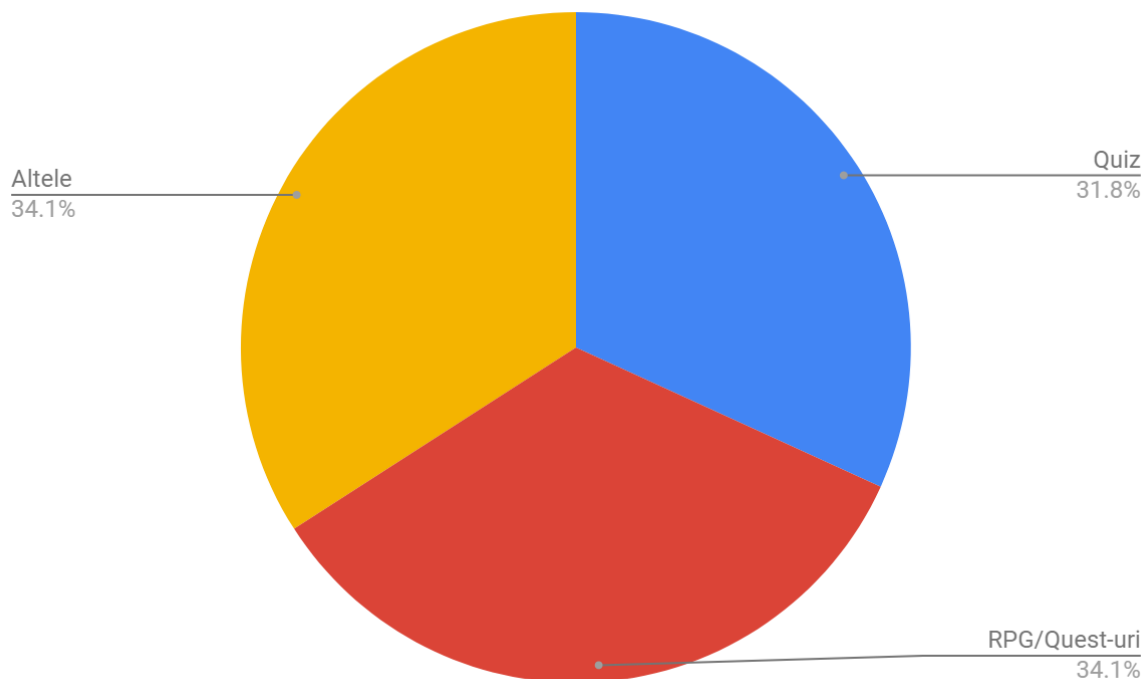


Figura 1.4 Studiu testare cunoștințe prin joc

Astfel, majoritatea răspunsurilor s-au concretizat în folosirea de quiz-uri sau a unui joc RPG, în care cunoștințele să fie testate experimental prin rezolvarea unor quest-uri.

Se poate observa astfel și discrepanța dintre soluțiile educaționale oferite de cadrele didactice și cerințele sau așteptările studenților.

Se pot formula astfel câteva ipoteze care să constituie punctul de plecare al acestui studiu:

- Realizarea unor instrumente pentru crearea de medii virtuale educaționale accesibile cadrelor didactice fără cunoștințe tehnice va duce la creșterea calității materialelor interactive și implicit la îmbunătățirea metodelor de e-Learning.
- Realizarea și publicarea de materiale suport educaționale prin cursuri, imagini, animații, exemple de aplicații și de structurare a materialului didactic în mod interactiv va oferi mai multe posibilități de dezvoltare cadrelor didactice
- Realizarea de medii virtuale educaționale interactive de calitate va atrage interesul elevilor și al studenților
- Atât timp cât dezvoltarea de spații virtuale interactive va avea nevoie de o expertiză tehnică mai mare decât utilizarea Power Point, acestea nu vor putea fi dezvoltate la scară largă

### 1.3 Obiective

Obiectivele acestei lucrări sunt definite atât de ipotezele lansate cât și de problemele conexe identificate. Astfel, actuala teză de doctorat prezintă concepția și dezvoltarea unor soluții care să acopere problemele descrise în paragraful anterior, după cum sunt sintetizate în tabelul următor (Tabelul 1.1).

<b>Problemă</b>	<b>Soluție necesară</b>
Lipsa de cunoștințe tehnice	Un sistem care să nu necesite programare sau cunoștințe tehnice de modelare 3D, animație, iluminare, grafică etc. Pentru acest lucru ar trebui să existe deja obiecte cu funcționalitate predefinită care să poată fi folosite în scenă. Practic, un utilizator trebuie doar să aleagă elemente, să le configureze și să construiască o scenă conformă cu nevoile proprii.
Lipsa materialului suport	Un sistem care să asigure suficiente materiale (obiecte 3D, animații, interacțiuni) care să poată fi asamblate cu scop educativ.
Complexitatea dezvoltării unor astfel de aplicații	Un sistem care să asiste utilizatorul cu explicații și sugestii în funcție de nevoile acestuia. Interfața și modalitatea de interacțiune a utilizatorului trebuie să fie suficient de simple și intuitive pentru orice persoană fără cunoștințe solide de utilizare a mediilor virtuale, dar care are totuși cunoștințe de utilizare a unui calculator.

*Tabel 1.1 Sinteza obiectivelor*

Un alt obiectiv este cel de definire a unor criterii care ar trebui luate în considerare la construirea de medii virtuale educaționale interactive dar și metode de abordare, atât în privința interacțiunii utilizatorului cât și în proiectarea și implementarea conținutului educațional.

## 1.4 Lista publicațiilor și a proiectelor

### 1.4.1 Articole publicate în volume ale unor conferințe

1. A. Gradinaru, A. Moldoveanu, F. Moldoveanu, A. Morar. Introducing VR gamification in Higher Education. 12th annual International Conference of Education, Research and Innovation, November 2019, Seville, Spain (trimis).
2. Maria Anca BĂLUȚOIU, Alexandru Grădinaru, Alin Moldoveanu, Florica Moldoveanu, Anca Morar, Ana-Karina Nazare, Mireille Rădoi. LibQuest-Revitalize Libraries and Reading Through Gamification. Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education, Bucharest, April 2019, Vol. 1, pp. 173-180 DOI:10.12753/2066-026X-19-023, **WOS:000473322400023**.
3. E. Cebanov, C. Dobre, A. Gradinaru, R. Ciobanu and V. Stanciu. Activity Recognition for Ambient Assisted Living Using Off-the-shelf Motion Sensing Input Devices, Global IoT Summit (GIoTS), Aarhus, Denmark, 2019, pp. 1-6. DOI: 10.1109/GIOTS.2019.8766379.
4. A Gradinaru, A Moldoveanu, F Moldoveanu. Designing a Virtual Reality Learning Management System. Proceedings of the 14th International Scientific Conference eLearning and Software for Education, Bucharest, April 19 - 20, 2018, Vol. 2, pp.11-16, DOI: 10.12753/2066-026X-18-072, **WOS:000467466800001**.
5. A. Gradinaru, F. Moldoveanu, A. Moldoveanu. DESIGNING A CLOUD PLATFORM FOR INTERACTIVE GAME ACTIVITIES IN WEB-BASED E-LEARNING. Proceedings of the 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain, EDULEARN17, 2017, pp. 6797-6804, ISBN: 978-84-697-3777-4, DOI: 10.21125/edulearn.2017.2561.
6. A. Soceanu, M. Vasylenko, A. Gradinaru. Improving Cybersecurity Skills Using Network Security Virtual Labs. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017 (IMECS 2017), Hong Kong, 15-17 March, 2017, ISBN: 978-988-14047-3-2 .
7. SOCEANU Alexandru, Vasylenko Maksym, GRĂDINARU Alexandru. Teaching/Researching Practically Oriented ICT Security Topics using Green Mobility Solutions within a Virtual Campus. Proceedings of the 7th International Multi-

Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2016, March 8 - 11, Orlando, Florida, USA, pp. 8-11

8. GRĂDINARU Alexandru, Moldoveanu Alin, Asavei Victor, Pistirica Andrei Sorin. Case study - Open Simulator for 3d MMO education. Proceedings of the 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education (eLSE), 2015, Bucharest, ROMANIA, vol. 1, ISSN 2066-026X, pp. 224-231, DOI: 10.12753/2066-026X-15-033, **WOS:000384469000033**.
9. GRĂDINARU, Alexandru; MOLDOVEANU, Florica; SOCEANU, Alexandru; SOCHER, Gudrun; GUTIERREZ, Alberto Eloy Garcia. Acces Control to the Resources of an Open Distributed European Virtual Campus Platform. Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education (eLSE), 2015, Bucharest, ROMANIA, vol. 1, pp. 216-223, ISSN 2066-026X, DOI: 10.12753/2066-026X-15-032, **WOS:000384469000032**.
10. A. Moldoveanu, A. Gradinaru, O. M. Ferche and L. Ștefan. The 3D UPB mixed reality campus: Challenges of mixing the real and the virtual. Proceedings of the 18th International Conference System Theory, Control and Computing (ICSTCC), , Sinaia, 2014, pp. 538-543. DOI 10.1109/ICSTCC.2014.6982472.
11. H. Alabbasi, A. Gradinaru, F. Moldoveanu and A. Moldoveanu. Human motion tracking & evaluation using Kinect V2 sensor. Proceedings of the E-Health and Bioengineering Conference (EHB), 2015, Iasi, pp. 1-4. DOI 10.1109/EHB.2015.7391465, **WOS:000380397900118**.
12. Shudayfat, Eman Ahmad; Moldoveanu, Alin; Gradinaru, Alexandru. LEARNING THE BASES OF CHEMISTRY IN A CONTENT RICH, GAME BASED 3D MMO VIRTUAL ENVIRONMENT. Proceedings of the 10th International Scientific Conference on eLearning and Software for Education (eLSE), 2014, vol. 1, pp. 15-23, ISSN 2066-026X, Bucharest, ROMANIA, **WOS:000357153000002** .
13. Shudayfat Eman Ahmad, Moldoveanu Alin, Moldoveanu Florica, Gradinaru Alexandru. Virtual Reality-based Biology Learning Module. Proceedings of the 9th International Conference eLearning and Software for Education (eLSE), 2013, Bucharest, ROMANIA, vol 2, pp. 621-626, ISSN 2066-026X, **WOS:000328100100100**.

#### 1.4.2 Articole publicate în jurnale

14. Victor Asavei, Alexandru Gradinaru, Alin Moldoveanu, Sorin-Andrei Pistirica, Ovidiu Poncea, Alexandru Butean. Massively Multiplayer Online virtual spaces – classification, technologies and trends. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 78, Iss. 4, 2016, pp. 3-16, ISSN 2286-3672, **WOS:000393328400001**.
15. Alexandru Gradinaru, Alin Moldoveanu. Kinect v2 evaluation for in-home medical rehabilitation scenarios. Romanian Journal of Human-Computer Interaction Vol. 9, Iss. 1, pp. 1-18, Matrix Rom 2016.
16. Hesham Alabbasi, Alex Gradinaru, Florica Moldoveanu, Alin Moldoveanu. Virtual sports training system using Kinect V2 sensor. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 78, Iss. 4, 2016, pp. 17-30, ISSN 2286-3672, **WOS:000393328400002**.
17. E.A. Shudayfat, F. Moldoveanu, A. Moldoveanu, A. Grădinaru, M.I. Dascălu. 3D GAME-LIKE VIRTUAL ENVIRONMENT FOR CHEMISTRY LEARNING. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 77, Iss. 1, 2015, pp. 15-26, ISSN 2286-3540, **WOS:000421796300002**.

#### 1.4.3 Premii

1. *Session Best Paper Award*<sup>3</sup> SOCEANU, Alexandru; Vasylenko Maksym; GRĂDINARU, Alexandru. Teaching/Researching Practically Oriented ICT Security Topics using Green Mobility Solutions within a Virtual Campus. The 7th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2016, March 8 - 11, 2016, Orlando, Florida, USA.

#### 1.4.4 Proiecte

1. Lib2Life<sup>4</sup> - Revitalizarea bibliotecilor și a patrimoniului cultural prin tehnologii avansate este un proiect finanțat de Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării, P1 – Dezvoltarea

---

<sup>3</sup> <http://www.iiis.org/bestpapers.asp?year=2016>

<sup>4</sup> <http://lib2life.ro/>

sistemului național de CD, Proiecte complexe realizate în consorții CDI (PCCDI). 02/04/2018 – 30/11/2020.

2. HAI-OPS<sup>5</sup> - Hospital Acquired Infection and Outbreak Prevention System – HAI-OPS – Sistem de prevenire a epidemiilor și infecțiilor spitalicești (Proiect Eurostars E98321, UEFISCDI contract nr. 47E/2015 / 09.12.2015).
3. Sound of Vision<sup>6</sup> - Natural sense of vision through acoustics and haptics – proiect ce presupus dezvoltarea unui dispozitiv pentru nevăzători care să îi ajute în deplasare și înțelegerea mediului înconjurător. Un proiect Horizon 2020, ID. 643636, 2015 - 2018.
4. DECAMP<sup>7</sup> – Open Distributed European Virtual Campus on ICT Security – primul Grant ERASMUS+ co-fundat de Uniunea Europeană, având numărul 2014-1-DE01-KA203-000695. Fiind o premieră europeană în domeniu, proiectul a realizat o platformă europeană distribuită. Oferă cursuri online de specialitate în domeniul securității ICT din 6 universități de IT din UE, cursurile fiind axate pe aspecte practice, experimentare și simulare în laboratoare virtuale. Durata proiectului 3 ani: 2014 – 2017.
5. Proiect CID-Doc - POSDRU/187/1.5/S/155536 Cunoaștere, inovare și dezvoltare prin burse doctorale cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013.
6. 3D UPB<sup>8</sup> – Replica Masiv Multiutilizator a Universității POLITEHNICA din București – proiect de amploare în cadrul facultății de Automatică și Calculatoare

## 1.5 Structura tezei

Teza este structurată în opt capitole, primul fiind cel de introducere, prezentarea contextului și motivație. Au fost descrise sumar și obiectivele planificate ale tezei.

Capitolul 2 prezintă tehnologii curente folosite în educație, având și rolul de a defini termeni sau detalii tehnice. Au fost identificate de asemenea probleme, neajunsuri dar și soluții posibile prin care se poate îmbunătăți procesul educațional folosind tehnologia. Sunt studiate și o serie de instrumente educaționale moderne pentru a descoperi și sublinia lipsurile sau necesitățile de inovare în domeniu.

---

<sup>5</sup> <http://haiops.eu>

<sup>6</sup> <https://soundofvision.net/>

<sup>7</sup> <http://mydecamp.eu/>

<sup>8</sup> <http://3d.pub.ro/>



Capitolul 3 prezintă o platformă inovativă pentru dezvoltarea de medii educaționale simple, dedicată cadrelor didactice fără cunoștințe avansate de folosire a calculatorului. Sunt prezentate cerințele și factori cheie în proiectare și dezvoltarea unor astfel de soluții, cât și implementarea unui prototip.

Capitolul 4 prezintă o altă abordare, prin definirea unei platforme pentru dezvoltarea de medii educaționale complexe folosind limbajul natural. Similar, sunt prezentate cerințele și factori cheie în proiectare și dezvoltarea unei astfel de soluții, cât și implementarea unui prototip.

Capitolul 5 prezintă o evaluare a celor două platforme de către utilizatori din grupul țintă, fiind realizate două studii empirice. De asemenea, este realizată și o comparație între cele două abordări prezentate.

Capitolul 6 prezintă un studiu de caz în gamificarea studierii unor noțiuni avansate, predate studenților de masterat. Acest capitol abordează modalități de construire a spațiilor virtuale interactive și metode de integrare a conținutului educațional prin gamificare, într-un domeniu avansat multi-disciplinar prin folosirea de Quest-uri.

Capitolul 7 prezintă contribuțiile autorului în cadrul proiectului DECAMP. Este descrisă modalitatea de realizare a unei platforme de autentificare și înrolare a studenților pentru cursuri de la alte universități folosind infrastructura existentă. De asemenea este descrisă modalitatea de realizare și detalii de implementare în ceea ce privește utilizarea simplă de laboratoare virtuale.

Capitolul 8 prezintă concluziile tezei și sumarizează contribuțiile originale aduse de autor în domeniu. Sunt prezentate, de asemenea, direcții noi de cercetare și modalități de îmbunătățire sau continuare a cercetării curente.

## 2 Medii educaționale virtuale

### 2.1 E-Learning 3.0

Conceptul de e-Learning este strâns legat de dezvoltarea tehnologiei digitale [30], în jurul anilor 80 ai secolului trecut fiind dezvoltate primele forme de educație pe calculator: Computer-Based Training (CBT). Totuși, conceptul de e-Learning este mai vechi de 50 de ani [31] și a evoluat în diverse moduri, fiind perceput ușor diferit în funcție de context. Astfel, în educația școlară e perceput adesea ca un mod de a utiliza aplicații software sau resurse online pentru a completa sau susține profesorul în activitatea didactică și a dezvolta capacitatea cognitivă a studentului, în timp ce în medii profesionale (afaceri, training, industrie, armată) este caracterizat de un instructaj practic, simulări sau informații cu scopuri bine definite de a crește productivitatea și de a reduce costurile sau riscurile implicate într-o meserie [32].

Odată cu apariția internetului, termenul de e-Learning a fost în general asociat cu folosirea de resurse prin internet [33], apărând concepte de educație bazată pe internet (online learning, virtual learning, web-based learning sau internet-based learning [34]). A fost definit astfel e-Learning 1.0, bazat pe tehnologia Web 1.0 și caracterizat prin expresia A<sup>3</sup> („anytime, anywhere and anybody”), oferind acces la conținut educațional oricui, oricând și de oriunde [35]. Au apărut astfel animații, simulări sau alte elemente multimedia care au adus mai multă interacțiune materialelor didactice, influențând pozitiv motivația studenților [35]. Un alt progres important a fost apariția sistemelor de gestiune de tip LMS care au permis atât distribuirea ușoară de materiale, cât și o interacțiune asistată de calculator între instructor și studenți sau între studenți prin comunicare asincronă (email, forum) sau sincronă (chat) [35].

Aceste schimbări tehnologice au adus și schimbări de abordare sau metodologie educațională. A apărut astfel termenul de Blended Learning sau Hybrid Learning care combină metodele de predare în clasă cu cele bazate pe Web [36] [37].

Apariția tehnologiei Web 2.0 a dat posibilitatea participării utilizatorilor la crearea de conținut, primind denumirea de „read/write web” [38], sau de „rețea socială” [35], transformând modul în care internetul era folosit în mare parte ca un mediu de căutare, transmitere sau afișare de informații, într-o platformă care permite crearea, îmbunătățirea și partajarea de conținut personalizat [39]. Web 2.0 a constat în dezvoltarea mai multor instrumente prin care utilizatorii pot crea sau partaja conținut: blog, wiki, podcast, broadcast, RSS, Peer-To-Peer sau platforme

de partajare de conținut [35] [38]. Au apărut astfel noi forme de interacțiune bazate pe comunități web care au determinat noi strategii de abordare în educație [40], luând naștere conceptul de e-Learning 2.0. Acesta este caracterizat de o abordare socială, centrată pe utilizator (user-centered sau learner-centric), colaborare și creare de conținut [39] [41] [42]. În acest context a fost concretizat și termenul de mediu virtual educațional (Virtual Learning Environment – VLE). Deși termenul este ceva mai vechi, primele forme de definire fiind de medii virtuale educaționale mediate prin tehnologie (Technology-Mediated Virtual Learning Environment - TVLE) [43], abia odată cu apariția aspectului social, de colaborare și creare de conținut a fost studiat și definit mai în detaliu. Astfel, printre caracteristicile esențiale ce definesc un mediu virtual educațional se numără [44]:

- existența informației educaționale și a modalităților de creare, editare și distribuire a acesteia;
- existența unui spațiu social de colaborare;
- existența unei reprezentări vizuale care beneficiază de o navigare printre resurse; această reprezentare nu este restricționată la un tip de interfață, poate fi atât text cât și un spațiu 3D;
- studenții sunt actori activi în cadrul mediului virtual, prin interacțiune și crearea de materiale sau resurse;
- poate fi atât independent (utilizat de exemplu pentru cursuri la distanță), cât și complementar (folosit ca mediu suport la predarea cu prezență fizică), integrând mai multe abordări pedagogice.

Tot în cadrul Web 2.0 au luat amploare și platformele de tip MOOC (Massive Open Online Course), în jurul anului 2012, extinzând considerabil cantitatea de materiale și cursuri disponibile pe internet [45] [46].

Există nenumărate exemple de adoptare timpurie a conceptelor de e-Learning 2.0 [47] [48] [49] [50] [51], cu mențiunea că acomodarea la noile tehnologii necesită timp, iar accesibilitatea și ușurința de utilizare sunt factori cheie în acest proces. Alte probleme și provocări descoperite includ lipsa de instrumente suport pentru dezvoltarea de materiale educaționale, lipsa cunoștințelor și a abilităților tehnice atât a cadrelor didactice cât și a studenților, infrastructura și dotarea tehnică dar și interoperabilitatea sistemelor sau instrumente de analiză și monitorizare [52].

Web 3.0 cunoscut și sub denumirea de Web Semantic a fost definit inițial ca procesul prin care calculatoarele sau mașinile pot extrage și înțelege expresii din internet astfel încât informația poate fi filtrată și transformată pentru a se adapta mai bine nevoilor utilizatorilor, introducând în Web concepte ca reprezentarea cunoștințelor, ontologii sau agenți software [53]. Ulterior, au mai fost definite și alte caracteristici precum [18]:

- Inteligență și analiză
- Interoperabilitate și deschidere (către soluții de tip Open-Source)
- Virtualizare și reprezentare 3D
- Globalizarea datelor și a procesării

În acest context începe să fie definit și conceptul de e-Learning 3.0, predicțiile conturând un spațiu personalizat, colaborativ și inteligent, susținut de o serie de tehnologii ca inteligența artificială și învățare automată, procesare distribuită și în Cloud, vizualizare și interacțiune 3D, dispozitive mobile, Big Data sau Data Mining [54] [55].

Aplicațiile de e-Learning 3.0 curente sunt în general la nivel de proiectare sau prototipare, studiile în domeniu abordând sisteme care își propun să organizeze inteligent și să adapteze informația în funcție de interese [56] [57], să asiste studentul în parcurgerea materialului sau în evaluare prin noțiunea de asistent sau tutore inteligent (Intelligent Tutoring Systems – ITS) folosind sisteme de procesare a limbajului natural (Natural Language Processor - NLP) [58] [59] [60], laboratoare virtuale 3D interactive [61] [62] sau gamificare [63] [64].

Au fost ridicate totuși o serie de probleme legate atât de tehnologie în sine cât și de accesul la aceasta, cele mai proeminente fiind [18] [55] [65]:

- Infrastructura și dotarea tehnică este încă o problemă.
- Instrumentele curente nu oferă soluții accesibile (acestea ar trebui să ofere interfețe intuitive care să permită utilizatorilor folosirea lor fără un manual complex de utilizare).
- Folosirea tehnologiei necesită cunoștințe tehnice complexe (profesorii încă sunt la nivelul de Web 1.0 sau cel mult 2.0).
- Standardizarea și a interoperabilitatea.
- Securitatea și intimitatea sunt invocate din ce în ce mai des, sistemele inteligente având nevoie de foarte multe date necesare personalizării experienței utilizatorilor.
- Rezistența la schimbare și adoptarea greoaie a noilor tehnologii în educație.

## 2.2 Interoperabilitatea în sistemele e-Learning

Interoperabilitatea în sistemele e-Learning nu este un subiect nou, fiind un factor cheie în implementarea cu succes a mediilor virtuale educaționale și o preocupare încă de la apariția conceptelor de e-Learning, și în special e-Learning 2.0 [66]. Existența unei varietăți considerabile de sisteme de management de tip LMS (Moodle, Blackboard, Sakai etc.), a personalizării, a platformelor mobile și a altor resurse educaționale conexe adâncește nevoia de interoperabilitate în sistemele e-Learning [67].

Au apărut astfel de-a lungul timpului mai multe organizații și consorții care-și propun să acopere cerințele de interoperabilitate din mai multe puncte de vedere: standarde pentru metadata, pentru conținut, comunicare și altele. Exemple notabile de astfel de organisme internaționale sunt: The Open Knowledge Initiative (OKI), Schools Interoperability Framework (SIF), IMS Global Learning Consortium (GLC), Advanced Distributed Learning Initiative (ADL), Aviation Industry CBT Committee (AICC) sau IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) [66] [67].

Deși există multe standarde definite, cele care tratează aspectele legate de livrarea de conținut și comunicare sunt printre cele mai populare.

Unul dintre primele standarde dezvoltate în acest sens a fost dezvoltat de AICC pentru standardizarea dezvoltării de material în ceea ce privește instructajul și certificarea în industria aeronautică, dar care au fost adoptate ulterior în întregul ecosistem e-Learning. Standardele definite poartă numele de CMI (Computer Managed Instruction) și descriu o metodă de a face posibilă interoperabilitatea între sistemele CMI (echivalent al LMS), în sensul că orice sistem CMI care implementează standardul poate gestiona resurse educaționale CBT și poate schimba informații cu acestea [68]. Sunt definite mai multe modele care descriu elemente legate de comunicare, structura sau tipuri de date. Astfel, pe lângă conținutul educațional care este divizat în elemente de date (*data elements* - în general HTML sau multimedia) se definesc mai multe fișiere de configurare a unui curs care dau posibilitatea accesării de către un CMI. În general transmiterea datelor se face prin HTTP, folosind modelul definit HACP (HTTP AICC Communication Protocol) [68] [69].

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) este unul dintre cele mai cunoscute și mai răspândite standarde de împachetare și livrare de conținut educațional reutilizabil [66].

Acest standard are mai multe versiuni (1.0,1.1,1.2 și 2014) și definește un model de împachetare a conținutului educațional cât și un mod de a comunica între conținutul definit și un sistem de gestiune LMS. Împachetarea SCORM se face în format ZIP, informațiile structurale fiind ținute într-un document XML de configurare, iar comunicarea cu sistemul LMS se face folosind JavaScript, SCORM oferind un API simplificat sub denumirea de *APIwrapper*, fiind necesară doar implementarea anumitor funcții. Versiunea din 2014 aduce în plus elemente de navigație și secvențiere în parcurgerea conținutului educațional oferit [66] [70]. Ca structură, încorporează mai multe standarde deja definite de AICC sau IMS GLC și folosește ca bloc de bază conceptul de Sharable Content Objects (SCOs), blocuri de conținut reutilizabil (Figura 2.1). Aceste blocuri se pot agrega într-un pachet, fiind necesară definirea unei structuri navigaționale și a unor instrucțiuni pentru LMS, concept denumit *Content Aggregation* [66] [71]. Structura documentului XML care gestionează un pachet SCORM cuprinde două elemente importante<sup>9</sup>:

- *organizations*: conține itemi care gestionează organizarea pachetului, ordinea de apariție, navigație și alte constrângeri de afișare prin tag-uri speciale ca *adlnav*, *sequencing* etc.
- *resources*: definește lista de resurse și locația acestora, în general fiind resurse de tip SCOs în format HTML sau imagini (denumite assets).

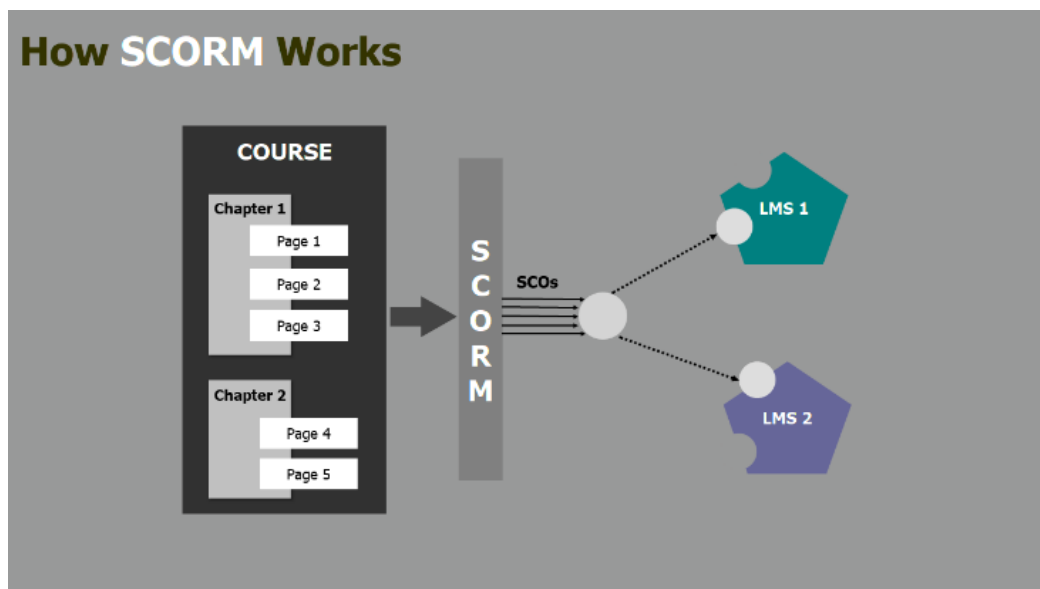


Figura 2.1 Structura și funcționarea SCORM <sup>10</sup>

<sup>9</sup> <https://scorm.com/scorm-explained/technical-scorm/content-packaging/manifest-structure/>

<sup>10</sup> <https://atomisystems.com/elearning/differences-between-scorm-tin-can-api-xapi/>

SCORM are bineînțeles și deficiențe, fiind definit doar în cadrul aplicațiilor web, neavând flexibilitatea adaptării conținutului într-un mod personalizat pentru student [72] și fiind destinat utilizării individuale, într-un ritm propriu fiecărui utilizator [73]. De asemenea, nu prezintă practici foarte flexibile în ceea ce privește elementele de notare, stocare și analiză a experiențelor educaționale [70]. Prin experiență educațională se înțelege orice acțiune întreprinsă de un student în scop educativ (de exemplu accesarea unui material, completarea unui chestionar, chat, activități interactive etc.).

LTI (Learning Tools Interoperability) este un standard dezvoltat de IMS GLC care definește un mod generic și extensibil de a integra aplicații externe în cadrul unui LMS. Modelul este bazat pe implementarea unui set de servicii web (Web Services) care permit comunicarea între un furnizor (aplicația externă) și un consumator (sistemul LMS) [74]. Prin aceste servicii se oferă aplicației externe un mod de a stabili identitatea utilizatorului, informații despre profilul utilizatorului, despre rolul utilizatorului (student, profesor etc.) și informații despre cursul curent. Acest lucru se realizează prin jetoane sau chei de acces și identificare, astfel încât utilizatorul să poată fi direct identificat în sistemul extern, fără nevoia unei alte autentificări și completări de profil<sup>11</sup>. De asemenea, LTI are și un mecanism de a transmite informații despre activitatea desfășurată în cadrul aplicației externe către LMS [67]. Aplicațiile dezvoltate nu sunt restricționate la un tip de conținut (de exemplu, pot fi simulări, interacțiuni, jocuri, video-uri, etc.) atât timp cât sunt rulate ca pagini web. LTI are deja mai multe versiuni și este în permanență actualizat, ultima versiune fiind chiar din 2019<sup>12</sup>. Există aplicații care au implementat acest standard printre care YouTube, edpuzzle, LabsLand, Screencast-O-Matic și altele<sup>13</sup>.

Tin Can API sau Experience API (xAPI) este un standard open-source care definește o metodă ușoară, robustă și flexibilă de a urmări și stoca experiențele educaționale ale studenților, indiferent de platforma sau dispozitivul de pe care se accesează [70] [75]. Acesta introduce un API de tip REST (Representational State Transfer) și mesaje în format JSON (JavaScript Object Notation) pentru a captura, trimite și stoca datele [75]. Pentru fiecare acțiune se creează un obiect JSON de tip *statement* care conține mai multe elemente și concepte (Figura 2.2), cele mai relevante fiind *actor* (actor), *verb* (verb) și *object* (obiect).

---

<sup>11</sup> <https://www.imsglobal.org/basic-overview-how-lti-works>

<sup>12</sup> <https://www.imsglobal.org/spec/lti/v1p3/>

<sup>13</sup> <https://www.eduappcenter.com/>

```

{
  "actor": { ... },
  "verb": { ... },
  "object": { ... },
  "result": { ... },
  "context": { ... },
  "timestamp": " ... ",
  "stored": " ... ",
  "authority": { ... }
}

```

Figura 2.2 Structura generală a unui obiect JSON în xAPI

Conform documentației oficiale [76], un actor definește identitatea unei entități participante la o activitate. Prin entitate se poate înțelege atât o persoană ca utilizator, cât și sisteme, agenți sau grupuri de astfel de entități. Astfel, un actor are în general un nume și un identificator unic (Figura 2.3). Particularitatea xAPI este că identificatorul unic este definit într-un format flexibil, care nu folosește ID-uri numerice utilizate de regulă în cadrul unui singur sistem, ci elemente mai generice cum ar fi adresa de email, contul de Skype, Twitter, Facebook, OpenID sau altele.

```

"actor": {
  "name": "Alex Gradinaru",
  "mbox": "mailto:alex.gradinaru@cs.pub.ro"
  "account": {
    "homePage": "http://skype.com",
    "name": "alexandrugradinaru"
  }
},

```

Figura 2.3 Reprezentarea unui actor prin email sau cont de Skype în xAPI

Un verb (Figura 2.4) definește în mod intuitiv acțiunea efectivă pe care a realizat-o un actor [76]. Este definit printr-un identificator unic și o etichetă de afișare. Identificatorul unic este reprezentat de un URI care descrie verb-ul într-un registru. Există un registru definit de xAPI<sup>14</sup> care conține un număr semnificativ de verbe definite, fiind indicată folosirea acestora, dar se pot construi și alte registre proprii. Verbele se descriu la timpul trecut și de obicei în limba engleză: de exemplu *experienced*, *completed*, *interacted* etc.

<sup>14</sup> <https://registry.tincanapi.com/#home/verbs>



```

"verb": {
  "id": "http://adlnet.gov/expapi/verbs/completed",
  "display": { "en-US": "completed" }
},

```

Figura 2.4 Reprezentarea unui verb în xAPI

Un obiect (Figura 2.5) este reprezentat de entitatea asupra căruia se răsfrânge acțiunea descrisă de verb [76]. Un obiect este definit practic ca o constrângere de spațiu (real sau virtual) și timp [77]. Poate fi o activitate (joc, video, întrebare etc.), o persoană, o altă aserțiune xAPI etc. Obiectele sunt definite similar ca verbele printr-un identificator unic sub formă de URI și o etichetă descriptivă. În cazul activităților, acestea sunt definite în cadrul platformei care oferă activitate, fiind de regulă specifice, dar pot fi încadrate într-un tip generic (de exemplu video), existând un catalog inițial de tipuri de activități definit de xAPI<sup>15</sup>. Obiectele pot include de asemenea informații suplimentare, sub formă de extensii, care pot identifica mai bine obiectul vizat sau elemente de personalizare (spre exemplu răspunsul dat la o întrebare). xAPI oferă de asemenea și suport pentru internaționalizare, etichetele și descrierile putând fi definite în mai multe limbi.

```

"object": {
  "id": "http://example.com/activities/quiz-question",
  "definition": {
    "type": "http://adlnet.gov/expapi/activities/question",
    "name": {
      "en-US": "Metal Industry in Romania"
      "ro-RO": "Industria de metale in Romania"
    },
    "description": {
      "en-US": "Answer a Quiz Question about Metal Industry in Romania."
    },
    "extensions": {
      "http://example.com/questionAnswer": "Anul 1945"
    }
  }
},

```

Figura 2.5 Reprezentarea unui obiect în xAPI

Mai există și alte elemente definite în modelul xAPI, cum ar fi cele rezultat (*result*), context (*context*) și timpul la care s-a efectuat (*timestamp*) [76].

În rezultat (Figura 2.6) se definește starea aserțiunii xAPI, putând defini elemente ca scor, timpul realizării (în format ISO8601) sau alte extensii [76].

<sup>15</sup> <https://registry.tincanapi.com/#home/activityTypes>

```

"result": {
  "completion": true,
  "success": false,
  "score": {
    "raw": 2,
    "min": 0,
    "max": 10
  },
  "duration" : "PT1M"
  "extensions": {
    ...
  }
},

```

Figura 2.6 Reprezentarea rezultatelor în xAPI

În cadrul contextului se pot defini elemente care pot să identifice efectiv contextul educațional în cadrul căruia are loc interacțiunea: activitatea, cursul, instructorul, dar se pot completa și cu alte extensii (proiect, aplicație, un identificator intern al cursului în cadrul căruia se face activitatea etc.) [76]. În acest mod se pot corela mai multe aserțiuni.

Toate înregistrările xAPI se stochează într-un sistem LRS (Learning Record Store) care implementează acest standard. Sistemul permite atât stocare cât și interogarea înregistrărilor [70].

xAPI a fost supradenumit și „the new generation of SCORM”, fiind considerat ca tehnologia capabilă să modernizeze și să substituie standardul SCORM, deși într-un mod ușor eronat, întrucât acesta nu conține decât componentele de transmisie și de stocare, similar componentei CAM din SCORM, IMS Caliper sau altele [75]. Există deja aplicații care implementează și folosesc acest standard<sup>16</sup>. Deși a fost destinat utilizării omniprezente (ubiquitous - oricând, oriunde, de pe orice dispozitiv și în orice context), încă nu s-au publicat cercetări care să valideze o corelație în xAPI și U-Learning [78].

CMI-5 a fost definit pentru a trata lipsurile xAPI și anume pentru a oferi un mod adaptabil, flexibil și interoperabil de a lansa conținut din cadrul unui LMS. Este practic o extensie care oferă un model pentru definirea structurii de curs în XML și comunicare bazată pe xAPI [70]. Astfel, CMI-5 poate fi considerat un înlocuitor pentru SCORM, adaptat la tehnologiile și nevoie actuale [75], oferind atât comunicare și integrare cu LMS, cât și flexibilitatea unui sistem de înregistrare a experiențelor educaționale omniprezente.

<sup>16</sup> <https://xapi.com/adopters/>

## 2.3 Metode de îmbunătățire a procesului educațional utilizând e-Learning

E-Learning a fost adoptat la scară largă cu succes, obiectivul principal fiind de acces la resurse prin intermediul internetului, aducând diverse posibilități de îmbunătățire a procesului educațional, atât din perspectiva accesibilității sau disponibilității, cât și în ceea ce privește metodele de predare, de învățarea sau elaborarea materialelor didactice [79].

În practica pedagogică și studiile de specialitate există definite multe teorii de învățare ca instructivism, cognitivism, umanism sau altele care pot constitui baza de plecare în modul în care se creează structura educațională, planuri de învățământ, organizarea sau livrarea cursurilor, modul de evaluare etc. [80] [81]. Acestea, dar și alte modele, pot fi extinse cu ajutorul e-Learning astfel încât să aducă îmbunătățiri procesului educațional. Instructivismul, care presupune transferul de cunoștințe de la un profesor la un student, se poate concretiza în e-Learning prin distribuirea de materiale online [54]. Constructivismul, care presupune că învățarea este un proces de construire graduală mai degrabă decât de absorbție, se poate concretiza în e-Learning prin materiale interactive, elemente de socializare sau colaborare [54].

Utilizarea de modele de proiectare instrucțională (ID - Instructional Design Models) ca ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) [82], SAM (Successive Approximation Model), MID (Multimedia Instructional Design), RP (Rapid-Prototyping) [83] sau altele [84] în dezvoltarea de cursuri și materiale s-au dovedit a fi relevante și uneori chiar mai importante decât conținutul în sine [85] [86].

De asemenea, utilizarea de principii dovedite sau recomandate în realizarea și folosirea de conținut multimedia (Multimedia Learning Principles) este un factor critic în ceea ce privește calitatea materialelor educaționale și succesul acestora [87]. De exemplu, studenții tind să învețe mai bine dacă pe lângă text este prezentată și o imagine, dar plasarea textului și prezentarea grafică are o importanță ridicată în procesul de memorare [87]. Un sumar al acestor principii este prezentat în Figura 2.7.

## Mayer's Principles: Using multimedia for e-learning (2017)

Reducing extraneous processing	 <b>Coherence Principle</b> <i>Exclude interesting but irrelevant material as this material reduces cognitive capacity to process essential material in a lesson.</i>	 <b>Signalling Principle</b> <i>Include vocal cues and/or visual highlights to aid the selection and organisation of important information, especially for learners with low prior knowledge.</i>	 <b>Redundancy Principle</b> <i>Graphics with narration alone is more effective than also including on-screen text. Adding one or two keywords as on-screen text has benefit.</i>	 <b>Contiguity Principles</b> <i>Place printed words near any corresponding graphics, and coincide narration with related display.</i>	
	 <b>Segmenting Principle</b> <i>Add self-pacing options to enable learners to process information before continuing.</i>	 <b>Pre-training Principle</b> <i>Provide option to view information on key terms to allow learners to familiarise before having to work with them.</i>	 <b>Modality Principle</b> <i>Present information about a graphic verbally rather than as text so that learners can listen and refer to graphic, especially for system paced dynamic graphics (e.g. videos).</i>		
	 <b>Personalization Principle</b> <i>Present words in conversational style rather than formal style, including the use of personal pronouns (I and you) in script, especially in early stages.</i>	 <b>Voice Principle</b> <i>Narration should use a human voice rather than a computer voice, and this should match any on screen character.</i>	 <b>Embodiment Principle</b> <i>Drawing graphics as you explain is more beneficial than explaining a presented drawing as it reflects a real-life social interaction.</i>		

From: Mayer, R. E. (2017) Using multimedia for e-learning. Journal of Computer Assisted Learning, doi: 10.1111/jcal.12197.  
Icons: Noun Project (Iconathon, Creatica Creative Agency, Luis Prado, Edwin Prayogi M, Rodrigo Ramirez, Luke Peek, H Alberto Gongora, Setyo Ari Wibowo, Scott Kennedy)

THE UNIVERSITY OF EDINBURGH  
School of Chemistry

Figura 2.7 Principii în folosirea de conținut multimedia <sup>17</sup>

Importanța interactivității și a colaborării în practicile educaționale moderne a fost subliniată de multe articole, fiind un factor important în ceea ce privește motivația, performanța și experiența de învățare [50] [88], dar și în ceea ce privește nevoia de specializare continuă și a cerințelor angajatorilor care solicită creativitate, experiență și gândire critică [89]. Toate tipurile de interacțiune (student - profesor, student - student, student - conținut) sunt necesare a fi prezente în diverse forme [50] pentru a asigura studenților un mediu virtual educațional cât mai complet. Astfel, elemente ca forum, wiki, email, chat, materiale multimedia, sisteme personale de răspuns (PRSS – Personal Response Systems), jocuri, simulări și altele ar trebui să fie elemente comune prezente în sistemele de management al învățării și în general în procesul educațional modern [50] [88].

Mai mult, realitatea virtuală și augmentată sunt tehnologii emergente care s-au dovedit a fi utile în procesul educațional prin realizarea de medii virtuale cu interactivitate ridicată, simulări de înaltă calitate și posibilitatea participării active a studenților [90] [91] [92]. Imersiunea este și ea o parte integrantă a acestor medii, dar nivelul de imersiune s-a dovedit a fi mai puțin important în ceea ce privește rezultatul educațional, aplicațiile desktop de realitate virtuală fiind în acest sens mai utile decât cele care folosesc HMD, deși există și studii care dovedesc contrariul, acest lucru fiind datorat în mare parte complexității unui mediu 3D imersiv care de

<sup>17</sup> <http://michaelseery.com/home/index.php/2017/07/mayers-principles-using-multimedia-for-e-learning-updated-2017/>

multe ori distrage atenția de la conținutul didactic, fiind nevoie de o mai atentă proiectare a acestor aplicații și interacțiuni [93] [94].

Odată cu explozia cursurilor online MOOCs, dar și a adoptării sau utilizării la scară largă a sistemelor LMS în instituțiile de învățământ, cantități uriașe de date educaționale sunt transmise, procesate și prelucrate [95]. Dacă în mod uzual cadrele didactice pot urmări rezultatele unor sarcini concrete (chestionare, teme etc.), factori complecși care urmăresc contextul educațional mai larg și dezvoltarea studentului din mai multe puncte de vedere nu mai pot fi analizați în mediile virtuale educaționale în mod manual, domeniul e-Learning fiind mult în urma altora (ca e-Health, e-Government sau Marketing) [96]. Exemple de astfel de factori ar fi gradul de adaptare sau de interes al studenților, mișcarea ochilor sau a privirii, dialogurile uzuale purtate online sau pe forumuri, experiențele educaționale colaborative, interacțiuni fizice sau virtuale și altele [95] [96]. Astfel, tehnologii ca Big Data și Data Mining definesc metode automate de analiză a procesului de învățare (în engleză definit ca LA - Learning Analytics). Domeniul LA presupune atât colectarea și stocarea de date, cât și analizarea și furnizarea de rapoarte relevante pentru a înțelege și optimiza procesul de învățare în diferite contexte [95]. Studiarea acestor date poate avea multe beneficii, atât în ceea ce privește studentul, cât și instituția care oferă cursul [96] [97] [98] [99]:

- se poate modifica planul de învățământ,
- se poate adapta materialul educațional în funcție de tendințe și nevoi,
- se poate adapta procesul de învățare (moduri de interacțiune, tipuri de activități, metode de predare etc.),
- se pot lua decizii financiare și organizaționale,
- se pot identifica studenții cu probleme de adaptare sau cu dificultăți de învățare,
- se pot identifica tendințe sau șabloane în modurile de învățare ale studenților
- se poate personaliza experiența educațională, sugerând materiale, specializări sau cursuri opționale potrivite în funcție de parcursul studentului,
- și altele

În acest sens, apariția xAPI și a sistemelor LRS ușurează foarte mult acest proces de LA, fiind posibilă captarea și analizarea mai multor factori din surse multiple, realizându-se astfel o viziune mai amplă asupra contextului educațional.

Există o multitudine de sisteme LRS, atât soluții Open-Source precum Callisto<sup>18</sup>, cât și mai ales soluții comerciale, printre cele mai populare fiind cele de la Rustici Software<sup>19</sup> (compania care se ocupă și de menținerea standardului xAPI), Annulab<sup>20</sup>, sau Watershed<sup>21</sup>.

În general funcționalitățile sunt similare, fiind oferite modalități de captare și stocare a datelor cât și de analizare a acestora în diverse moduri și bineînțeles aducând diverse costuri sau planuri de accesare.

Spre exemplu, Annulab LrsData permite accesarea unei adrese URI la care se pot transmite date prin HTTP urmând standardul xAPI. Este descrisă și modalitatea de autentificare și autorizare prin OAuth pentru a identifica datele în mod unic.

Rustici Scorm Cloud este o platformă care permite atât gestionarea și distribuirea într-o formă centralizată a materialelor educaționale în format SCORM cât și modalități de captare a datelor și a experiențelor prin xAPI și apoi vizualizarea și analiza lor. Astfel, se pot defini mai multe surse de proveniență prin configurarea de aplicații și activități, realizând astfel o segmentare a acestora, având un control mult mai granular asupra rapoartelor.

Watershed oferă una dintre cele mai complexe soluții de LA. Platforma permite crearea unui cont gratuit și adăugarea de date în diverse moduri (Figura 2.8):

- Aplicații verificate care se integrează direct cu Watershed cum ar fi Articulate, Storyline, Sapiapps, iSpring, Moodle, Totara, openSesame și altele
- xAPI
- Import din alte sisteme LRS
- Import din documente CSV

---

<sup>18</sup> <https://github.com/openedinc/callisto/>

<sup>19</sup> <https://rusticisoftware.com/products/rustici-lrs/>

<sup>20</sup> <https://lrsdata.com/>

<sup>21</sup> <https://www.watershedlrs.com/>

## Connect a certified data source

Some Learning Record Providers send more useful data than others. We've put together a list of Certified Watershed Data Sources that we've tested and confirmed send good data. For each data source, we've included instructions for configuring both the data source and Watershed for optimal results.

[View all certified data sources](#)

## Rolling your own integration? We've got you covered.

### xAPI Activity Provider

Send interaction statements to Watershed from xAPI Activity Providers using the Watershed LRS Endpoint.

[Connect an xAPI Activity Provider](#)

### Inbound LRS

Have Watershed pull in interaction statements from another LRS.

[Connect an inbound LRS](#)

### Import CSV Data

Transform data from a CSV from any system into interaction statements.

[Set up a CSV Data Source](#)

Figura 2.8 Moduri de captare a datelor în Watershed<sup>22</sup>

Pentru a capta date prin xAPI se folosește opțiunea de xAPI Activity Provider, în care se pot crea adrese URI de accesare a resurselor în mod REST pentru xAPI (Figura 2.9). Această configurare furnizează trei elemente importante:

- O adresă URL la care se vor face cererile HTTPS
- Key care va fi folosit ca Username
- Secret care va fi folosit ca Parola

## Activity Providers

Activity Providers are systems that tell Watershed what people in your organization have been doing, what they've experienced, and what they've learned.

Watershed LRS Endpoint	https://watershedlrs.com/api/organizations/8106/lrs/					
Name	Key	Secret	LRS Access	API Access	Active	
unigame	79081cf378edd4	bfb6d6f1154ad3f	isolated	disabled	Active	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Delete</a>

Figura 2.9 Configurarea unui furnizor de date în Watershed<sup>23</sup>

Varianta Enterprise oferă posibilități avansate de analiză a datelor prin crearea de rapoarte și grafice configurabile dar are costuri foarte ridicate (Figura 2.10).

<sup>22</sup> <https://watershedlrs.com/app/index.html>

<sup>23</sup> <https://watershedlrs.com/app/index.html>

Watershed offers so much more than just an LRS. Here's where the magic happens.

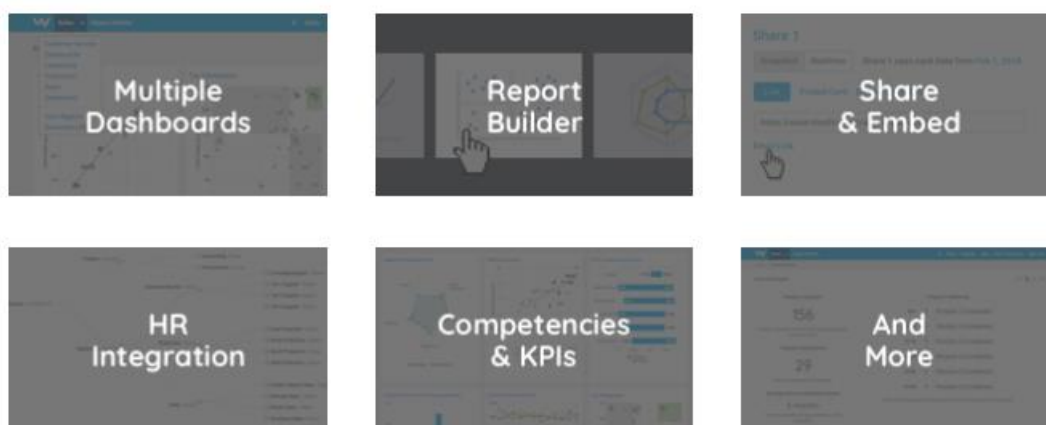


Figura 2.10 Analiză și rapoarte Watershed<sup>24</sup>

Există de asemenea posibilitatea integrării cu sisteme LMS sau alte sisteme de gestiune prin folosirea SSO, deci fără a fi necesară crearea de noi conturi în instituții pentru vizualizarea datelor.

Mai mult, varianta gratuită oferă acces gratuit la datele încărcate prin diverse moduri [100], fiind o soluție foarte potrivită pentru instituțiile de învățământ:

- Statement API: poate citi toate informațiile definite în formatul standard xAPI
- Aggregation API: întoarce date agregate în format CSV prin definirea unor configurări sau filtre
- Data Export API: întoarce date în format JSON sau CSV și permite utilizarea de filtre avansate
- Tableau Web Conector: un agregator comercial pentru vizualizări de date avansate
- Download CSV: descărcare manuală de date în format CSV

Ultimul pas în realizarea paradigmei de învățare centrată pe student (student-centered learning) este cel de a oferi o experiență educațională personalizată. Fiecare student are caracteristici diferite (un stil de învățare diferit, abordare diferită, personalitate diferită etc.) și nu se pot aplica eficient aceleași metode de predare, dedica același timp sau propune aceleași specializare sau interese de urmărit [101] [102] [103]. Astfel, au apărut ca soluție sisteme de tip PLE

<sup>24</sup> <https://watershedlrs.com/app/index.html#/dashboard/demo>



(Personal Learning Environments) care oferă studentului control asupra procesului educațional, fiind oferite mai multe opțiuni sau sugestii care iau în considerare mai mulți factori analizați. Opțiunile pot varia de la personalizarea spațiului de învățare (interfață grafică, dashboard etc.), la personalizări bazate pe reguli de segmentare ale studenților sau pe baza profilului educațional și până la reguli bazate pe tendințe în activitatea acestuia [104] [105] [106]. Se observă astfel o legătură strânsă între PLE și LA [106], fără de care nu se poate realiza cu adevărat o personalizare complexă.

## 2.4 Gamificare și jocuri în educație

Folosirea de jocuri serioase și gamificarea sunt printre cele mai notabile tendințe tehnologice în educație [107] [108] [109]. Gamificarea este un concept diferit de învățarea prin jocuri. Ea reprezintă procesul prin care se folosesc elemente de joc în contexte diferite (contexte distincte de jocuri) astfel încât să genereze experiențe distractive cu un anumit scop, de obicei mascat [109]. Un exemplu de gamificare poate fi adăugarea unui sistem de recompense în funcție de rezultatele obținute la un chestionar. Acesta oferă un scop, reguli clare și moduri de a primi recompensa, elemente recurente în proiectarea jocurilor.

Studii anterioare au arătat că atât jocurile educaționale [101] [110] cât și elementele de gamificare în educație [109] [111] îmbunătățesc semnificativ procesul educațional prin creșterea motivației, prezența imersiunii, aspectul distractiv, creșterea nivelului de implicare al studenților dar și gradul de reținere de informații și învățare [112] [113]. Există totuși probleme în dezvoltarea și utilizarea acestora, cele mai notabile fiind pe de o parte legate de costurile mari de producție în cazul jocurilor video, iar pe de altă parte legate de dificultatea proiectării conținutului educațional interactiv astfel încât să poată fi realizat atât un instructaj corect, cât și o evaluare a studenților [107] [111].

Dezvoltarea unui joc video este foarte complexă, necesitând multe resurse de ordin financiar, uman și de timp. Unul dintre cele mai vândute jocuri, Grand Theft Auto V, care a înregistrat încasări de peste 1 miliard de dolari în numai 3 zile de la lansare, a avut costuri de producție de până la 265 de milioane de dolari și sute de persoane implicate<sup>25</sup>. Printre rolurile necesare în general în dezvoltarea unui joc se pot menționa:

---

<sup>25</sup> <https://www.scotsman.com/lifestyle/gadgets-gaming/new-gta-v-release-tipped-to-rake-in-1bn-in-sales-1-3081943>

- Programator: responsabil de programarea tuturor elementelor din joc: mecanică, fizică, animații, afișare, lumini, efecte speciale etc.,
- Artist 2D: responsabil în general de crearea conceptelor de conținut, a personajelor, a obiectelor și a mediului în care se desfășoară jocul,
- Animator: responsabil de animarea personajelor și a obiectelor,
- Modelator 2D/3D: responsabil de modelarea obiectelor 2D sau 3D care vor fi utilizate în joc ce includ personaje, clădiri, vegetație, elemente de decor etc.,
- Inginer de sistem: responsabil de configurarea mediului de rulare a jocului – de exemplu, dacă jocul este multiplayer se ocupă de întreținerea și configurarea serverelor, de distribuirea actualizărilor etc.,
- Inginer audio: responsabil de crearea coloanei sonore, a sunetelor de interacțiune, a dialogurilor etc.,
- Game designer: responsabil de proiectarea jocului ca întreg, definirea contextului și a mecanicilor de joc,
- Level designer: responsabil de planificarea scenei și plasarea în scenă a tuturor elementelor de design,
- UI designer: responsabil de crearea meniurilor principale și de interfețele de interacțiune a utilizatorului cu jocul,
- Tester: responsabil de scrierea testelor automate, de testarea manuală a jocului cât și de redactarea rapoartelor de calitate sau raportarea de probleme.

Mai mult, crearea unui joc necesită foarte multă muncă de proiectare, existând un document dedicat acestui lucru în industria jocurilor denumit Game Design Document (GDD). Noțiunea de Game Design este definită ca procesul de creare a conținutului și a regulilor unui joc. Acest proces cuprinde mai multe etape și elemente care trebuie definite [114], cu aplicabilitate în designul jocurilor video:

- Proiectarea contextului: implică definirea unui gen de joc, a unei tematici și a unei povești incipiente care reprezintă intriga pe care se bazează jocul.
- Proiectarea sistemului: implică definirea regulilor principale care guvernează modul în care se poate juca sau interacționa cu jocul. Mai are și denumirea de Gameplay sau mecanici de joc (Game Mechanics); acestea descriu cum pornește jocul, cum se joacă, cum se progresează și cum se câștigă.
- Proiectarea conținutului: implică definirea personajelor, a animațiilor, a obiectelor, a interacțiunilor și a parcursului pe care îl poate avea un jucător.

- Proiectarea textului: implică scrierea poveștii, a textelor și a dialogurilor.
- Proiectarea nivelurilor: implică definirea hărții de joc, a poziției personajelor și a obiectelor în scenă, dar și dacă jocul are mai multe etape sau niveluri pe care le poate accesa jucătorul în anumite condiții.
- Proiectarea interfeței cu utilizatorul: implică definirea meniului de joc, a interfeței din cadrul jocului cât și a interfeței interacțiunilor pe care le poate avea jucătorul cu diverse obiecte din joc.

Fiecare element prezentat mai sus este vital în crearea și funcționarea unui joc, necesitând atât proiectare amănunțită cât și testare și, în general, feedback de la utilizatori mai ales în ceea ce privește interfața grafică și mecanicile de joc. Acestea depind de mai mulți factori printre care:

- Tipul jocului și elementele necesare pentru buna desfășurare a acestuia: de exemplu un joc de tip RPG va lua în considerare faptul că jucătorul controlează unul sau mai multe personaje în mod direct și vor trebui afișate atributele acestor personaje și posibilitățile de interacțiune directă cu mediul; în cazul unui joc de strategie, meniul va fi ceva mai complex: utilizatorul va trebui să se poată mișca ușor pe toată harta, să aibă acces la funcționalități de mișcare a unităților, construcție sau diplomație; în cazul unui joc sportiv în general este necesară doar afișarea scorului, accentul fiind pe acțiunea efectivă.
- Audiența țintă: dacă jocul este dedicat copiilor, atât interfața cât și mecanicile vor avea un aspect diferit, mai colorat și mult simplificat față de un joc dedicat concursurilor e-Sports, cum ar fi StarCraft sau League Of Legends care au rolul de a oferi jucătorilor cât mai multe opțiuni și dexteritate (viteză de control al jocului).
- Dispozitivele de intrare/ieșire: există o varietate de dispozitive hardware care sunt implicate în industria jocurilor video, pornind de la dispozitive mobile, la căști de realitate virtuală, senzori video, senzori de mișcare, gamepad, volan etc. Fiecare astfel de dispozitiv poate influența gradul de satisfacție și de imersivitate al jucătorului: de exemplu un HMD de realitate virtuală pentru care mișcările nu sunt calibrate corect cu camera jucătorului, poate provoca confuzie jucătorului și chiar amețeli sau senzație de greață. Pe de altă parte, un HMD calibrat corect și folosirea unor controlere de realitate virtuală oferă un grad mai ridicat de imersivitate față de combinația clasică de tastatură și monitor.

Crearea unui joc cu conținut educativ multiplică aceste valori de complexitate descrise. Astfel, pe lângă proiectarea jocului, trebuie proiectate și elemente educative sau instrucționale care să fie prezentate într-un mod interactiv, atractiv sau distractiv, lucru dificil de realizat, mai ales în contextul în care majoritatea elevilor sau studenților au deja experiența jocurilor și preferințe în acest sens [115]. O variantă simplă de a realiza acest lucru este prin studierea relațiilor cauză-efect. Majoritatea jocurilor implică nevoia de decizie din partea jucătorilor și acest lucru crește atractivitatea și motivația. Astfel, se pot prezenta cauze pe care le pot controla jucătorii și efecte care vor fi vizibile în urma interacțiunii. Spre exemplu, combinarea unor elemente chimice și adăugarea de căldură poate duce la o reacție chimică [114]. Un alt aspect de luat în calcul este cel de recompense, care poate fi oferit atât pe baza finalizării unei sarcini cât și pe baza performanței în realizarea aceleia. Studiile arată că recompensarea în funcție de nivelul performanței aduce rezultate mai multe în ceea ce privește procesul de învățare [115].

Testarea unui joc serios vizează în principal rezultatele educaționale. Astfel, sunt implicate grupuri țintă, se fac studii cantitative și calitative, lucru ce implică de asemenea costuri și timp dedicat. O metodă de a simplifica acest proces este prin folosirea LA pentru a aduna și analiza date, realizând o evaluare a impactului educațional [107]. Astfel, prin lansarea jocului în versiune Beta-închisă unor grupuri cunoscute de utilizatori (spre exemplu elevii unei clase sau a unei școli) se pot compara ușor efectele supra procesului de învățare. Acest lucru se poate face online pe parcursul a mai multe luni, fără a fi nevoie de a organiza experimente. Captarea de date și analizarea lor se poate face acum ușor prin folosirea xAPI și a unui LRS. Acest lucru deschide și posibilități nenumărate de a evalua studentul fără ca el să facă acest lucru explicit (spre exemplu să completeze un chestionar). Acțiunile pe care le realizează prin intermediul jocului se pot constitui în elemente de evaluare, concept întâlnit și sub denumirea de evaluare mascată (stealth assessment) [107]. Mai mult, evaluările folosind jocuri s-au dovedit a fi mai complexe decât verificările standard prin teste, întrucât de obicei includ mai multe elemente pe lângă abilitatea cognitivă cum ar fi: personalitatea, adaptabilitatea, flexibilitatea, rezistența la stres sau procesul de luare a deciziilor, evaluând și preconizând astfel mai bine performanța studentului [116].

Mai există de asemenea și alte bariere în utilizarea de jocuri serioase în educație, mai ales din partea părinților, majoritatea temerilor fiind în privința violenței întâlnite adeseori în aceste jocuri [114] [117] dar și faptul că tratarea unor elemente educative prin joc nu este privită cu seriozitatea necesară.

## 2.5 Instrumente virtuale moderne în educație

Chiar dacă există foarte multe prototipuri și rezultate de cercetare în domeniul e-Learning care folosesc instrumente virtuale cu succes [113] [118], mediile educaționale virtuale sunt folosite deja în procesul educațional, multe dintre instrumentele dezvoltate putând fi accesate gratuit sau contra cost de către studenți sau profesori.

Astfel, unul dintre cele mai răspândite instrumente sunt cele de tip LMS care asigură o gestiune centralizată a cursurilor, studenților, materialelor și a activităților educaționale. Printre cele mai folosite sisteme LMS sunt Moodle și Blackboard, dar există și multe alte variante care încep să fie des utilizate, oferind soluții în Cloud, fără nevoia de administrare și configurare: Talent LMS, Litmos, Wizdom [119] [120] sau mai noi Docebo<sup>26</sup>, Totara<sup>27</sup> sau Infrastructure<sup>28</sup>.

De asemenea, platformele de tip MOOC sunt printre cele mai populare resurse accesate online pentru educație existând mii de platforme disponibile, printre cele mai populare fiind Udemy, Coursera, edX sau Udacity [121] [122].

Simulările și laboratoarele virtuale sunt folosite din ce în ce mai mult atât pentru a demonstra într-un mod interactiv elemente teoretice, cât și în cazul în care laboratoarele reale sunt foarte limitate de măsuri de siguranță [94]. Exemple relevante în acest sens includ platforme ca Labster, Late Nite Labs, PhET, Google Daydream [94], Nearpod<sup>29</sup> sau CK-12<sup>30</sup>.

Lumi virtuale ca Second Life Active Worlds sau Open Simulator sunt folosite ca instrumente de suport educațional, pentru diverse simulări sau pentru a stimula interacțiunea socială [25].

De asemenea, aplicații precum Kahoot!<sup>31</sup>, Formative<sup>32</sup>, Verso<sup>33</sup> sau Socrative<sup>34</sup> se pot folosi ca platforme suport de PRSs pentru a crește interactivitatea și motivația studenților în clasă [88].

Totuși, deși există foarte multe resurse disponibile create în general de companii sau profesioniști în domeniul IT, acestea nu îndeplinesc sau nu se potrivesc cu ideile sau

---

<sup>26</sup> <https://www.docebo.com/>

<sup>27</sup> <https://www.totaralearning.com/>

<sup>28</sup> <https://www.instructure.com/canvas/>

<sup>29</sup> <https://nearpod.com>

<sup>30</sup> <https://interactives.ck12.org/simulations/>

<sup>31</sup> <https://kahoot.com/>

<sup>32</sup> <https://goformative.com/>

<sup>33</sup> <http://versolearning.com>

<sup>34</sup> <https://socrative.com/>

perspectivele profesorilor, iar costul raportat este de multe ori prea mare [89]. Deși există și resurse gratuite, acestea sunt limitate sau nu corespund întru totul programei școlare și de obicei prezentate în limba engleză, toate aceste lucruri cumulate reducându-se la faptul că lipsa materialelor didactice este un impediment în folosirea interactivității în clasă [89]. Astfel, se poate deduce că lipsa unor modalități de creare de materiale de către profesori este o limită a instrumentelor e-Learning existente.

În ceea ce privește instrumentele de creare de conținut educațional cu un factor interactiv ridicat, din cercetările curente nu am găsit un studiu relevant care să facă o sinteză a acestora.

Second Life și Open Simulator sunt modurile preferate de a realiza spații 3D multiutilizator cu interacțiuni bogată, motivul fiind mai mult legat de ușurința de utilizare a platformei și a editorului furnizat prin care se poate controla scena virtuală [25]. Acestea permit adăugarea de obiecte, realizarea de medii complexe, adăugarea de interacțiuni prin script-uri simple și altele. Pentru elemente interactive sunt necesare totuși cunoștințe de programare.

Sansar Creator<sup>35</sup> este o soluție lansată în 2017 de Linden Lab, compania care a dezvoltat Second Life, și este destinată simplificării creării și publicării de experiențe sociale VR. Pot fi importate modelele 3D și adăugate în scenă folosind o interfață drag-and-drop, la care se pot atașa elemente multimedia sau interacțiuni (sub formă de scripturi C#). Dispune de o monedă internă și un magazin din care se pot cumpăra elemente de creare a scenei, până la haine pentru avatarul personal. Momentan aplicația este disponibilă numai pentru Windows în varianta desktop sau VR. Pentru elementele interactive sunt necesare cunoștințe de programare.

ENTiTi Creator<sup>36</sup> face parte din suita Wakingapp, proiectată pentru a crea experiențe interactive VR și AR (Augmented Reality – Realitate Augmentată) fără a necesita abilități de programare, oferind o interfață drag&drop și un utilitar de scripting vizual. Entiti Creator este disponibil pentru Windows și Mac dar are un cost destul de ridicat. De asemenea, are nevoie de cunoștințe de modelare, iluminare și abilități grafice pentru a beneficia pe deplin de soluție.

---

<sup>35</sup> <https://www.sansar.com/>

<sup>36</sup> <https://www.wakingapp.com>

Există mai multe suite de aplicații care permit crearea și gestionarea de spații virtuale 360 ca Headjack<sup>37</sup>, Wonda<sup>38</sup>, Smart2VR<sup>39</sup>, care permit încărcarea de video-uri și crearea de tururi virtuale cu adnotări multimedia, dar gradul de interactivitate oferit este limitat.

Vizor VR<sup>40</sup> este un editor web VR mai avansat, cu mai multe opțiuni pentru creare și interactivitate. Dispune de o colecție de obiecte 3D gata făcute și un instrument de programare vizuală prin noduri grafice, fiind capabil de crearea unor medii virtuale complexe, dar necesită cunoștințe de modelare și programare grafică.

CoSpaces edu<sup>41</sup> este un alt instrument promițător de dezvoltare și management pentru medii educaționale virtuale care are o interfață drag-and-drop pentru crearea de lumi virtuale și JavaScript sau Blockly ca instrument de programare a interactivității. De asemenea, dispune de un instrument de management pentru profesori astfel încât să poată supraveghea studenții și de unde pot transmite sarcini sub formă de text. CoSpaces vine cu un plan gratuit și cu unul comercial.

AltspaceVR<sup>42</sup>, recent achiziționat de Microsoft, este o platformă socială de realitate virtuală, cu un sistem de management al evenimentelor. Practic, fiecare utilizator poate găzdui evenimente private sau publice și invita alți utilizatori în propriul lor mediu. Spațiul VR poate fi îmbogățit cu funcționalitate particularizată care necesită utilizarea de programare JavaScript. AltSpace VR este gratuit pentru utilizare și dezvoltare.

OpenSpace3D<sup>43</sup> este o platformă Open-Source de creare de medii virtuale 3D care dispune de un sistem de programare vizuală și un editor bogat pentru import de modele și creare de medii virtuale. Aceasta poate crea aplicații atât pentru desktop cât și pentru dispozitive mobile, de realitate virtuală sau augmentată. Sunt necesare totuși cunoștințe de modelare și elemente de grafică pe calculator.

Amazon Sumerian<sup>44</sup> oferă un editor de jocuri în browser care permite crearea și publicarea de medii virtuale 3D, aplicații de VR sau AR folosind drag&drop, fără multe abilități de

---

<sup>37</sup> <https://headjack.io/>

<sup>38</sup> <https://www.wondavr.com/>

<sup>39</sup> <https://www.smart2vr.com/>

<sup>40</sup> <https://site.vizor.io/>

<sup>41</sup> <https://cospaces.io>

<sup>42</sup> <https://altvr.com/>

<sup>43</sup> <http://www.openspace3d.com/>

<sup>44</sup> <https://aws.amazon.com/sumerian/>

programare specializate. Sumerian folosește un instrument de programare vizuală sau JavaScript pentru a adăuga interactivitate. Crearea unei aplicații necesită totuși cunoștințe de grafică pe calculator și proiectare de jocuri, dar nu presupune costuri de dezvoltare. Costul este aplicat doar pentru utilizarea resurselor de calcul (stocare, lățime de bandă, etc) similar cu toate produsele Amazon Web Services.

Soluțiile EON Reality<sup>45</sup>, Creator, Creator AVR, Studio și Coliseum sunt în acest moment printre cele mai complete instrumente de construcție de medii virtuale colaborative pentru educație, fiind și printre singurele instrumente acoperite în studiile de specialitate [123] [124] [125] [126]. EON oferă o suită care permite utilizatorilor să construiască rapid scene complexe folosind obiecte dintr-o bibliotecă bogată sau prin importul de modele 3D personalizate. Oferă un meniu simplu, pentru a atașa interactivitate sau conținut multimedia la obiecte din scenă. De asemenea, dispune și de câteva metode de evaluare de bază, cum ar fi chestionare sau jocuri simple. Totuși, fiind atât de complex, are foarte multe elemente specifice care necesită cunoștințe de grafică și modelare (cum ar fi Mesh, Textură, Material, HDR, Arborele scenei, Cameră etc.), iar construcția de elemente sau interacțiuni personalizate presupune programare în JavaScript sau VB script. Este totuși un instrument destul de vechi iar calitatea rezultatelor nu mai este la nivelul tehnologiei actuale.

Toate soluțiile rezumate mai sus sunt foarte folositoare și aduc un plus de interactivitate în materialele didactice, dar cele mai multe dintre ele sunt încă extrem de tehnice, necesitând modelare sau abilități de programare. Mai mult, crearea de material didactic se limitează în general la prezentare, simulare sau interacțiuni simple, pentru elemente complexe fiind necesare cunoștințe de programare avansată.

De asemenea, multe dintre aceste soluții nu oferă un sistem de management, dezvoltatorul fiind în imposibilitatea de a crea evenimente programate sau repetabile (cum sunt de regulă laboratoarele sau cursurile), sau neavând un mod centralizat de a evalua acțiunile elevilor, singurele platforme relevante în acest sens fiind cele oferite de CoSpaces și EON Reality.

---

<sup>45</sup> <https://www.eonreality.com>



### 3 Platformă pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale simple

Acest capitol descrie concepția și realizarea unui sistem de dezvoltare de medii educaționale virtuale simple. Sistemul a fost conceput pentru a ajuta cadrele didactice să construiască, să publice și să integreze cu ușurință jocuri sau simulări simple în sistemele de management de învățare existente bazate pe web. Sistemul pune la dispoziție un editor interactiv simplu de utilizat și o bibliotecă bogată de resurse educaționale interactive. Definirea unui proiect începe de la un șablon general cum ar fi puzzle sau simulare, iar apoi se utilizează obiecte complexe și interacțiuni din biblioteca de resurse interactive pentru a proiecta logica aplicației. Datele sunt stocate într-o platformă cloud și pot fi publicate și accesate online într-un browser web sau pot fi integrate printr-un API într-un LMS web pentru cursuri private sau publice cu utilizatori multipli.

#### 3.1 Cerințe funcționale

În continuare sunt descrise cerințele unei soluții propuse pentru a rezolva problemele vizate.

Au fost considerate câteva criterii și dificultăți de rezolvat în a crea o platformă simplă de editare a mediilor virtuale educaționale:

- Există un spectru larg de aplicații, simulări sau jocuri educaționale care pot fi dezvoltate
- Există multe particularități în dezvoltarea fiecărui tip de mediu virtual educațional
- Dezvoltarea de medii virtuale trebuie să fie cât mai simplă, accesibilă pentru orice utilizator non-tehnic
- Aplicațiile dezvoltate trebuie să fie extensibile și personalizabile, astfel încât să ofere și posibilități de editare mai avansate
- Progresul jucătorilor trebuie analizat și cuantificat pentru evaluare

Pornind de la principiile de construcție a uneia dintre cele mai populare companii de jucării, Lego, propunem o abordare similară a editorului de creare a mediilor virtuale. Oferind utilizatorilor blocurile de bază, similar pieselor Lego, și o modalitate simplă de a crea combinații dintre acestea, se poate obține un proces de dezvoltare ușoară dar cu o varietate de rezultate posibile. Un proces similar putem observa și la aplicații des folosite deja în procesele educaționale ca Microsoft Power Point: există elemente de bază ce se pot aranja și combina astfel încât să se expună idei într-o manieră sintetizată și mai interactivă. Prin urmare, soluția

propusă se bazează pe blocuri de conținut disponibile într-o bibliotecă, care pot fi personalizate sau combinate într-o interfață utilizator ușor de utilizat și intuitivă.

Mai mult, trebuie ținut cont de faptul că există multe tipuri de aplicații, simulări sau jocuri educaționale disponibile, fiecare cu propriile lor particularități, mecanici de joc și variații. În dezvoltarea de medii virtuale există câteva aspecte și interacțiuni de bază care sunt strict necesare pentru funcționarea acestora:

- Interacțiunea jucătorului cu mediul virtual, care poate fi făcută printr-un control al unui personaj, sau direct prin interfața grafică a aplicației.
- Elemente necesare de interfață grafică cu utilizatorul, cum ar fi o bară de viață, un minimap, inventar, instrucțiuni, etc.

Înțelegerea și dezvoltarea acestora nu ar trebui să fie o piedică în expunerea de conținut educațional, astfel că este necesară o metodă de a acoperi aceste cerințe, diferite în funcție de tipul de aplicație vizat.

Propunem o clasificare a tipurilor de aplicații posibile și a particularităților acestora, urmând ca să fie dezvoltate șabloane specifice care acoperă funcționalitățile de bază. A fost realizată următoarea clasificare relevantă pentru scopuri educaționale:

- Puzzle: jocuri sau aplicații care presupun rezolvarea unor provocări, ghicitori sau enigme folosind în principal doar control de interfață grafică. Scopul acestora este de a evalua cunoștințe prin provocări individuale.
- Acțiune: jocuri care presupun controlul simplu al unui personaj folosind tastatura și mouse-ul, având interacțiuni limitate cu mediul virtual. Scopul acestora este de a evalua cunoștințe prin acțiuni simple ale utilizatorului și colaborare.
- Role-Playing (RPG): jocuri complexe care presupun controlul unui personaj care poate avansa în diverse moduri, are abilități, echipamente sau obiecte pe care le poate căra sau folosi
- Strategie: jocuri sau aplicații care permit plasarea sau mutarea de obiecte în scenă pentru a atinge un anumit obiectiv. Scopul acestora este de a evalua cunoștințe mai complexe pe o perioadă mai lungă de timp și de a permite colaborarea.
- Simulare: aplicații care permit observarea unor fenomene sau interacțiuni și controlul acestora prin metode simple. Scopul acestor aplicații este de a prezenta diverse simulări și fenomene într-un mediu controlat.

Clasificarea s-a făcut ținând cont doar de aspectul educațional, categoriile de jocuri sau aplicații virtuale nefiind nici relevante și nici cunoscute de marea majoritate a cadrelor didactice, obiectivul fiind realizarea unei aplicații educaționale și nu a unui tip de joc.

Fiecare categorie prezentată mai sus acoperă mai multe genuri de aplicații. De exemplu, un puzzle ar putea fi 2D sau 3D, folosind interacțiuni mecanice sau nu, un RPG poate fi First-Person, Third-Person sau Top-Down, în timp ce un joc de strategie se poate desfășura în timp real sau poate fi bazat pe ture (de exemplu jocul de șah). În plus, fiecare dintre aceste categorii pot avea și variante multiutilizator.

Pe baza acestor categorii vor trebui generate și elemente de interfață grafică sau meniuri de conectare și de control al jocului. Pentru a oferi un grad de personalizare, sistemul va trebui să pună la dispoziție diferite pachete de interfață grafică cu elemente predefinite care pot fi aplicate oricărui tip de aplicație sau joc. Acest lucru este posibil din două motive:

- cea mai mare parte a funcționalității meniului principal este comună pentru toate categoriile
- același stil poate fi aplicat la toate elemente din interfața cu utilizatorul, constând de obicei din butoane, ferestre sau atribute grafice ale personajului.

Etapa cea mai complexă în dezvoltarea unui spațiu virtual educațional o reprezintă crearea scenelor virtuale și a mecanicilor de joc, practic a interacțiunii unui utilizator cu mediul virtual. Astfel, sistemul trebuie să pună la dispoziție un editor simplu de utilizat pentru cadre didactice fără cunoștințe de programare, dar în același timp complex, pentru a acoperi varietatea mare de aplicații care se pot realiza. Acest editor trebuie să permită cadrelor didactice să compună cu ușurință aplicații, jocuri sau simulări personalizate după nevoie, care să completeze materialele deja folosite în clasă, pentru a evalua studenții sau pentru a-i ajuta în procesul de învățare prin metode interactive și captivante.

Instrumentele de editare de jocuri folosesc în general noțiunea de Obiect de joc (Game Object) ca bază a dezvoltării de conținut, un concept care abstractizează conținutul găsit în interiorul unui joc. Un obiect poate fi un avatar controlabil, un copac, o sursă de lumină, un element de meniu sau chiar un script. Un obiect poate fi părinte pentru alte obiecte de joc, fiind structurat ca un arbore. Fiecare obiect de joc are de obicei un tip de bază și poate avea particularități sau componente suplimentare, cum ar fi proprietăți, texturi sau scripturi pentru a extinde aspectul sau funcționalitatea sa de bază.

Pentru a simplifica procesul complex de dezvoltare, propunem un sistem bazat pe șabloane de obiecte de joc, astfel încât cadrele didactice să poată selecta dintr-o gamă largă de obiecte predefinite cu funcționalitate, proprietăți și interacțiuni integrate. Fiecare obiect de joc este în esență definit ca o colecție de componente. Componentele pot fi suprafețe „mesh”(rețele de fațete triunghiulare conectate), interacțiuni fizice, scripturi, diverse efecte speciale și multe altele. De exemplu, un obiect de joc ar putea avea o componentă care să transforme obiectul într-unul fizic, cu masă și greutate, care răspunde la interacțiuni și coliziuni fizice și poate avea o componentă care definește o valoare aleatoare pentru ea, care ar putea fi o suprafață mesh, o textură sau o etichetă text.

Mai mult, pe lângă obiecte de joc predefinite, utilizatorii vor putea crea sau augmenta propriile obiecte de joc prin adăugarea sau eliminarea de componente. Toate aceste componente vor putea fi adăugate, modificate sau eliminate dintr-un obiect utilizând interacțiuni simple în panouri de configurare sau prin drag and drop.

Componentele vor fi de asemenea extrem de adaptabile astfel încât să ofere posibilitatea cadrelor didactice să își definească propriul conținut personalizat. Astfel, se vor oferi trei metode (Figura 3.1):

- (a) Prin configurare: o metodă simplă de utilizat care necesită doar o configurație vizuală dintr-un set predefinit de opțiuni. De exemplu, o componentă care generează valori aleatorii poate avea o selecție de suprafețe dintr-o listă care să constituie reprezentarea vizuală în scenă (cum ar fi meteoriți, rachete etc.) și poate avea, de asemenea, o selecție de etichete text (de exemplu Regi și împărați antici). Conținutul personalizat poate fi încărcat în fiecare dintre aceste liste.
- (b) Scripting vizual: utilizând un instrument de scripting vizual similar cu UnrealEngine4 Blueprint. Funcțiile sunt reprezentate ca noduri într-o diagramă interactivă și pot fi conectate prin fire pentru a crea fluxul de lucru al componentei. În acest fel, educatorii pot defini scripturi particularizate chiar și fără abilități efective de programare.
- (c) Scripting: folosind un limbaj de scripting pentru a controla complet funcțiile, parametrii și toată logica componentei

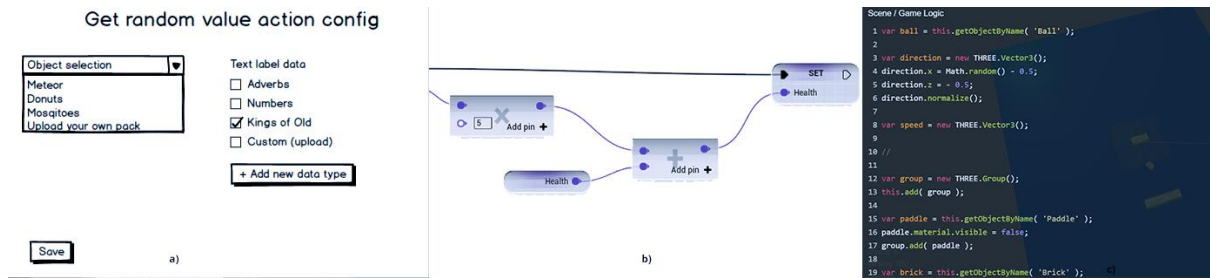


Figura 3.1 Schiță configurare interacțiune pentru un obiect de joc

Astfel, pentru a crea un proiect, utilizatorul va trebui să urmeze mai mulți pași.

1. Utilizatorul selectează tipul de aplicație dorit. Va exista și posibilitatea dezvoltării unui proiect fără șablon inițial. O schiță de interfață grafică pentru interacțiunea cu utilizatorul este prezentată în figura de mai jos (Figura 3.2).



Figura 3.2 Schiță pentru selectarea tipului de joc

2. Utilizatorul selectează un șablon de pornire dintr-o gamă largă de activități predefinite pentru a defini mai bine rezultatul. Selectarea unui șablon va genera automat jocul sau aplicația pe baza acelui șablon inițial având un conținut incipient și interacțiuni gata de rulare. În acest fel, utilizatorul poate reda sau testa rezultatul imediat după configurarea inițială, spre deosebire de procesul tradițional de dezvoltare a jocurilor, unde primul rezultat redat se face de obicei după multe ore de programare intensivă. Șabloanele vor fi prezentate cu un nume relevant și o imagine de pre-vizualizare afișată la selecție (Figura 3.3).

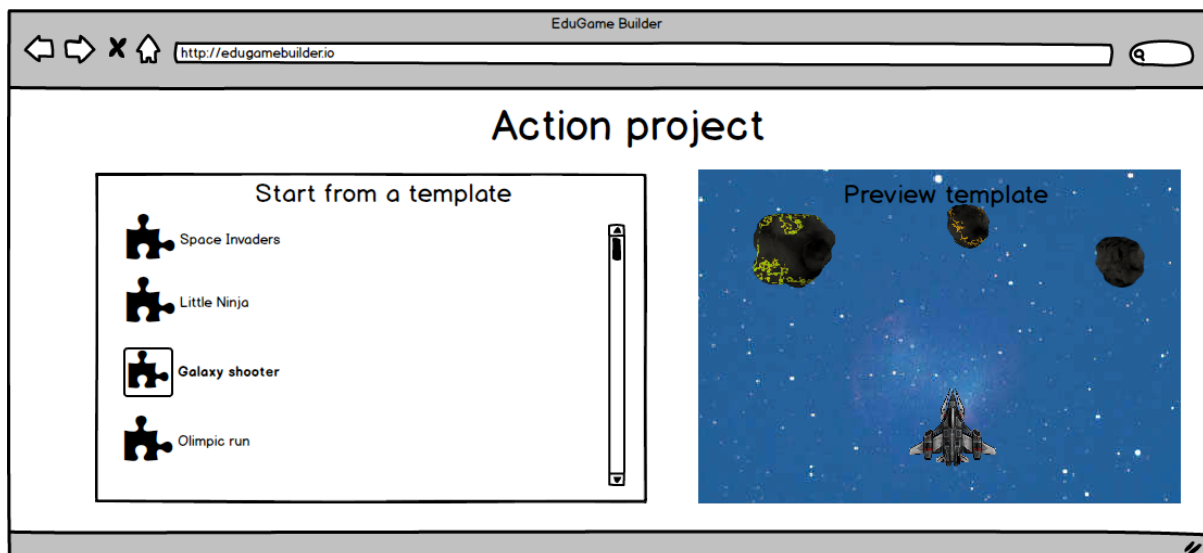


Figura 3.3 Schiță pentru selectarea unui șablon

- Utilizatorul va selecta un șablon de stil predefinit. Acest lucru va genera automat toate meniurile și interfețele utilizator necesare. Șablonul de stil va acoperi atât elementele de bază din timpul execuției aplicației, cum ar fi scorul sau progresul, cu unele variații în funcție de tipul de joc sau aplicație, dar și un meniu principal cu detalii de utilizator, scor, setări și funcționalități specifice jocului: salvare, încărcare și pornire. Stilurile vor avea un nume clar și relevant, alături de imagini de pre-vizualizare, de preferat aplicate direct șablonului de aplicație selectat anterior (Figura 3.4).

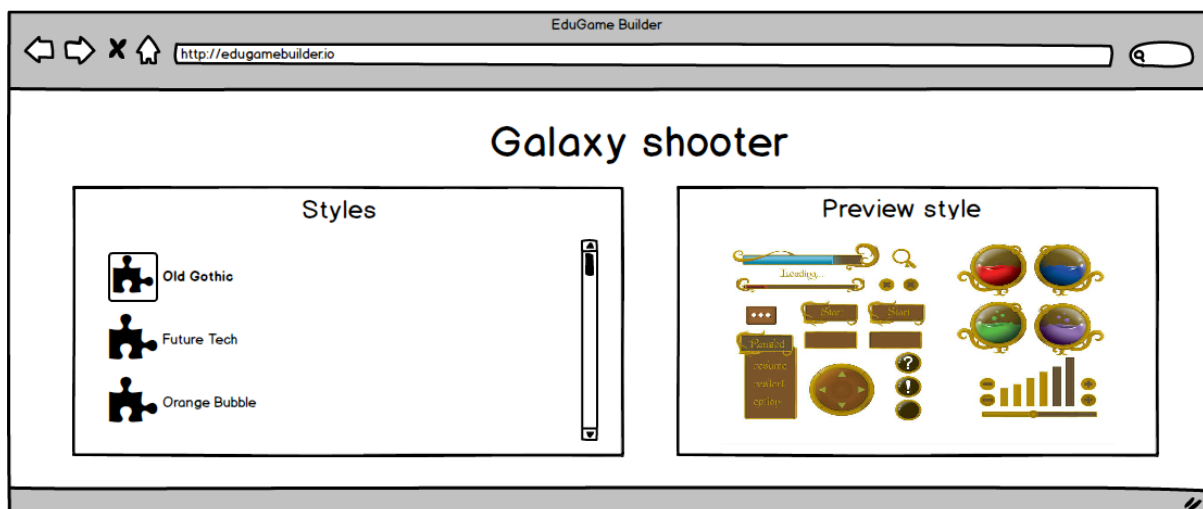


Figura 3.4 Schiță pentru selectarea stilului de joc

- Utilizatorul va adăuga niveluri de joc sau scene, fiecare fiind editat individual. Se pot adăuga oricât de multe niveluri sau scene la un proiect. Fiecare nivel va porni din șablonul de bază selectat, astfel încât se va garanta că acesta va rula fără probleme.

Acest lucru va permite cadrelor didactice să aplice doar modificări șabloanelor și apoi să le testeze imediat (Figura 3.5).

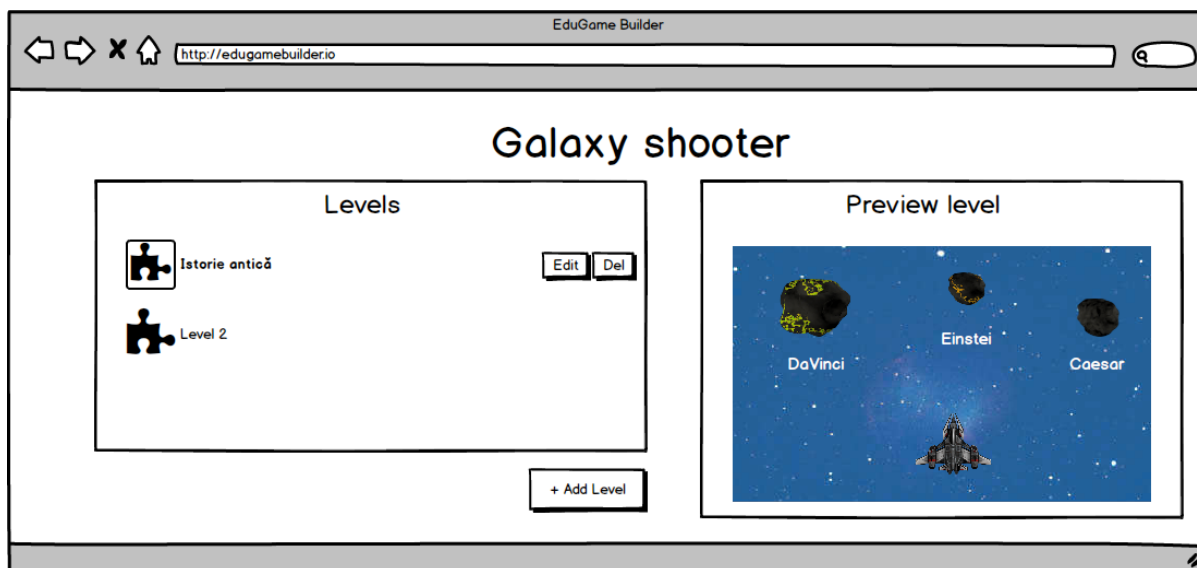


Figura 3.5 Schiță pentru selectarea nivelului de joc

5. Utilizatorul va personaliza și va crea fiecare nivel sau fiecare scenă în parte folosind editorul pus la dispoziție. Vor exista blocuri predefinite din care utilizatorul poate alege sau va putea combina componente ca obiecte de joc și interacțiuni pentru a concepe elemente noi. Adăugarea blocurilor sau a componentelor se va face simplu prin drag&drop și panouri de configurare (Figura 3.6).

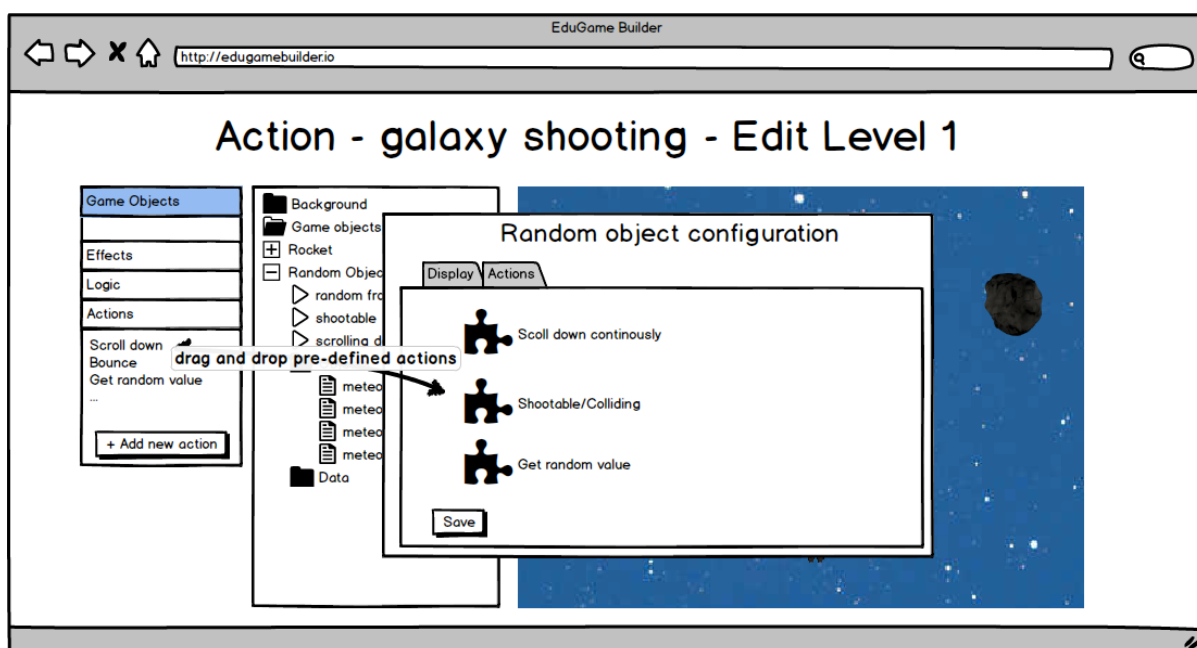


Figura 3.6 Schiță pentru configurarea unui obiect de joc

Utilizatorii vor putea modifica sau actualiza ulterior orice pas sau element din aplicația astfel creată. Va exista o listă de aplicații cu posibilitate de editare, pre-vizualizare sau publicare. Pre-vizualizarea proiectului presupune rularea rezultatului efectiv, iar publicarea acestuia presupune oferirea de acces public sau privat la aplicația rezultată.

Va exista de asemenea și o metodă de analiză și evaluare a activității elevilor în aplicație.

Utilizatorii vor mai avea acces și la alte funcționalități standard, cum ar fi autentificarea în sistem, vizualizarea scorului, actualizarea profilului sau informații ajutătoare.

O diagramă de context care sumarizează toate funcționalitățile este prezentată mai jos (Figura 3.7).

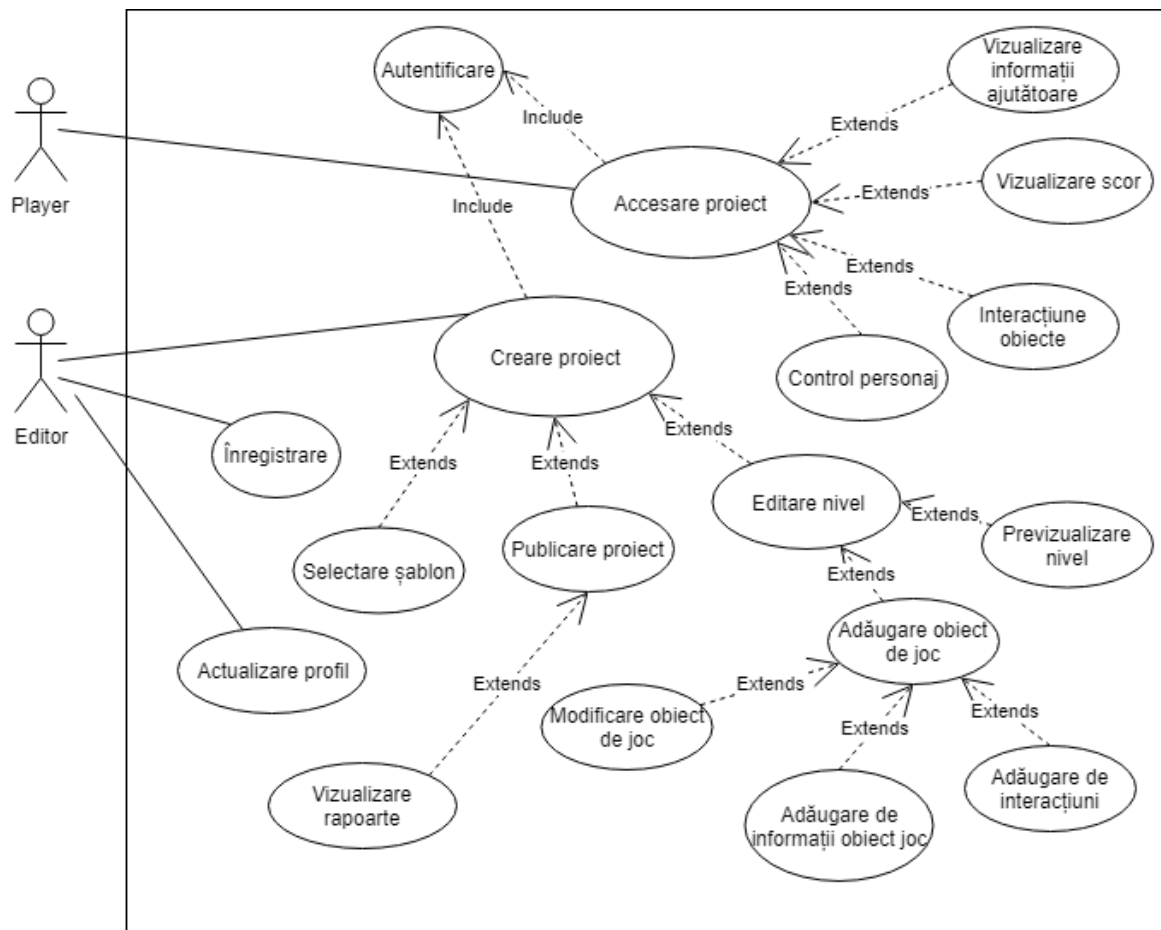


Figura 3.7 Diagrama de context

Pe baza funcționalităților pe care le pot accesa la un moment de timp, utilizatorii se clasifică în două mari categorii, numite actori:

- Editor: utilizator care are drept de acces la platforma de creare și editare a aplicațiilor
- Player: utilizator care are drept de acces la aplicațiile rezultate



## 3.2 Arhitectură

Primul pas în proiectarea soluției a fost definirea unei arhitecturi care să permită accesul direct la aceste medii virtuale interactive, fără a fi nevoie de instalarea unor dependențe sau de alte elemente tehnice, și care pot fi folosite și distribuite ușor ca și conținut educațional. Mai mult, soluția trebuie să permită integrare cu LMS-uri populare, astfel încât conținutul să fie ușor accesibil de către elevi și apoi notat sau evaluat în mod automat sau manual în funcție de performanța acestora.

Definim astfel următoarele criterii de proiectare:

- Sistemul de editare trebuie să fie portabil, accesibil din toate sistemele de operare desktop,
- Aplicațiile rezultate trebuie să fie portabile, accesibile atât pe desktop cât și pe mobil,
- Sistemul de editare și aplicațiile trebuie să fie disponibile ușor pentru utilizatori în permanență,
- Sistemul de editare și aplicațiile rezultate trebuie să fie ușor de utilizat.

Pentru a acoperi toate cerințele software definite cât și criteriile definite mai sus, am creat o platformă bazată pe tehnologii web disponibilă în Cloud. Soluția poate fi accesată din orice browser și prezintă mai multe avantaje:

- Ușurința de utilizare: majoritatea browser-elor moderne folosesc WebGL și pot rula medii virtuale interactive, astfel încât nu există instalări suplimentare sau dependențe.
- Portabilitate: aplicațiile în browser sunt accesibile pe orice platformă, astfel încât se pot rula aplicațiile de pe un PC, un telefon Android sau iOS, etc.
- Accesibilitate: pentru a accesa aplicația trebuie deschis un browser și accesată o adresă. Aplicațiile pot fi accesate chiar și offline, dar necesită o conexiune la internet pentru salvarea progresului.
- Disponibilitate: datele sunt stocate și livrate dintr-un sistem de tip Cloud astfel că este garantată disponibilitatea, scalabilitatea, backup-ul permanent și o distribuție globală.
- Colaborare: editarea într-un mod colaborativ este foarte frecventă, iar acest lucru este posibil numai cu aplicații Cloud online.

Astfel, au fost definite următoarele componente software (Figura 3.8):

- Editor: permite crearea și editarea activităților interactive și publicarea acestora.
- Game: stochează și distribuie datele care definesc o aplicație sau un joc și gestionează instanțele accesate. Tot această componentă se ocupă și de crearea și personalizarea proiectului.
- Player: rulează efectiv aplicația rezultată sau jocul într-un browser web.
- LMS plugin: un plug-in personalizat care se integrează într-un LMS pentru a asigura o interconectare și posibilitatea de analiză a progresului utilizatorilor

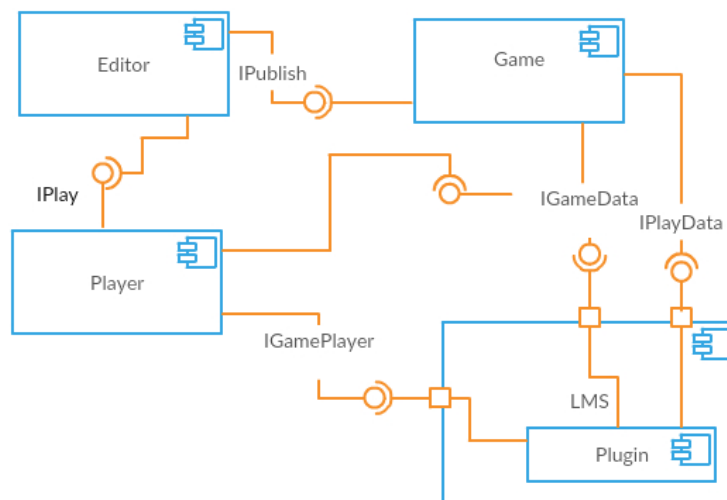


Figura 3.8 Diagrama de componente a platformei

Au fost studiate mai multe variante posibile pentru dezvoltarea componentelor Editor și Player, pe care le prezentăm sumar în continuare.

Motoarele grafice multi-platformă cum ar fi Unity sau Unreal Engine 4 oferă posibilitatea dezvoltării de aplicații și publicarea lor pentru WebGL prin emscripten<sup>46</sup>, o bibliotecă care compilează cod C sau C++ în WebAssembly<sup>47</sup>, format binar acceptat de majoritatea browserelor (Firefox, Chrome, Edge și WebKit). Acestea vin cu avantaje precum un editor și multe funcționalități deja incluse, o calitate ridicată a rezultatelor și ușurința de publicare. Dezavantajele țin de overhead-ul pe care această compilare îl aduce și de faptul că aceste motoare grafice au deja un editor, fiind dificilă realizarea unui nou editor web în acestea. Mai mult, este recomandat ca toate resursele să fie ținute în pachete separate pe un server care se vor descărca ulterior în funcție de necesități pentru a micșora dimensiunea. Spre exemplu, în

<sup>46</sup> <https://emscripten.org/>

<sup>47</sup> <https://webassembly.org/>

Unity o aplicație de bază pleacă de la un minim de 3.5MB. Dimensiunea crește foarte repede atunci când se adaugă elemente ca lumini, camere, teren sau alte obiecte ajungând pentru o aplicație simplă la un ordin de zeci sau sute de MB. Un alt dezavantaj este faptul că este destul de dificil de adăugat elemente de interacțiune și scripturi de cod în timpul execuției unei aplicații (la runtime) dezvoltată în aceste motoare grafice, ceea ce ar face anevoioasă dezvoltarea de noi interacțiuni și aplicarea lor în editor.

Există de asemenea posibilitatea dezvoltării unui motor grafic complet folosind WebGL, dar dificultatea și cerințele necesare nu fac obiectul acestui studiu. Există deja biblioteci Open Source care implementează cerințele de bază ale unui motor grafic. Cele mai populare exemple de astfel de biblioteci sunt ThreeJs<sup>48</sup>, folosit de peste 20000 de dezvoltatori și cu un rating de 50000 pe Github, sau BabylonJs<sup>49</sup>, cu un rating de aproape 10000.

În continuare este prezentată diagrama de distribuție a sistemului propus (Figura 3.9).

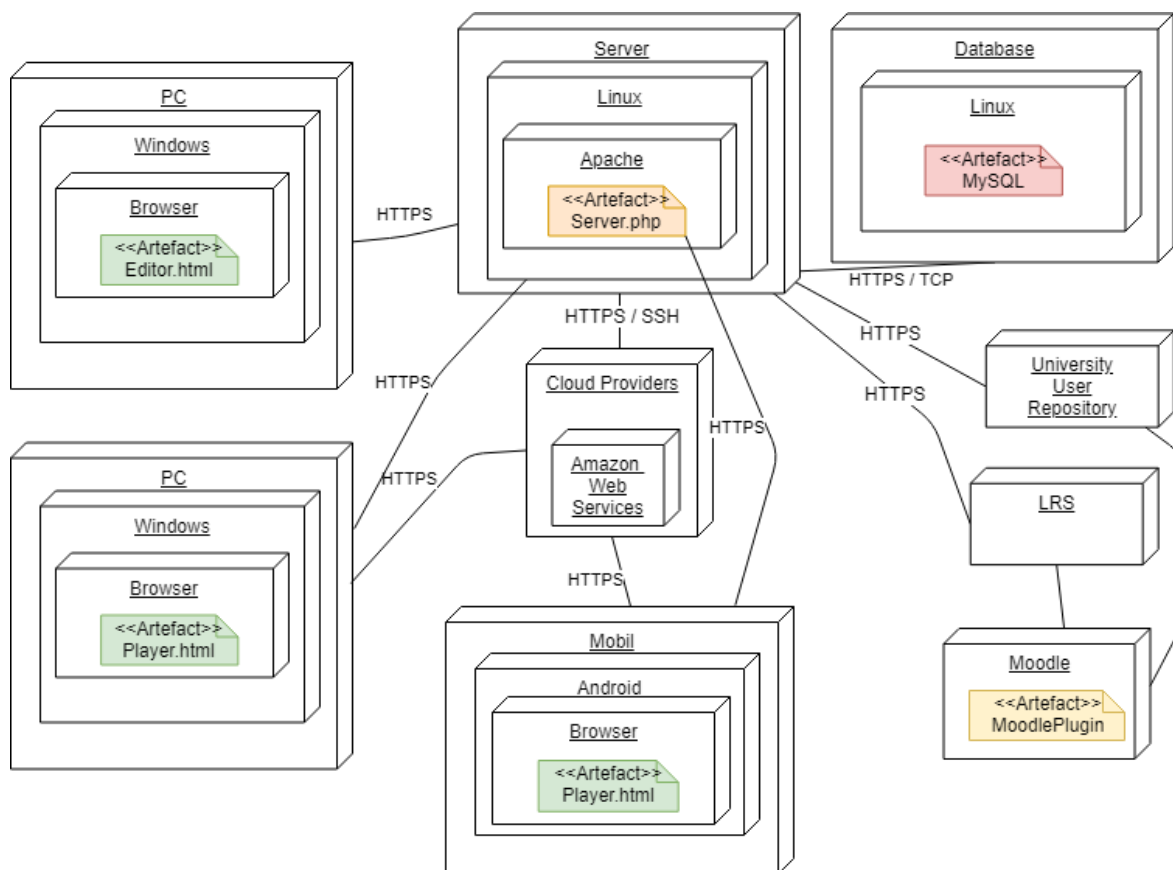


Figura 3.9 Diagrama de distribuție a platformei

<sup>48</sup> <https://github.com/mrdoob/three.js/>

<sup>49</sup> <https://github.com/BabylonJS/Babylon.js>

### 3.3 Implementare

Pentru a valida soluția a fost construit un prototip. Toate componentele propuse au fost implementate cu o funcționalitate de bază.

A fost dezvoltată o aplicație server în framework-ul PHP Laravel care furnizează un API REST pentru gestionarea proiectelor și a utilizatorilor.

Pentru dezvoltarea interfeței grafice s-a folosit VueJS, un framework JavaScript. Au fost implementați pașii de creare a unui proiect (a), selectare a unei categorii de joc (b), a unui șablon (c) și a unui stil grafic (d). Toate informațiile se afișează dinamic, fiind preluate din baza de date (Figura 3.10).

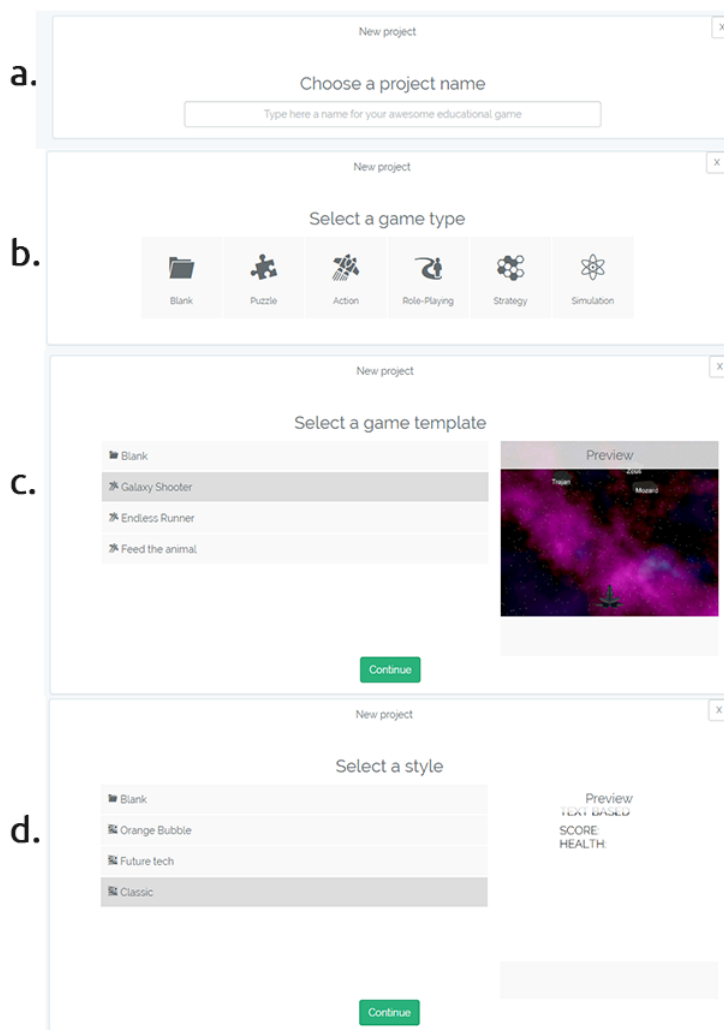


Figura 3.10 Pași urmați de utilizator pentru crearea unui proiect

Partea cea mai importantă este definirea fiecărei scene sau nivel în parte. Pentru aceasta a fost dezvoltată o interfață grafică în care se pot adăuga niveluri dinamic. Pentru definirea unui nivel este nevoie de adăugarea unui nume, după care se poate edita scena virtuală (Figura 3.11).

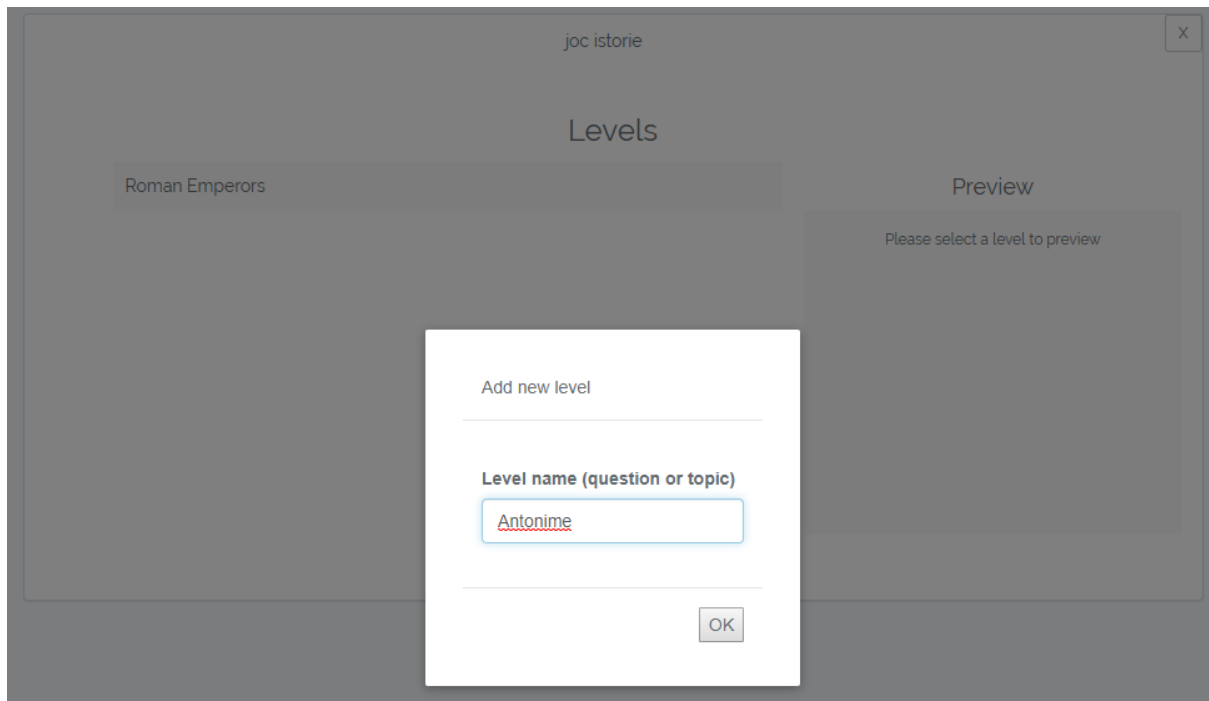


Figura 3.11 Configurarea de niveluri de joc

Pentru a dezvolta editorul de medii virtuale a fost folosită biblioteca JavaScript Open-Source ThreeJS, care furnizează și un editor minimal. Editorul oferă următoarele funcționalități de bază care acoperă o parte din cerințele definite (Figura 3.12):

- definirea unei scene virtuale în care se pot adăuga un număr limitat de obiecte dintr-un meniu,
- obiectele se pot manipula în scena virtuală (translație, scalare, rotație),
- obiectele au definite un număr limitat de proprietăți și componente ,
- arbore al scenei în care sunt listate toate obiectele din scenă, ordinea și relațiile părinte-copil,
- funcționalitate de Play sau pre-vizualizare,
- adăugarea de script-uri în Javascript pe orice obiect,
- import și export de obiecte sau scenă.

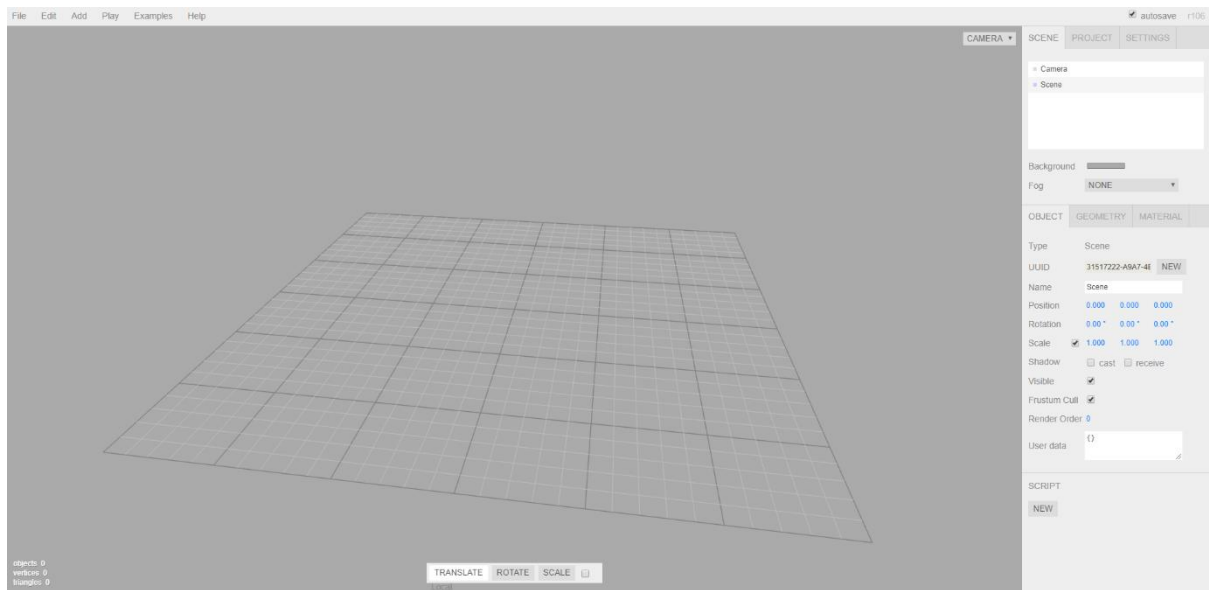


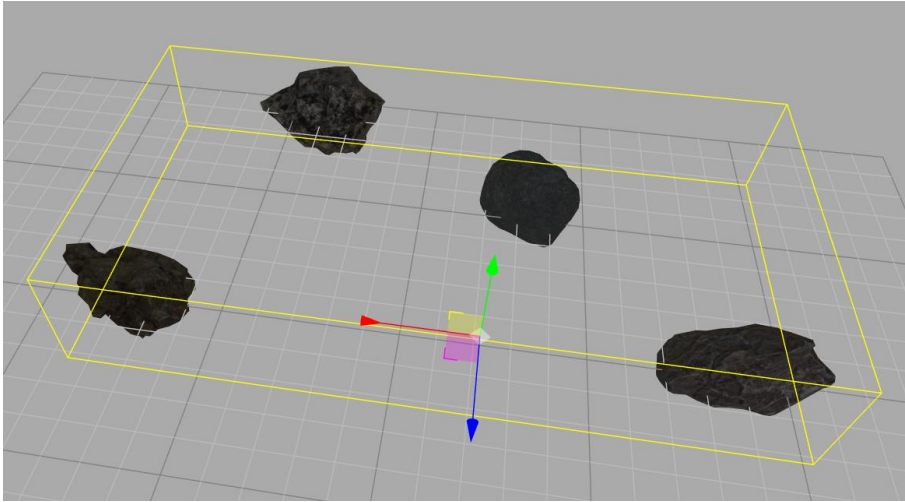
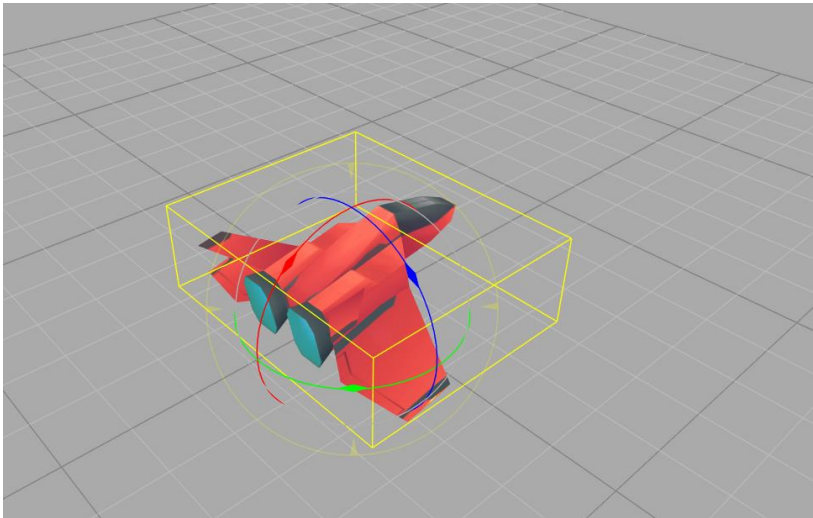
Figura 3.12 Editor ThreeJS

Aceste funcționalități acoperă modalitatea de bază de a edita o aplicație grafică pentru persoane tehnice.

Astfel, s-a integrat acest editor în fluxul de editare al unui proiect și s-au adăugat elemente adiționale pentru a simplifica interfața și pentru a oferi funcționalități predefinite.

În primul rând a fost extins modul de stocare a obiectelor, prin crearea de obiecte compuse din componente și scripturi de interacțiune deja integrate sau grupuri de obiecte cu interacțiune. Editorul pune deja la dispoziție un obiect de joc denumit *Grup* în care se pot grupa alte obiecte de joc într-o structură arborescentă. Acestea se pot exporta în forma JSON, fiind limitate la informația legată de structură, geometrie și textură. Dacă se atașează un script de interacțiune pe un grup sau pe unul din membrii acestuia, nu există o metodă de persistență. Astfel, a fost extinsă definirea grupului și a obiectelor de joc în general prin adăugarea de informații legate de scripturile definite. Întrucât scripturile pot conține caractere speciale care ar putea influența sau încurca metoda de parsare, acestea au fost codificate folosind Base64.

În acest mod se pot defini și salva ca șabloane de resurse obiecte sau grupuri de obiecte cu funcționalitate interactivă atașată și au fost definite o serie de resurse interactive. Câteva exemple sunt prezentate în Tabel 3.1.

Denumire	Funcționalitate
<p>Meteors</p>	<p>O grupare de meteoriți animați care pornesc din afara scenei și se translatează prin scenă în direcția personajului până dispar (Figura 3.13). Există mai multe tipuri și variante de obiecte care se generează aleator în scenă, la care se atașează un text dintr-o listă, reprezentând o variantă de răspuns. Acestea au rolul de elemente prin care se poate interacționa.</p>  <p><i>Figura 3.13 Ansamblu de obiecte de joc folosite ca șablon</i></p>
<p>Spaceship</p>	<p>Un obiect de joc de tip Personaj pe care îl va controla jucătorul (Figura 3.14). Are implementate metode de preluare a intrării de la mouse și de lansare de proiectile.</p>  <p><i>Figura 3.14 Obiect de tip personaj ca șablon</i></p>

Tabel 3.1 Exemple de șabloane construite

Modelele 3D au fost preluate în format glTF<sup>50</sup> (GL Transmission Format) de pe site-ul Sketchfab<sup>51</sup>.

În continuare a fost integrat un panou în care sunt afișate elementele disponibile în biblioteca de resurse oferită (Figura 3.15). Aceste resurse se afișează în funcție de tipul de șablon folosit. Pentru aceasta a fost extinsă interfața de panouri și conectată la un modul de bibliotecă care furnizează o listă de resurse disponibile cu următoarele informații structurate și livrate în format JSON:

- *id*: un identificator unic al resursei
- *nume*: o denumire care apare în lista afișată
- *image*: o imagine reprezentativă pentru resursă
- *tip*: un tip de resursă care va fi afișat în listă pentru a determina scopul resursei
- *resursă*: conținutul resursei sau o cale către fișierul care conține efectiv resursa

Pentru fiecare resursă din bibliotecă s-a realizat și o imagine reprezentativă.

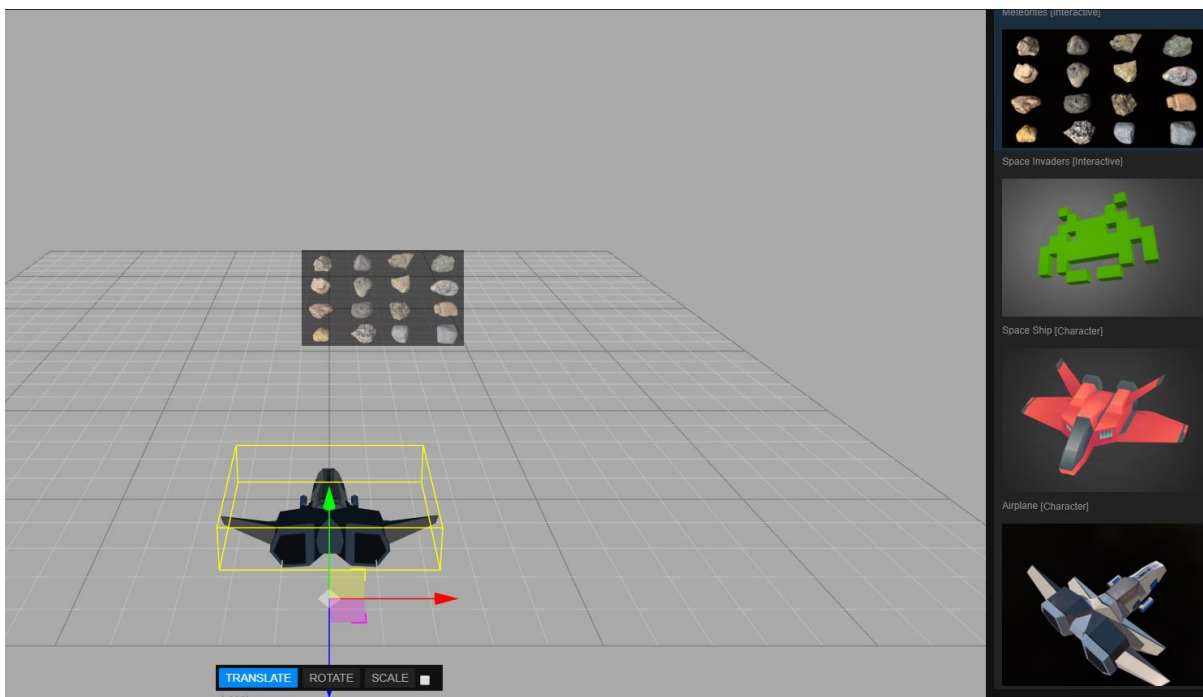


Figura 3.15 Listă de resurse accesibile prin Drag&Drop

A fost, de asemenea, dezvoltată o metodă de a adăuga resursele în scenă folosind o operație de *drag&drop*. Acest lucru nu se poate face ușor întrucât resursele sunt menținute pe server, având

<sup>50</sup> <https://www.khronos.org/glTF/>

<sup>51</sup> <https://sketchfab.com>



dimensiuni cumulate prea mari pentru a fi descărcate la rularea editorului. Astfel, se fac mai mulți pași pentru realizarea acestei funcționalități:

- Fiecare element din lista afișată este implementat ca un element *Draggable* (care se poate selecta și muta în scenă) pentru a se putea interacționa cu acesta.
- În momentul în care se selectează un element și începe mutarea în scenă se salvează o referință globală la obiectul respectiv. Acest lucru este necesar întrucât JavaScript, deși are o funcție de preluare a informațiilor și chiar a fișierelor prin *drag&drop* din sistemul de operare denumită *dataTransfer*, nu permite trimiterea de referințe de acest fel în mod programabil.
- În momentul în care se plasează elementul în scenă efectiv, se face o cerere către server pentru a prelua fișierul de resursă care se parsează și se importă.
- Se atașează scenei obiectul astfel importat.
- Întrucât scripturile sunt stocate și rulate la nivel global de editor, la încărcarea unui obiect acestea trebuie atașate implicit la scripturile editorului, după ce au fost decodate în prealabil.

Pentru a putea adăuga material educațional într-un mod simplu, a fost implementată o metodă de definire a obiectelor de interacțiune pentru a permite configurarea în mod dinamic, prin definirea unor parametri speciali la crearea resursei. Obiectului *i* se pot atașa variabile definite prin tip, delimitare și denumire, variabile care vor fi folosite atât în scripturile de interacțiune cât și în afișarea unui panou de configurare la adăugarea unui obiect în scenă. Spre exemplu, pentru obiectul de joc meteorit s-au definit două variabile:

- *Words*: intrare de tip zonă-text în care se pot introduce mai multe cuvinte separate prin virgule, cu rolul de a furniza lista întreagă de cuvinte care se vor afișa.
- *Correct*: intrare de tip zonă-text în care se pot introduce mai multe cuvinte separate prin virgule, cu rolul de a valida răspunsurile corecte

Un obiect astfel definit va lansa un panou de configurare în care se vor afișa cele două câmpuri configurate, valorile introduse fiind separate prin virgule și memorate în vectorii care vor fi folosiți în scriptul de interacțiune (Figura 3.16).

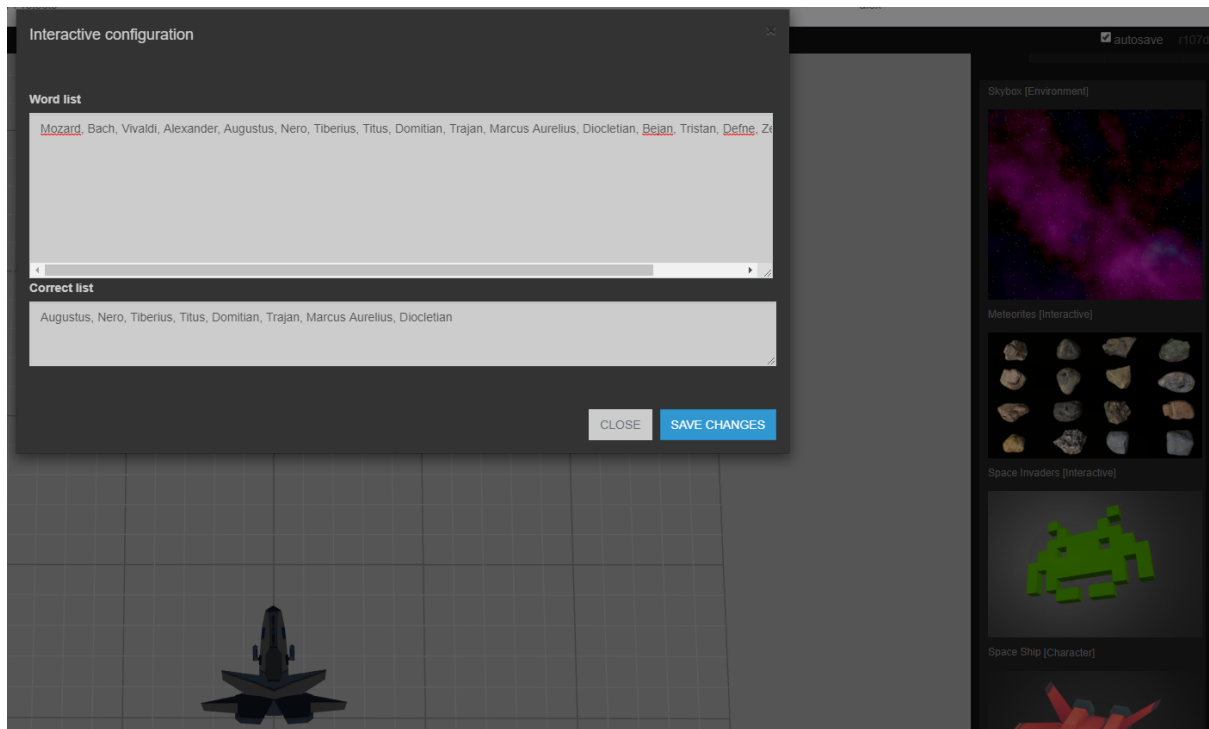


Figura 3.16 Configurare obiect de joc interactiv prin folosirea unui formular

Pentru ca funcționalitatea să fie completă, mai este necesară definirea elementelor comune și în acest mod crearea de șabloane. În cadrul prototipului a fost construită o scenă de bază cu următoarele elemente:

- iluminare ambientală și direcțională;
- cameră perspectivă plasată deasupra scenei pentru o vedere de sus;
- scripturile care gestionează interacțiunea generală a jocului: inițializări, motorul de fizică și gestiunea coliziunilor, referințe la obiecte și alte detalii generale de mecanică.

Toate elementele prezentate mai sus definesc un șablon al unui anumit tip de joc dintr-o categorie definită. Acestea sunt salvate în baza de date ca punct de pornire pentru orice nivel din cadrul acelui tip de joc.

Pentru salvarea unui nivel de joc în editor, s-a extins funcția de salvare, astfel încât să trimită către server un fișier JSON serializat, care cuprinde toate elementele scenei. Întrucât dimensiunea unei scene este destul de mare (aproximativ 10-20MB) și nu este optimă salvarea într-o bază de date, s-a folosit un sistem de tip Cloud, o variantă ușor de folosit și gratuită pentru 12 luni: Amazon S3. Acesta are disponibilitate mare și distribuție globală, fiind folosit cu succes ca CDN (Content Delivery Network) prin AWS Cloudfront<sup>52</sup>. Laravel are deja

<sup>52</sup> <https://aws.amazon.com/cloudfront/>

integrată și abstractizată această integrare, astfel că a fost necesară doar configurarea serviciului și un *Bucket* (container de documente) în S3 dedicat livrării publice de resurse web.

Resursele fiind deja stocate online, proiectul se poate publica instant pentru a fi accesibil la o adresă web (Figura 3.17).

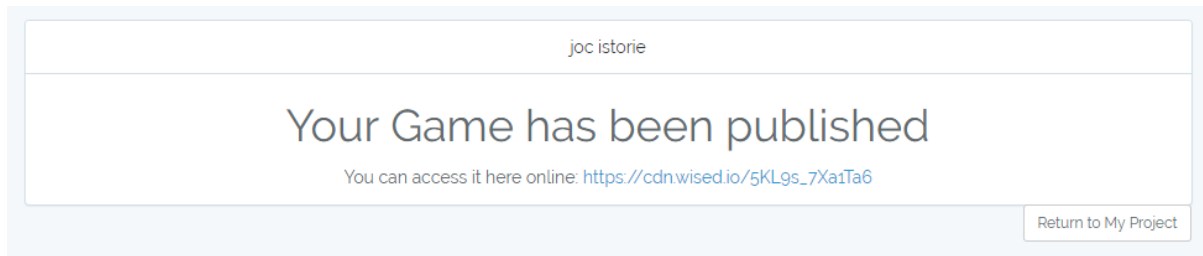


Figura 3.17 Publicarea online a unui proiect

Pentru rularea publică a jocului a fost implementată componenta de *Player* (Figura 3.18), prin ajustarea editorului. Astfel, s-au păstrat doar modulele necesare pentru preluarea și parsarea scenei și componenta de redare a conținutului (*render*). *Player*-ul dispune, de asemenea, de o componentă de autentificare pentru a identifica jucătorul.

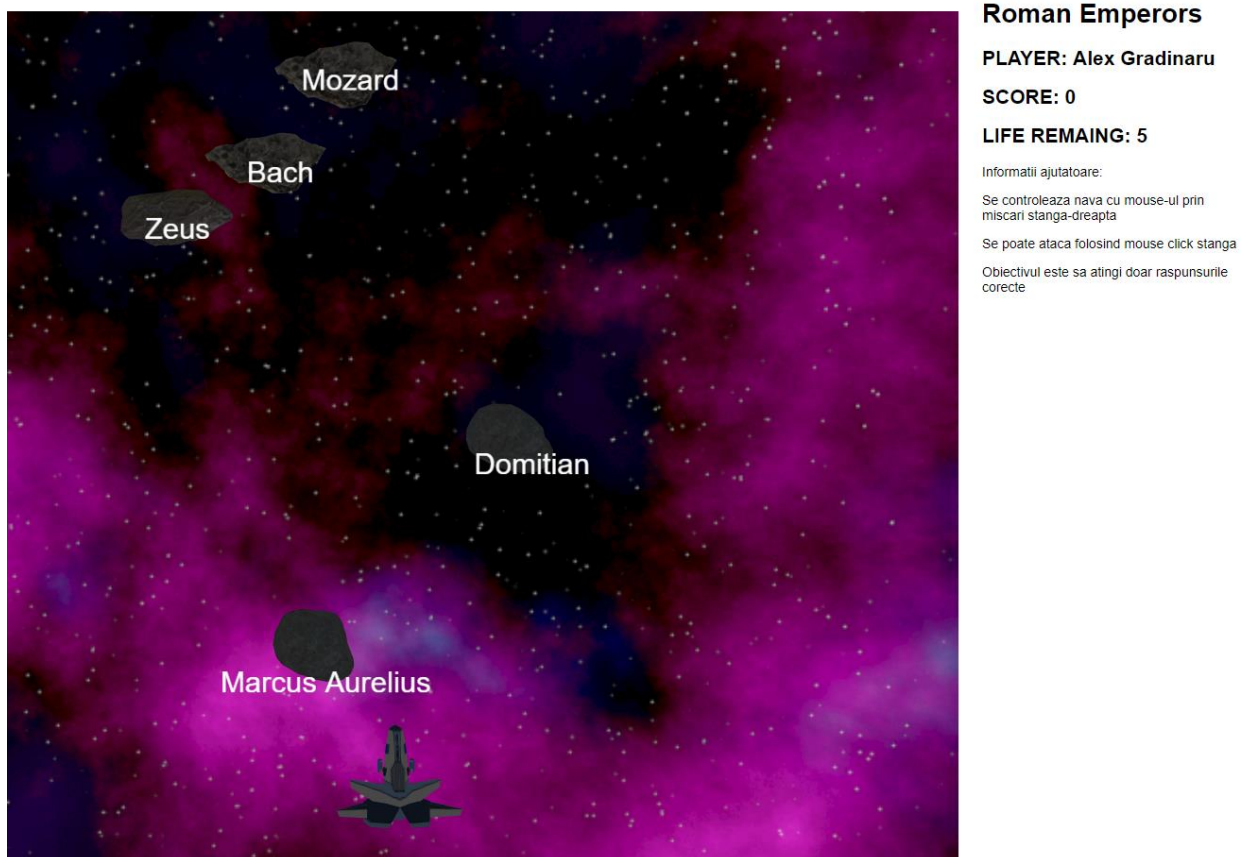


Figura 3.18 Accesarea în Cloud a proiectului realizat

Pentru analiza progresului și a performanței elevilor în mediile virtuale s-a folosit Watershed LRS și o interfață de afișare integrată în Moodle. Pentru fiecare proiect publicat se creează un Activity Provider unic în Watershed și se salvează fiecare interacțiune a utilizatorului în aplicație în format xAPI: conectare, început aplicație, interacțiune cu obiecte, etc. Pentru trimiterea informațiilor în LRS-ul Watershed, s-a folosit endpoint-ul definit în Activity Provider și o cerere HTTP prin metoda POST având următoarele caracteristici:

- Request Body: un obiect JSON care respectă standardul xAPI.
- Conținutul trebuie să fie explicit setat ca JSON prin antetul *Content-Type: application/json*.
- Trebuie specificată versiunea de xAPI folosită, prin antetul *X-Experience-API-Version: 1.0.3*.
- Cererea HTTP folosește autentificare de bază (Basic Authentication) folosind ca username și parolă valorile Key și Secret disponibile în Activity Provider.

Deși există posibilitatea trimiterii de date din Moodle într-un LRS prin xAPI, încă nu există la această dată un plugin publicat (la o căutare după termeni ca XAPI<sup>53</sup> sau LRS<sup>54</sup> în lista de plugin-uri Moodle) care să furnizeze date sau rapoarte direct în Moodle. Astfel, este necesară implementarea unui plugin Moodle care să citească datele din Watershed prin folosirea API-ului de Data Export pus la dispoziție de acesta.

Plugin-ul de Moodle preia aceste înregistrări prin cereri HTTP și le afișează atât sub formă tabelară cât și într-un grafic sumarizator. S-au definit și câteva filtre după nume și dată pentru a ușura căutarea de informații relevante (Figura 3.19).

Pentru transmiterea xAPI și salvarea interacțiunilor s-au folosit elementele standard (Figura 3.20):

- *Actor*: care definește numele și email-ul utilizatorului
- *Verb*: care definește acțiunea efectuată – s-au folosit verbele *completed* pentru a semnaliza sfârșitul unei activități (a unui nivel), *interacted* pentru a semnaliza interacțiunea din mediul virtual și *joined* pentru a semnaliza începutul unei activități.
- *Object*: care definește tipul de activitate asupra căruia se aplică verbul – s-au folosit activități de tipul *Level*, *Interaction* și *Game*. Pentru fiecare s-au folosit și extensii –

---

<sup>53</sup> <https://moodle.org/plugins/?q=xapi>

<sup>54</sup> <https://moodle.org/plugins/index.php?q=LRS>

pentru *Level* este denumirea nivelului, pentru *Interaction* denumirea fiecărui obiect de joc sau text suprapus, iar pentru *Game* denumirea proiectului.

- *Result*: pentru stabilirea rezultatului acțiunii sau al unui punctaj în unele cazuri
- *Context*: pentru identificarea proiectului și a nivelului cu care se interacționează

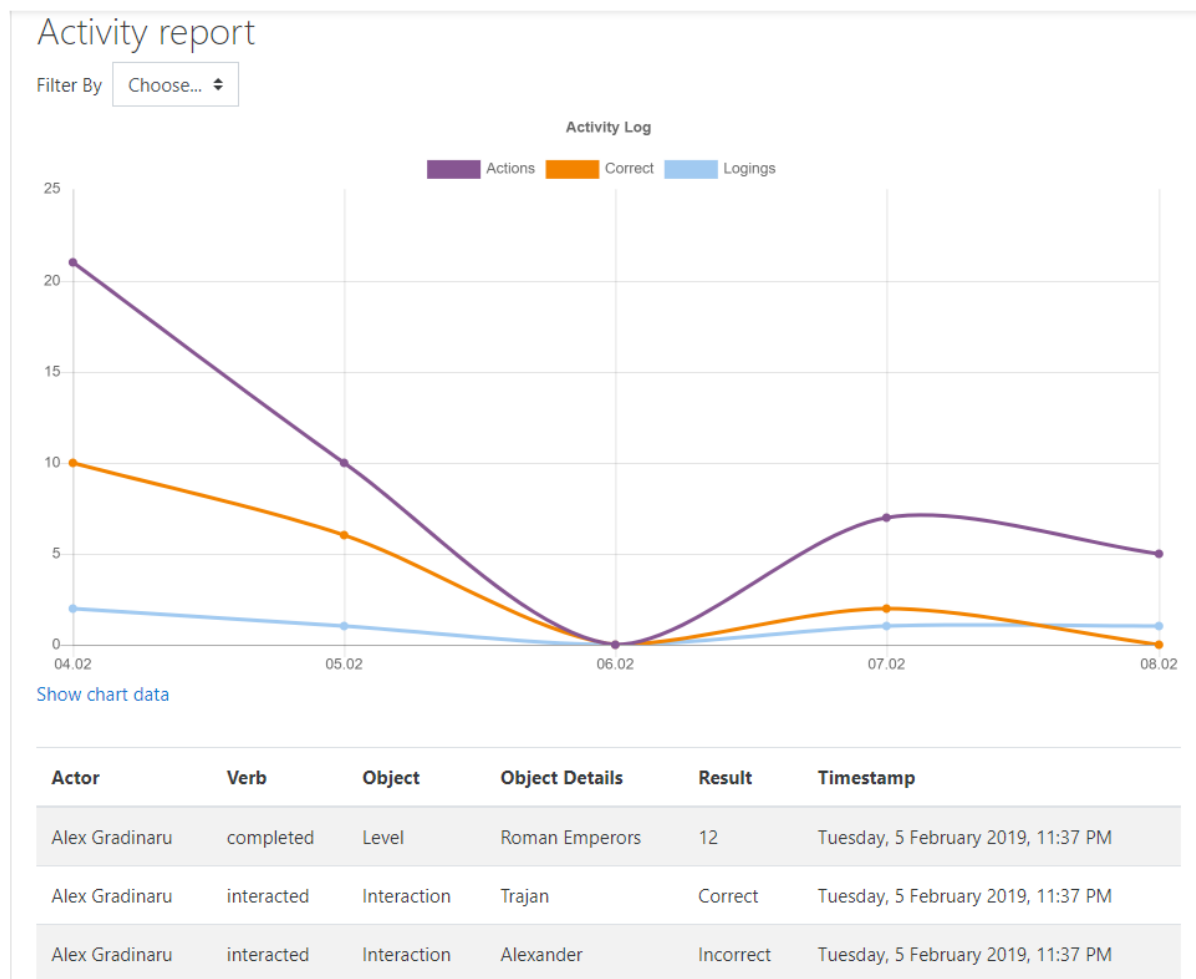


Figura 3.19 Prezentare statistici și date preluate prin xAPI în Moodle

Structurarea și interpretarea xAPI în tabelul sumarizator s-a făcut în modul următor:

- Din atributul de Actor se preia numele și se asociază contul pe bază de email
- Din atributul de Verb se preia titlul
- Din atributul Object se preia titlul obiectului și o extensie care identifică mai exact obiectul
- Din atributul Result se preia scorul sau starea în funcție de disponibilitate

```

{
  "actor": {
    "name": "Alex Gradinaru",
    "mbox": "mailto:alex.gradinaru@cs.pub.ro"
  },
  "verb": {
    "id": "http://adlnet.gov/expapi/verbs/completed",
    "display": { "en-US": "completed" }
  },
  "object": {
    "id": "https://xapi.wised.io/activities/interactive-quiz",
    "definition": {
      "type": "http://adlnet.gov/expapi/activities/interaction",
      "name": { "en-US": "Interactive quiz" },
      "description": { "en-US": "Interactive quiz"
    },
    "extensions": {
      "https://xapi.wised.io/extensions/quizAnswer": "Nero"
    }
  }
}

"result": {
  "completion": true,
  "success": true,
  "score": {
    "scaled": 0.8
  }
},
"context": {
  "instructor": {
    "name": "Alex Gradinaru",
    "mbox": "mailto:alex.gradinaru@cs.pub.ro"
  },
  "extensions": {
    "https://xapi.wised.io/extensions/projectId": "ShqK1zMCE30w"
    "https://xapi.wised.io/extensions/levelId": "5KL9s_7Xa1Ta6"
  }
}
}

```

Figura 3.20 Exemplu de obiect xAPI folosit

Plugin-ul de Moodle este folosit și ca instrument de management și permite cadrelor didactice să adauge activități direct în cursurile lor. Acesta necesită o configurare inițială cu scopul de a comunica în condiții de siguranță, fiind necesară autentificarea cadrului didactic în platforma de editare a jocurilor și autorizarea instanței de Moodle în vederea publicării și a preluării de date. În acest sens a fost folosit protocolul OAuth, iar integrarea presupune doar o serie de două panouri de autentificare și autorizare (Figura 3.21): configurarea plugin-ului printr-un ID de client și o cheie secretă (a), logarea în platforma de dezvoltare de medii virtuale educaționale (b) și autorizarea accesului (c). Această configurare este necesară o singură dată pentru cadrul didactic, iar apoi se pot adăuga activități interactive în mod standard Moodle.

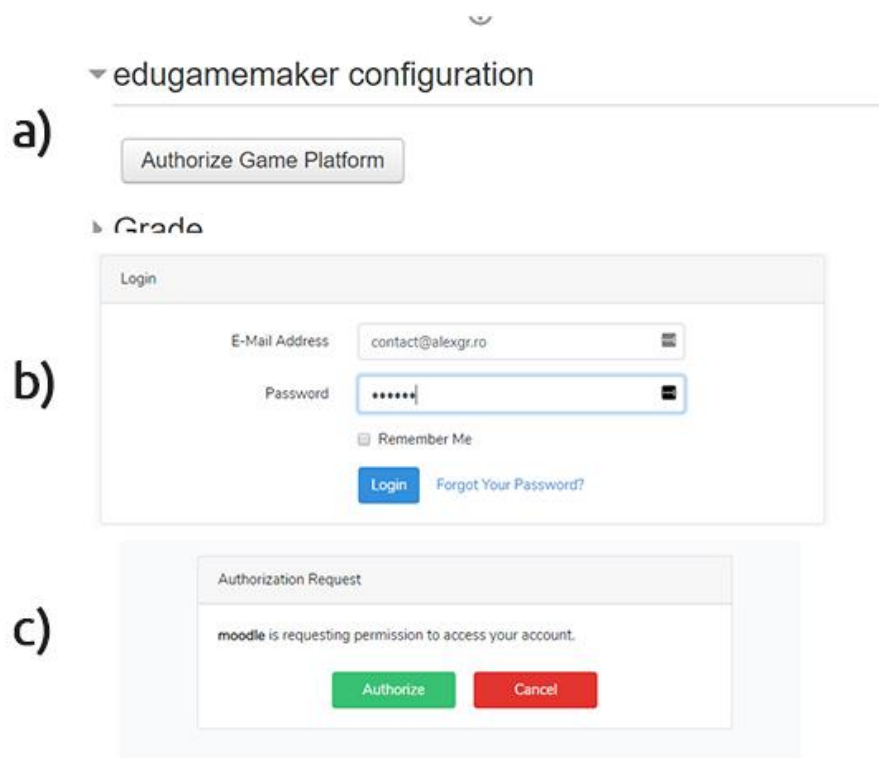


Figura 3.21 Conectare platformă și plugin de moodle prin OAuth: a) Configurare inițială; b) Redirectare către platforma de dezvoltare; c) Autorizare

După crearea unei activități elevii (studenții) pot accesa direct din Moodle aplicația interactivă (Figura 3.22) iar cadrele didactice pot consulta statistici legate de progresul și experiențele elevilor în aplicații. Astfel, se poate nota un elev în funcție de toate interacțiunile și rezultatele avute.

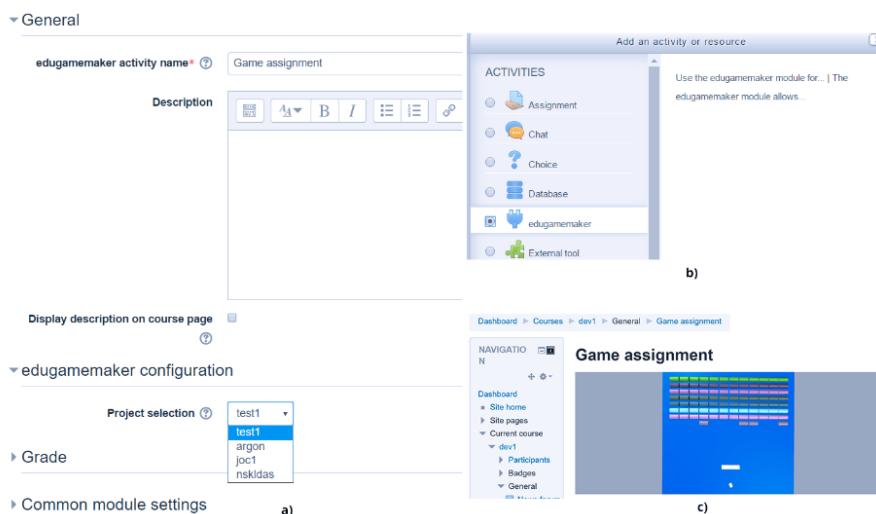


Figura 3.22 Integrarea proiectului rezultat în Moodle: a) Configurarea unei Activități Moodle; b) Adăugarea unei activități de tip joc în cadrul unui curs; c) Accesarea activității de tip joc în cadrul Moodle

### 3.4 Rezultate

Prototipul implementat acoperă în mare măsură cerințele definite, singura cerință neimplementată fiind legată de personalizarea elementelor de stilizare a interfeței grafice. Încă nu a fost găsită o soluție suficient de simplă dar și extensibilă, care să permită realizarea modulară a interfeței grafice cu utilizatorul. Mai mult, utilizatorii ar putea dori personalizarea în detaliu a acestei interfețe cu denumiri și traduceri proprii, astfel că se poate lua în considerare un instrument dedicat de configurare și construcție a interfeței grafice, care să permită aranjarea elementelor necesare în scenă și ajustarea textelor afișate. Există de asemenea posibilitatea ca ele să fie transformate în resurse (similar cu obiectele de joc actuale) și să fie plasate cu drag&drop în scenă și personalizate individual. Această variantă, deși foarte personalizabilă, nu asigură constrângerile de consistență (se pot adăuga mai multe elemente cu același scop în scenă). Totuși, neimplementarea acestei cerințe nu afectează funcționalitatea principală a platformei, ea având mai mult un rol estetic, astfel că se poate considera platforma complet funcțională.

Astfel, utilizatorul are posibilitatea de a defini un proiect bazat pe șabloane urmând un set de pași simpli de configurare, iar apoi poate crea un mediu virtual educațional interactiv folosind o interfață *drag&drop*. Proiectele pot fi gestionate și distribuite către elevi/studenți în platforma Moodle, unde se pot analiza și rezultatele activității acestora.

Limitările soluției țin de biblioteca de resurse oferită și șabloanele generale, dar acestea pot fi construite ușor utilizând același instrument de dezvoltare și salvând scena sau resursele ca șabloane.

De asemenea, timpul de încărcare și rulare al Editorului și al componente de Player este destul de ridicat (> 5 secunde) pentru o aplicație web. Se pot face optimizări atât la nivel de cod și bibliotecii necesare cât și la nivel de resurse, optimizând modelele 3D și comprimând texturile. Este necesară de asemenea afișarea unei informații despre stadiul încărcării resurselor. Totuși, ținând cont că este o aplicație grafică, o dimensiune ridicată este de așteptat pe măsură ce nivelul complexității și al calității crește, 15-20 MB fiind o dimensiune acceptabilă.

Platforma a fost evaluată folosind utilizatori din grupurile țintă vizate, iar rezultatele studiilor sunt prezentate în Capitolul 5.



## 4 Platformă pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale complexe folosind limbajul natural

Acest capitol descrie proiectarea, dezvoltarea și evaluarea unui sistem inovator ce propune soluții la problemele și dificultățile în a dezvolta materiale didactice interactive, descrise în paragraful 1.2. Scopul sistemului este de a oferi un instrument care va permite cadrelor didactice fără cunoștințe tehnice avansate să construiască, să publice și să gestioneze cu ușurință aplicații multiutilizator de realitate virtuală pentru clase sau laboratoare. Este definită și modalitatea de creare a unei biblioteci bogate cu resurse utile în dezvoltarea de spații virtuale, cum ar fi clădiri, birouri, interacțiuni de bază și chiar laboratoare întregi ca un conținut bazat pe șabloane pe baza cărora se poate concepe un proiect. Sistemul integrează și o interfață web în care se pot planifica, analiza și gestiona elevii, cursurile și activitățile din mediul virtual.

### 4.1 Cerințe funcționale

În continuare sunt descrise cerințele unei soluții propuse pentru a rezolva o parte din problemele vizate.

Fiind un sistem care este dedicat dezvoltării de suport de curs pentru experimentare în VR, modul de redare a spațiilor virtuale va fi unul de tip 3D (tridimensional), în care utilizatorul controlează și se identifică cu un personaj virtual (avatar) și observă scena dintr-o perspectivă First Person (persoana I-a). Controlul personajului se va face fie prin senzorii de mișcare, dacă utilizatorul folosește un sistem HMD de realitate virtuală, fie de la tastatură, folosind tastele direcționale sau combinația de taste WASD (W – înainte, S – înapoi, A – stânga, D – dreapta) pentru deplasare și mouse-ul pentru rotație și interacțiune.

De asemenea, spațiul virtual va trebui să poată găzdui întreaga clasă, deci până la 30 de elevi per sesiune, cu posibilități de interacțiune între utilizatori și efectuarea de cerințe în colaborare sau în competiție. Fiecare utilizator va vedea pe toți ceilalți utilizatori conectați sub formă de avataruri.

Pentru a putea realiza mai multe experiențe și laboratoare virtuale în cadrul unui curs, sistemul trebuie să ofere o modalitate de gestionare a spațiilor virtuale. Astfel, un cadru didactic poate să programeze o activitate de acest tip dintr-un sistem de management, în care să specifice data și ora evenimentului și să selecteze un spațiu virtual creat și publicat anterior. Aceste activități

sau evenimente pot fi publice sau private, la cele private fiind nevoie de invitații pentru participare. Pentru ușurință, se vor putea crea grupuri de utilizatori, astfel încât un cadru didactic să poată invita toată clasa la un eveniment privat, cu ușurință.

Pentru a fi identificați în sistem, utilizatorii vor avea nevoie de conturi de autentificare. Utilizatorii se vor clasifica în următoarele tipuri de actori, în funcție de activitatea efectuată cu sistemul:

- participant: accesează evenimentele sau activitățile disponibile pentru el în acel moment (pot fi evenimente publice sau private la care este invitat),
- creator: creează și publică spații virtuale, invită participanți,
- moderator: verifică și aprobă lista de spații virtuale publice.

Un utilizator se poate clasa în mai multe din aceste categorii (roluri). În general cadrele didactice vor asuma rolul de creator și participant, iar elevii pe cel de participant.

Pentru a adresa problema complexității dezvoltării unor astfel de aplicații, sistemul va integra un asistent virtual inteligent care va ajuta utilizatorul în crearea de spații virtuale. Mai mult, acest asistent va putea comunica cu utilizatorul folosind limbajul natural, astfel încât interacțiunea și interfața să fie cât mai accesibile pentru utilizatori fără cunoștințe tehnice. Interacțiunea cu asistentul va cuprinde cel puțin următoarele elemente:

- Ajutor general. Acest lucru se va face prin comenzi vocale. Un exemplu de astfel de conversație:
  - *Asistent: Salut! Cu ce pot să te ajut în acest moment?*
  - *Utilizator: Da, ce pot face? Cu ce mă poți ajuta?*
  - *Asistent: Te pot ajuta în crearea și modificarea de obiecte. Vrei să creezi un obiect nou?*
  - *Utilizator: Da.*
- Ajutor în crearea și plasarea de noi obiecte simple
  - *Asistent: Ai nevoie de un obiect anume?*
  - *Utilizator: Da, am nevoie de un scaun.*
  - *Asistent: În regula. Am găsit următoarele modele. Te rog să alegi unul potrivit.*
  - *Asistent: În regulă, acum trebuie să îl plasezi. Mergi te rog la o locație potrivită și apasă tasta E.*

- Ajutor în crearea unor grupuri de obiecte
  - *Utilizator: Da, am nevoie de un scaun și un birou.*
- Ajutor în crearea unor scene complexe
  - *Utilizator: Da, am nevoie de un laborator de biologie.*
- Ajutor în crearea unor obiecte cu interacțiuni
  - *Utilizator: Da, am nevoie de o bilă elastică.*
  - *Utilizator: Da, am nevoie de un lift.*
  - *Utilizator: Da, am nevoie de un server cu o consolă de configurare.*
- Ajutor în actualizarea unor obiecte
  - *Utilizator: Da, vreau să modific un obiect.*
  - *Asistent: Mergi în apropierea obiectului și se va afișa un meniu cu acțiuni disponibile. Selectează opțiunea dorită și continuăm.*
- Ajutor în aplicarea unor interacțiuni pe obiecte
  - *Asistent: Ce fel de interacțiune dorești?*
  - *Utilizator: Să genereze o flacără cu degajare de căldură.*
- Ajutor în aplicarea unor interacțiuni complexe și condiții
  - *Utilizator: **Dacă** este atins de o flacără **atunci** să explodeze.*

Astfel, sistemul va trebui să permită utilizatorului să creeze și să controleze obiecte 3D în spațiul virtual, cât și să adauge interacțiuni.

Pentru a acoperi atât necesitatea materialului suport ca problemă generală, cât și buna funcționarea a asistentului virtual, este nevoie de o bibliotecă vastă de obiecte 3D și interacțiuni pentru nevoile educaționale ale cadrelor didactice. Biblioteca va conține atât obiecte predefinite cât și posibilități de extindere a acestora prin diverse metode:

- Import manual de obiecte și scriptare de interacțiuni
- Posibilitatea utilizatorilor de a crea noi obiecte și interacțiuni
- Metode de căutare și preluare de obiecte gratuite de pe internet
- Metode sau algoritmi de generare a unor obiecte.

Întrucât multe materiale sunt deja în format multimedia, sistemul trebuie să ofere posibilitatea integrării de imagini sau video-uri.

Pentru a edita cu ușurință mediul virtual, sistemul va pune la dispoziție un meniu contextual la selectarea unui obiect. Acest lucru va permite utilizatorului să efectueze operații de bază pe

obiect cum ar fi mutare în scenă, rotire sau scalare, dar și adăugarea de informații suplimentare sau interacțiuni posibile.

Pentru o vedere de ansamblu asupra funcționalităților s-a realizat o diagramă de context (Figura 4.1).

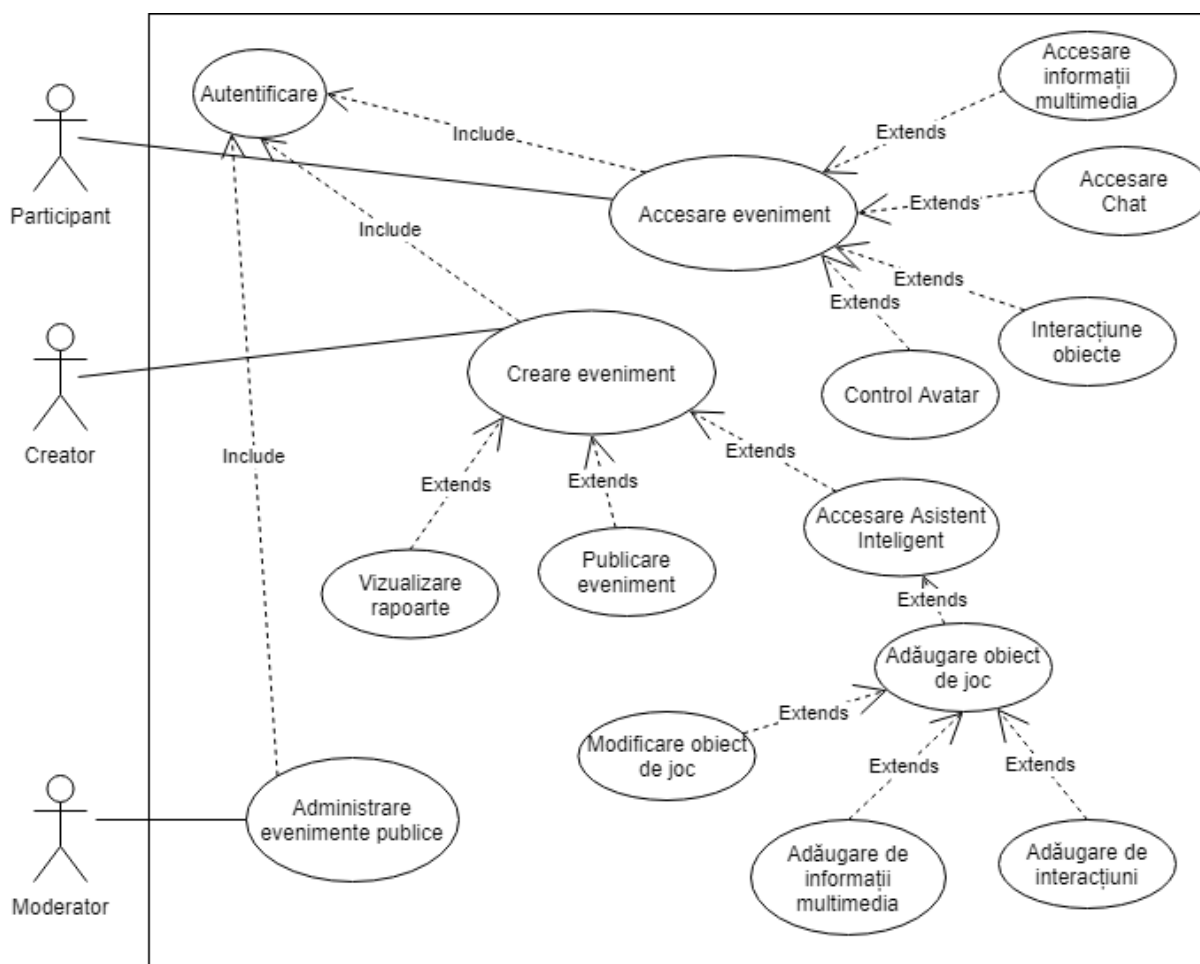


Figura 4.1 Diagrama de context

O altă problemă se referă la evaluarea elevilor. În prezent, așa cum s-a analizat anterior, nu există multe soluții interactive, majoritatea evaluărilor fiind constituite de chestionare clasice și unele jocuri puzzle simple, care sunt de obicei tratate în mod tradițional, cu o singură soluție și modalitate de notare fixă. Mai mult, acestea sunt integrate rar cu sisteme centralizate de captură și analiză a procesului de învățare. Ca soluție, sistemul propus va utiliza cea mai recentă versiune a API-ului Experience (xAPI) pentru a colecta și stoca date despre fiecare interacțiune și experiență pe care un utilizator o are în spațiul virtual. xAPI poate capta date din surse nelimitate și le va salva în documente structurate, asigurând astfel interoperabilitatea și o bază de date centralizată a activității. În acest fel, studenții pot fi evaluați în funcție de locație,

comportament și orice alte experiențe relevante. Evident, un instrument de analiză va trebui să fie disponibil pentru a extrage elementele relevante din date și pentru a permite profesorilor să definească diverse reguli sau criterii de evaluare.

Nu în ultimul rând, interfața grafică trebuie să fie cât mai simplu de utilizat și intuitivă. Astfel, se vor păstra doar elementele esențiale, care vor fi plasate în locuri ușor de accesat. Principalele componente disponibile în interfață vor fi (Figura 4.2):

- Asistentul virtual: prezent permanent în cadru, dar cu posibilitate de ascundere. Va putea fi readus în prim plan prin apăsarea unui buton
- Bara și caseta de chat: prezentă în permanență, dar cu posibilitate de minimizare, fiind disponibilă și o varianta de chat audio
- Elemente de editare a obiectelor
- Casete de selecție și adăugare de interacțiuni
- Elemente de interacțiune cu obiectele din scenă.

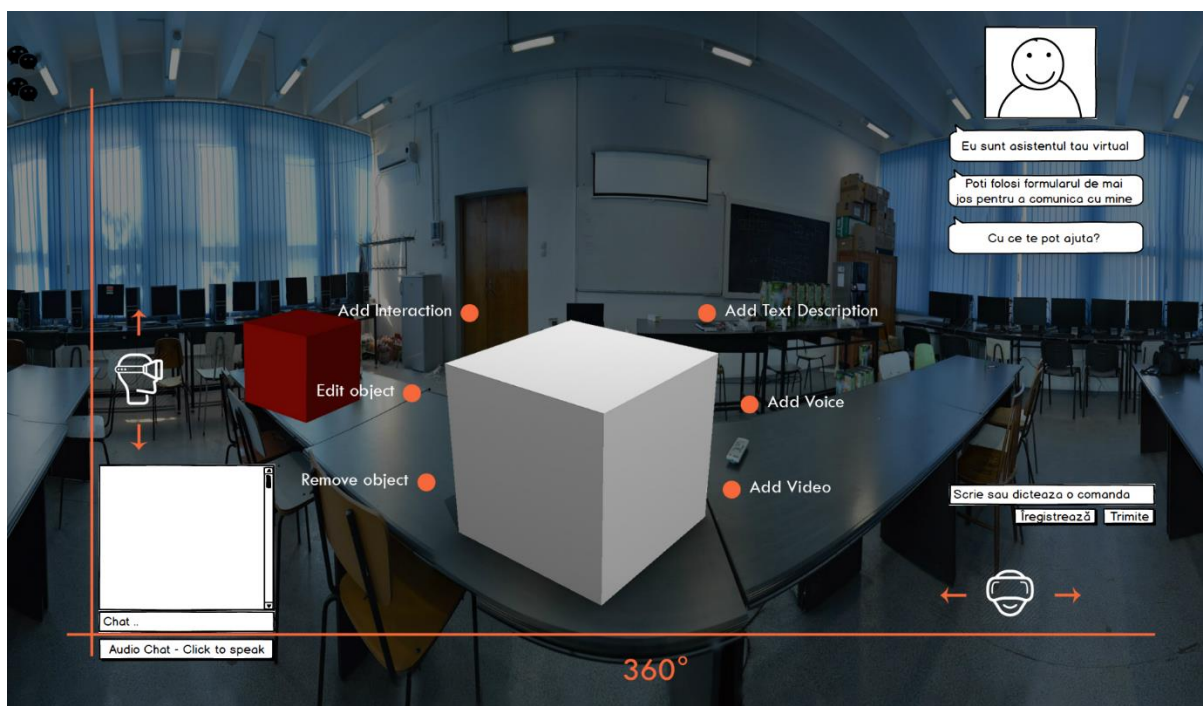


Figura 4.2 Schiță de interfață grafică

## 4.2 Arhitectură

Pentru a defini sistemul din punct de vedere arhitectural s-a plecat de la identificarea principalelor provocări tehnice în implementarea cerințelor:

- Realizarea unui spațiu 3D MMO,
- Realizarea unui asistent virtual inteligent,
- Realizarea unei biblioteci de obiecte 3D,
- Realizarea unei biblioteci de interacțiuni,
- Importul de obiecte 3D în spațiul virtual la Runtime,
- Definirea sau adăugarea de interacțiuni la Runtime,
- Interfață grafică simplă,
- Chat audio,
- Integrare video-uri.

Astfel, au fost comparate două dintre cele mai folosite platforme de dezvoltare de aplicații 3D interactive, Unity și Unreal Engine 4, din punct de vedere al acoperirii problemelor tehnice definite mai sus. Rezultatele sunt prezentate în tabelul de mai jos (Tabel 4.1).

<b>Caracteristici</b>	<b>Unreal Engine 4</b>	<b>Unity 2018</b>
Realizare spațiu 3D	Dezvoltare inițială foarte rapidă folosind template-uri de jocuri și scripting vizual.	Dezvoltarea inițială se face mai greoi, fiind necesară scriptarea tuturor elementelor de bază pentru controlul avatarului și al camerei.
Realizare spațiu MMO	Este disponibilă implicit o variantă de server care suportă în medie 50 de utilizatori conectați simultan.	Este disponibilă implicit o variantă de server peer-to-peer care suportă în general 20-30 de utilizatori conectați simultan.

Realizare asistent virtual inteligent	Există componente de captură a microfonului și câteva module dezvoltate de comunitatea Open-Source pentru recunoaștere a vocii.	Există componente de captură a microfonului și module de recunoaștere a vocii integrate pentru Windows, module comerciale de recunoaștere a vocii pentru alte platforme și biblioteci gratuite.
Biblioteci de obiecte 3D	Modelele sunt stocate în format propriu, Uasset, astfel că trebuie importate. Se poate importa scriptic un obiect.	Modelele sunt stocate în formatul original, dar se crează un fișier cu metadate și proprietăți, astfel că modelele trebuie importate pentru a fi utilizate. Se poate importa scriptic un obiect.
Biblioteci de interacțiuni	Se pot defini interacțiuni atât în limbaj vizual prin Blueprint cât și în C++.	Se folosește limbajul C# pentru a coda orice interacțiune.
Importul de obiecte 3D în spațiul virtual la Runtime	Suport prin câteva plugin-uri dezvoltate de comunitate sau pachete de update (UnrealPak)	Posibilitate de încărcare la Runtime prin AssetBundles, sau prin folosirea formatului GLTF.
Definirea sau adăugarea de interacțiuni la Runtime	Nu există variante sau funcționalități deja dezvoltate.	Există mai multe module dezvoltate care permit scrierea sau rularea de scripturi în timpul rulării aplicației folosind Lua sau C#.
Interfață grafică	Foarte ușor de definit prin folosirea de widget-uri UI.	Foarte ușor de definit prin elemente speciale de Canvas.

Chat audio	Posibilitate de implementare în C++.	Pachete disponibile în AssetStore sau posibilitatea implementării directe prin API-ul Unity. Există și pachete Open-Source. Există și SDK-ul Vivox cu integrare în Unity.
Video-uri	Ușor de integrat prin folosirea unui widget de WebBrowser.	Sunt disponibile pachete în Asset Store dar și soluții open-source.
Realitate Virtuală	Suport pentru majoritatea dispozitivelor de RV.	Suport pentru majoritatea dispozitivelor de RV.

*Tabel 4.1 Comparație Unreal Engine 4 și Unity 2018 în vederea implementării unei platforme pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale*

Pentru implementarea cerințelor software specificate în paragraful 4.1. au fost definite următoarele subsisteme și componente (Figura 4.3):

- VRP (VRPlayer): client capabil să afișeze medii virtuale 3D. Va fi implementat ca aplicație Unity.
- MMO: server de rețea necesar pentru a rula medii multi-utilizator.
- VR scene: componentă ce asigură persistența scenelor într-o bază de date și permite VRP să ruleze.
- NLP: subsistem procesor de limbaj natural, care preia intrarea audio sau text de la utilizator și furnizează răspunsuri bazate pe înțelegerea mesajului printr-o analiză semantică.
- VRAssistant: componentă de asistent virtual inteligent, care ghidează și asistă utilizatorul prin mediul VR. Va fi conectat la subsistemul NLP.
- Lib: componentă care va menține o bază de date cu obiectele 3D și scripturile de interacțiune disponibile. Totodată, va permite extinderea colecției prin diverse metode.
- LRS (Learning Record Storage): subsistem de stocare a experiențelor utilizatorilor prin intermediul xAPI.



- IDP (Identity Provider): subsistem furnizor de identitate care asigură autentificarea și verificarea identității utilizatorului. Ideal ar fi să fie integrată cu sistemul de autentificare al instituției educaționale, dacă acesta există.
- Web LMS: portalul web necesar pentru managementul cursului și al studenților.

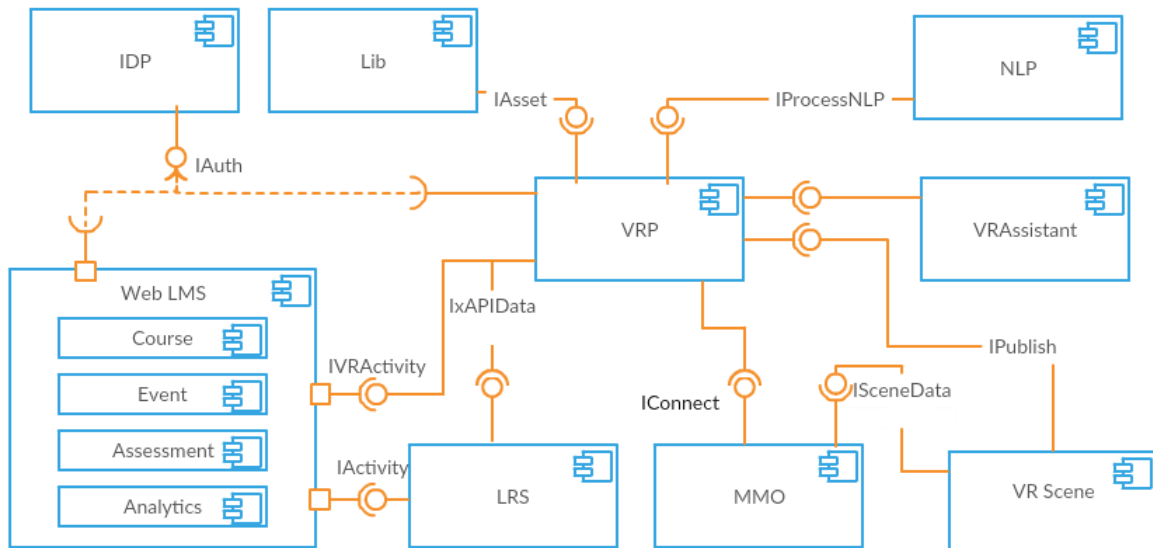


Figura 4.3 Diagrama de componente

#### 4.2.1 Componenta MMO

În ceea ce privește componenta MMO a sistemului propus, au fost studiate mai multe abordări și soluții de implementare. Sistemul trebuie să găzduiască concomitent în timp real un număr mare de clase a câte 20-30 de elevi care folosesc un avatar 3D și interacționează cu obiecte din spațiul virtual și cu alte avataruri. Pentru aceasta este nevoie de unul sau mai multe servere dedicate care să gestioneze interacțiunile.

Criterii care au fost folosite în analiza soluțiilor:

- Arhitectura de server,
- Capabilități,
- Extensibilitate,
- Variante de găzduire a serverului,
- Modalitatea de transport și stocare a datelor,
- Serviciile oferite (chat, localizare, motor de fizică etc.).

O primă variantă studiată este folosirea unui server OpenSimulator. Detalii despre OpenSimulator, arhitectura acestuia, avantaje și dezavantaje au fost descrise pe larg în articolul „*CASE STUDY - OPENSIMULATOR FOR 3D MMO EDUCATION*” [127].

OpenSimulator (OS) este un server open-source, care oferă instrumente de bază și avansate pentru crearea și implementarea spațiilor virtuale de tip 3D MMO. Serverul este o aplicație multi-platformă, fiind capabil să ruleze atât pe Windows cât și pe UNIX și folosește în mod uzual clienți Second Life pentru interfața cu utilizatorul întrucât implementează protocolul de comunicație open-source din Second Life.

Arhitectura OS se bazează pe o abordare client-server, foarte similară cu cele mai multe dintre sistemele 3D MMO disponibile [128]. Pentru a accesa și a interacționa cu mediul virtual, utilizatorii trebuie să folosească clienți dedicați care se conectează la regiuni. O regiune este un spațiu virtual care are o reprezentare directă în mediul virtual, acoperind o arie de 256 metri pătrați, spațiu în care avatarurile se pot deplasa și interacționa. Regiunile intercomunică cu alte regiuni sau clienți prin intermediul entităților și al serviciilor de comunicație.

Un server OS este format din una sau mai multe regiuni care se execută în simulatoare de regiune, alături de servicii de interoperabilitate, comunicații și date (Figura 4.4).

Conceptual, serverul poate fi împărțit în două părți: simulatoare de regiune și servicii.

Simulatoarele se ocupă de toate instanțele din scenă și de interacțiunea dintre ele, furnizând funcții generale pentru a crea, actualiza sau notifica obiecte și agenți. Mai precis, un simulator stochează și coordonează toate detaliile obiectului și ale avatarului, poziție și conținut, aplică interacțiunile fizice și rulează scripturile scenelor. Simulatoarele au, de asemenea, responsabilitatea de a comunica direct cu clienții și de a trimite actualizări oricând se schimbă starea scenei.

Există mai multe module plug-in atașate la scenă, precum cel de fizică și motoarele de scripting. Fiecare acțiune dintr-o scenă este tratată de un modul specific care este încărcat dinamic și poate fi configurat independent. Există module de bază care controlează caracteristici importante cum ar fi persistența obiectului și module opționale sau mai puțin critice care oferă servicii de mesagerie instant, economie virtuală în lume, comunicare vocală, etc. În plus, module personalizate pot fi ușor compilate și atașate la o scenă, oferind modalități nelimitate de a extinde lumea virtuală. Un exemplu simplu pentru acest lucru ar fi un algoritm de „pathfinding” pentru a ghida utilizatorii în mediul virtual.

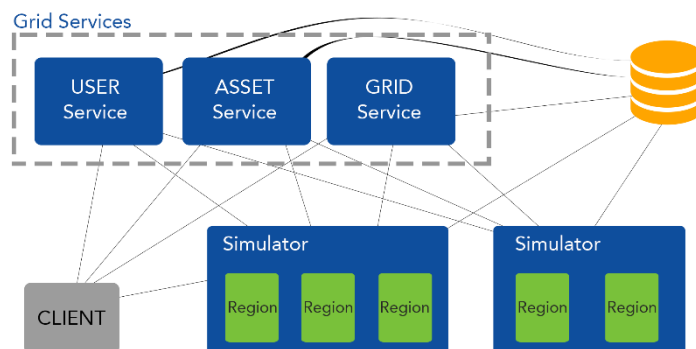


Figura 4.4 Arhitectura OpenSimulator

Această arhitectură MMO permite ca sute sau chiar mii de utilizatori să se conecteze și să interacționeze în spațiul virtual, în același timp, fiecare având o experiență personalizată. Are deja integrat și un serviciu de stocare de resurse și de mesagerie. Un alt avantaj al acestui server este că permite crearea cu ușurință de spații virtuale prin adăugarea și stocarea de obiecte și chiar aplicarea de scripturi dezvoltate în C# și rulate direct pe server.

O limitare a acestui server este faptul că o singură regiune nu poate găzdui mai mult de 100 sau câteva sute de utilizatori simultan. Totuși, ținând cont că o clasă nu va avea mai mult de 50 de utilizatori, se poate crea câte o regiune pentru fiecare eveniment sau instanță nouă de clasă generată. O altă limitare majoră a soluției este necesitatea implementării unui client, destul de anevoioasă, fiind necesară acoperirea întregului protocol Second Life, vast și insuficient documentat. Folosirea clienților disponibili nu este o soluție întrucât sunt învechiți, folosesc tehnologii vechi, nu acoperă toate funcționalitățile necesare și sunt menținute doar de comunități de dezvoltatori puțin active.

Există și soluții comerciale care oferă variante gratuite de dezvoltare pentru un maxim de 20-100 de clienți conectați, cum ar fi Photon, SpatialOS sau SmartFoxServer. Acestea sunt soluții dedicate, scalabile, care sunt în general deja integrate atât cu Unity cât și cu Unreal Engine 4, dar odată ce numărul de clienți conectați simultan (CCU - Concurrent Users) crește, cresc și costurile considerabil. În tabelul de mai jos am prezentat o comparație aproximativă a costurilor acestor soluții (Tabel 4.2).

Server	CCU	Preț
Photon	500	95\$/lună <sup>55</sup>

<sup>55</sup> <https://www.photonengine.com/en-US/Realtime/pricing>

SmartFoxServer	500	25\$/lună <sup>56</sup> + Costuri găzduire server
SpatialOS	500	~1400\$/lună, costul fiind calculat per oră de rulare a serverului, în funcție de tipul serverului <sup>57</sup> .
Amazon Gamelift	500	~800\$/lună, folosind 15 instanțe c4.xlarge <sup>58</sup>

Tabel 4.2 Analiză de prețuri pentru sisteme server MMO comerciale

O altă variantă de dezvoltare a componentei constă în folosirea API-urilor puse la dispoziție de motorul grafic.

Unity are integrat UNET și oferă două modele: HLAPI și LLAPI. HLAPI<sup>59</sup> (High Level API) este sistemul principal din Unity care oferă capabilități de multiplayer și care acoperă elementele necesare rulării unui joc multiplayer folosind doar componente existente și configurări. Acesta oferă și o bibliotecă de funcții pentru serializare, sincronizare, gestionarea mesajelor sau a obiectelor. HLAPI este bazat pe o arhitectură clasică peer-to-peer și include conceptual un server și clienți care se pot conecta la acesta. Serverul este tot o instanță a jocului, în general unul dintre clienți având și rol de server, dar poate fi rulat și dedicat, caz în care se va rula o instanță de joc fără interfață grafică, care să asigure doar rolul de server. LLAPI (Low-Level API) este biblioteca de bază, peste care este implementat și HLAPI. Aceasta oferă control și flexibilitate în gestionarea cererilor și a răspunsurilor în internet. Avantajele acestei soluții este că prezintă o integrare implicită în Unity și posibilități de dezvoltare atât rapidă cât și flexibilă. Dezavantajele provin din proiectarea soluției peer-to-peer, care devine greu scalabilă și nu oferă un server cu autoritate totală, care să ofere un nivel de securitate și de stabilitate dorit. Acestea sunt și motivele pentru care Unity lucrează la un nou modul de Networking care este în versiune alpha și îl va înlocui pe cel existent.<sup>60</sup> De asemenea, nu există foarte multe servicii adiționale integrate. Totuși, există variante gratuite dezvoltate de comunitate, integrate

<sup>56</sup> <https://www.smartfoxserver.com/buy/sfs2x#p=elastic>

<sup>57</sup> <https://docs.improbable.io/reference/13.8/shared/pricing-and-support/pricing-details>

<sup>58</sup> <https://aws.amazon.com/gamelift/pricing/>

<sup>59</sup> <https://docs.unity3d.com/Manual/UNetUsingHLAPI.html>

<sup>60</sup> <https://blogs.unity3d.com/2018/08/02/evolving-multiplayer-games-beyond-unet/>

cu Unity, care rulează servere dedicate în model client-server cum ar fi Dark Rift 2<sup>61</sup> sau MLAPI<sup>62</sup>.

Unreal Engine oferă de asemenea funcționalitate de multiplayer inclusă, printr-o arhitectură client-server cu un server complet autoritar<sup>63</sup>. Prin server autoritar (authoritative) se înțelege că doar serverul dictează logica de joc multiplayer, clientul având doar rolul de a capta intrarea și de a afișa rezultatele (spre exemplu în cazul deplasării unui avatar, clientul transmite evenimentul de mișcare serverului care actualizează poziția și o trimite înapoi clientului pentru afișare – în acest fel se elimină posibilitatea de trișare sau defazări între clienți). Acesta poate funcționa în mai multe moduri, printre care standalone local, server dedicat sau server mixt (listen server) care are rol atât de client cât și de server, similar cu varianta peer-to-peer. Oferă funcționalități de replicare, sincronizare sau mișcare a obiectelor atât prin componente de nivel înalt cât și prin posibilitate de programare și control a funcțiilor de la nivel transport.

Dezavantajul celor două variante este faptul că sunt dependente de motorul grafic în care sunt încorporate.

#### 4.2.2 Componenta NLP

Componenta NLP este un sistem de procesare a limbajului natural care permite atât transpunerea vocii în text, cât și interpretarea acestuia. Astfel, această componentă preia ca intrare text sau un fișier sau stream audio, interpretează textul și permite luarea de decizii pe baza unor reguli.

Această componentă interacționează în strânsă legătură cu cea de asistent virtual (componenta VRAssistant), care furnizează o interfață grafică cu utilizatorul.

Pentru a asigura capacitățile de procesare a limbajului natural au fost analizate mai multe soluții de implementare folosind sisteme deja existente: Wit.ai, Dialogflow, Watson și LUIS.

Wit.ai<sup>64</sup> este un sistem gratuit de interpretare a limbajului natural, întreținut de Facebook, destinat în principal dezvoltării de agenți conversaționali inteligenți. Sistemul pune la dispoziție atât o interfață grafică cu utilizatorul, un API accesibil prin HTTP cât și SDK-uri

---

<sup>61</sup> <https://darkriftnetworking.com/DarkRift2>

<sup>62</sup> <https://mlapi.network/>

<sup>63</sup> <https://docs.unrealengine.com/en-US/Gameplay/Networking/index.html>

<sup>64</sup> <https://wit.ai>

pentru Javascript, Python și alte limbaje de programare populare. Astfel, se pot trimite atât mesaje text cât și audio, codificate în diverse formate (wav, mp3, ogg, etc.), având suport pentru peste 130 de limbi, printre care și româna<sup>65</sup>. Utilizatorul poate să antreneze aplicația și să stabilească diverse reguli de parsare și răspuns pentru a extrage informații relevante. Există totuși o limită de folosire sugerată de maxim 1 cerere/secundă.

Dialogflow<sup>66</sup> este un procesator de limbaj natural, întreținut de Google, care oferă atât o variantă gratuită cât și una Enterprise pentru a dezvolta asistenți conversaționali inteligenți. Sistemul oferă un API prin HTTP, SDK-uri în Javascript, Python, PHP sau altele, dar și integrări directe cu Google Assistant, Facebook Messenger și altele. În varianta gratuită sistemul permite în principal mesaje text sau care provin din Google Assistant, dar permite și interpretare limitată din fluxuri audio sau fișiere. Mai mult, permite chiar și formularea de răspunsuri în format audio folosind serviciile Google Cloud Text-to-Speech și DeepMind WaveNet. Oferă de asemenea funcționalități implicite de acoperire a unor conversații uzuale (Small Talk) cât și de construire a unor agenți inteligenți conversaționali cu stări. Oferă suport pentru 32 de limbi, limba română nefiind printre acestea<sup>67</sup>.

Watson Natural Language Understanding<sup>68</sup> este un serviciu de procesare a limbajului natural oferit de IBM, care oferă atât o variantă gratuită, limitată la un număr de procesări pe lună, cât și una plătită, dacă numărul de procesări depășește anumite limite. Astfel, similar se oferă un API HTTP și SDK-uri în limbaje de programare populare, printre care și un SDK de integrare direct în Unity<sup>69</sup>. Acoperă atât funcționalități de bază ca extragerea entităților, stabilirea de reguli, procesare audio cât și funcționalități avansate ca înțelegerea de concepte, sentimente, emoții, relații sau alte roluri semantice. Are de asemenea și funcționalități de construire de agenți inteligenți pe bază de stări și funcționalități de analiză de imagine și răspunsuri audio (Text to Speech). Oferă suport pentru 13 limbi, limba română nefiind inclusă<sup>70</sup>.

LUIS Language Understanding este soluția oferită de Microsoft în ceea ce privește prelucrarea limbajului natural. Există o variantă gratuită limitată la procesarea textului în limbaj natural, și una contra cost care acoperă în general funcționalități generale descrise și mai sus: procesare

---

<sup>65</sup> <https://wit.ai/faq>

<sup>66</sup> <https://dialogflow.com>

<sup>67</sup> <https://cloud.google.com/dialogflow/docs/reference/language>

<sup>68</sup> <https://www.ibm.com/cloud/watson-natural-language-understanding>

<sup>69</sup> <https://github.com/watson-developer-cloud/unity-sdk>

<sup>70</sup> <https://www.ibm.com/cloud/watson-natural-language-understanding/faq>

de fișiere audio, creare de agenți inteligenți etc. Oferă suport pentru 13 limbi (nu are suport pentru limba română)<sup>71</sup>.

### 4.2.3 Componenta Lib

Componenta Lib menține o bibliotecă de obiecte 3D (sub formă de mesh) și metode de interacțiune. Obiectivul este de a oferi utilizatorului care construiește mediul virtual acces la orice obiect sau interacțiune dorește. Acest lucru este bineînțeles foarte dificil de realizat practic, dar vom prezenta în continuare soluții care pot să acopere parțial acest obiectiv, sau metode care pot să conducă la îndeplinirea obiectivului pe termen lung.

Un alt obiectiv este acela de a oferi obiecte cu interacțiune deja atașată. Spre exemplu, dacă utilizatorul are nevoie de simularea unui server pentru un laborator de rețelistică, acesta trebuie să fie conectat la o instanță de mașină virtuală în Cloud și să ofere o interfață de control către acesta (de exemplu, o consolă). Alte exemple mai simple ar fi un birou cu sertare, pentru care sertarele se pot deschide la interacțiunea cu acestea, sau o eprubetă care să poată fi umplută și controlată de personajul virtual.

Pentru motoarele grafice studiate, Unity și Unreal Engine 4, există multe resurse gratuite disponibile în Asset Store sau Marketplace cum ar fi:

- Props for the Classroom<sup>72</sup>, Free Laboratory Pack<sup>73</sup> și alte 38 de pagini de obiecte sau seturi de obiecte gata de folosit (props) în Unity Asset Store
- Free Furniture Pack<sup>74</sup> sau Industry Props Pack 6<sup>75</sup> și alte multe elemente în Unreal Engine Marketplace

Există de asemenea colecții vaste de modele 3D accesibile gratuit sau metode de generare a acestora:

- Site-uri dedicate cu modele 3D gratuite. Dintre cele mai populare platforme putem menționa Free3D<sup>76</sup> care oferă o selecție de peste 15000 de modele 3D gratuite,

---

<sup>71</sup> <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/luis/luis-language-support>

<sup>72</sup> <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/interior/props-for-the-classroom-5977>

<sup>73</sup> <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/tools/free-laboratory-pack-123782>

<sup>74</sup> <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/slug/a4907129f69c44a892f76782489736ab>

<sup>75</sup> <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/slug/3e2a3cb997cf47b1ab782a67957bfed0>

<sup>76</sup> <https://free3d.com/3d-models/>

TurboSquid<sup>77</sup> o colecție de peste 20000, Sketchfab<sup>78</sup> unde se pot găsi de asemenea colecții vaste de materiale gratuite și Clara.io<sup>79</sup> unde există o colecție de aproximativ 5 milioane de modele descărcabile.

- Seturi și cataloage de modele 3D folosite în cercetare. Există mai multe seturi de date cum ar fi Datasetul IKEA<sup>80</sup> care conține peste 200 de modele 3D, Princeton ModelNET<sup>81</sup> care conține peste 120000 de modele CAD împărțite în peste 600 de categorii, ShapeNet<sup>82</sup> care oferă 51000 de obiecte în 55 de categorii, ObjectNet3D<sup>83</sup> o colecție de peste 40000 de modele CAD de la Stanford sau colecția de peste 1 milion de modele geometrice de la New York University<sup>84</sup>. De asemenea și instituții ca NASA<sup>85</sup> oferă colecții de modele în aria lor de interes.
- Algoritmi de generare de obiecte. Chen [129] prezintă o metodă prin care se generează modele 3D texturate pornind de la un text în limbaj natural, Groueix [130] prezintă o metodă de generare de mesh 3D texturat pornind de la o imagine 2D sau un nor de puncte 3D, iar Kanazawa [131] prezintă un framework de generare a unei meshe 3D texturată folosind colecții de imagini adnotate.

#### 4.2.4 Soluție

În figura de mai jos (Figura 4.5) este descrisă o vedere de ansamblu a soluției propuse, un sistem cu o distribuție complexă și multe subsisteme, servicii sau microservicii implicate.

Astfel, există în primul un client Unity responsabil de interfața cu clientul și afișarea spațiilor virtuale 3D, un server central care este punctul principal de legătură cu alte servicii, și un server de Unity care asigură funcționalitatea de Multiplayer. Suplimentar mai există servicii conexe cum ar fi cele de prelucrare a fișierelor audio sau a limbajului natural, servicii de stocare în cloud, servicii de LRS, site-uri de modele 3D. Există de asemenea un server Unity responsabil cu transformarea modelelor 3D în Asset Bundle. Serverul central folosește o bază de date

---

<sup>77</sup> <https://www.turbosquid.com>

<sup>78</sup> <https://sketchfab.com>

<sup>79</sup> <https://clara.io/library>

<sup>80</sup> <http://ikea.csail.mit.edu/>

<sup>81</sup> <http://modelnet.cs.princeton.edu/>

<sup>82</sup> <https://www.shapenet.org/>

<sup>83</sup> <http://cvgl.stanford.edu/projects/objectnet3d/>

<sup>84</sup> <https://cs.nyu.edu/~zhongshi/publication/abc-dataset/>

<sup>85</sup> <https://nasa3d.arc.nasa.gov/models>



MySQL pentru stocarea de informații și un index ElasticSearch pentru menținerea listei de resurse disponibile și metadata despre acestea.

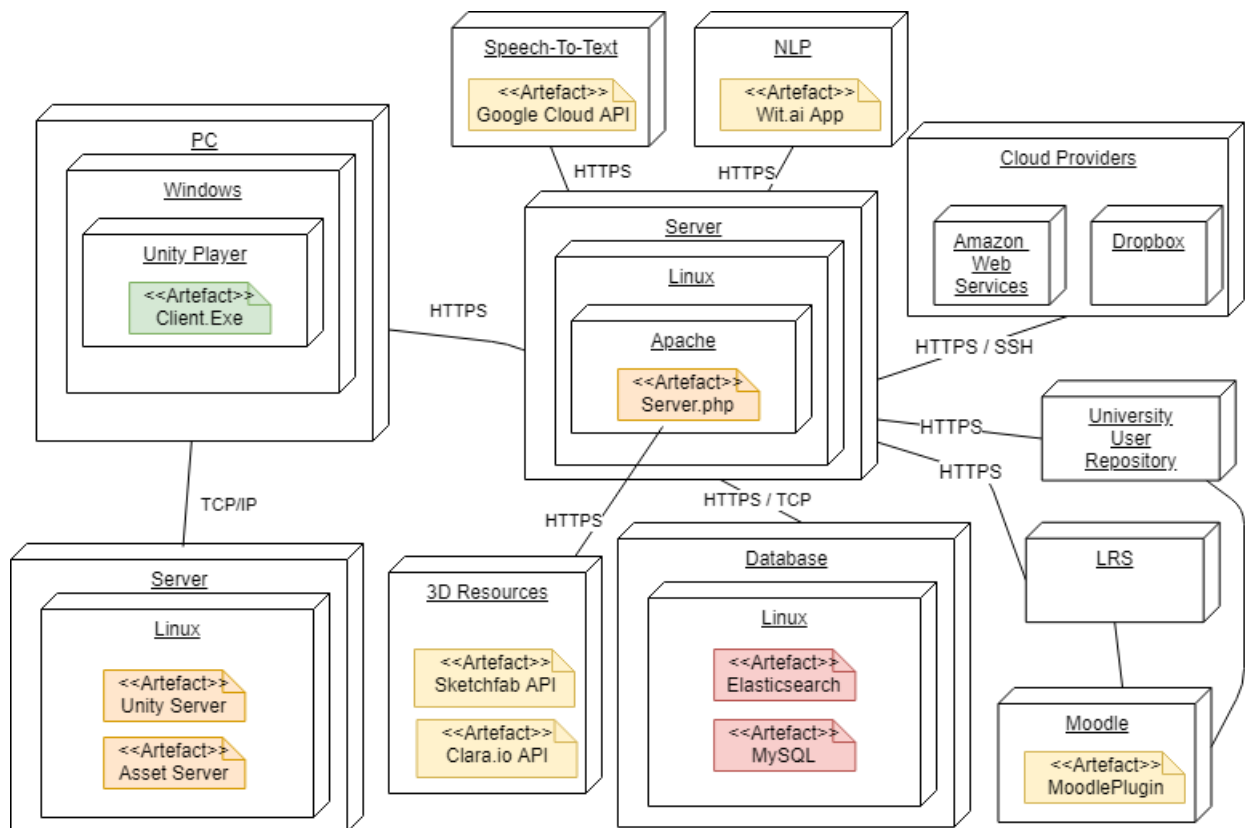


Figura 4.5 Diagrama de distribuție a platformei

### 4.3 Implementare

Pentru a valida soluția propusă, s-a început cu dezvoltarea unui prototip în Unreal Engine 4, procesul de prototipare fiind mai rapid cu instrumentele puse la dispoziție de acest motor grafic. Totuși, adăugarea de modele 3D noi în timpul jocului, o funcționalitate de bază în sistemul propus, s-a dovedit a fi foarte dificil de implementat necesitând crearea de fișiere de patch numite UnrealPak care grupează resurse, un sistem de livrare a acestor fișiere care implementează protocolul de comunicație din Unreal Engine 4 și un plugin sau utilitar de descărcare, despachetare și plasare corectă a acestora pe client. Crearea de pachete se realizează ușor printr-un utilitar deja furnizat împreună cu motorul grafic, dar toate celelalte funcționalități necesită o implementare destul de complexă.

Procesul este similar și pentru Unity în sensul că este necesară crearea de pachete, denumite AssetBundles prin editorul de Unity și descărcarea acestora. Totuși, după crearea acestor pachete de resurse, acestea se pot plasa la orice adresă publică din internet și descărcate simplu prin HTTP. Acest lucru simplifică foarte mult livrarea de modele 3D noi.

Astfel, în continuarea implementării s-a folosit Unity ca motor grafic pentru a acoperi mai ușor toate funcționalitățile necesare în prototip.

Pentru construirea bibliotecii de resurse s-au luat în calcul resursele studiate: Asset Store, site-uri cu modele disponibile și generarea dinamică prin algoritmi, o variantă optimă presupunând combinarea în ordine a acestora. Se creează o colecție inițială iar la căutarea unei resurse se procedează în felul următor:

- se caută resursa în colecția existentă,
- dacă nu se găsește modelul în colecție acesta va fi căutat în surse online,
- dacă nu se găsește se va încerca generarea lui.

Astfel, varianta principală de construire a bibliotecii o reprezintă modelele 3D deja disponibile. S-a folosit Unity Asset Store și site-uri de modele pentru a crea o versiune incipientă a bibliotecii.

Au intervenit totuși câteva probleme în accesarea și prelucrarea acestora:

- Informațiile sunt nestructurate sau prezente în pachete cu mai multe resurse.
- Accesarea site-urilor de modele se face pe bază de autentificare și căutare.
- Resursele din AssetStore se pot descărca doar prin Unity.
- Există mai multe formate de date existente, fiecare cu particularitățile sale, iar modelele 3D trebuie convertite sau transformate astfel încât să poată fi folosite în motorul grafic.
- Multitudinea de date face dificilă prelucrarea manuală a informațiilor.

Astfel, s-au folosit mai multe metode de a filtra și construi biblioteca de resurse.

În primul rând s-a analizat și implementat o metodă de creare automată a pachetelor descărcabile de tip AssetBundle. Acestea se creează în mod uzual printr-un script C# rulat în Unity<sup>86</sup>. Totuși, crearea de pachete poate fi făcută și automat prin rularea editorului de Unity

---

<sup>86</sup> <https://docs.unity3d.com/Manual/AssetBundles-Workflow.html>

în linie de comandă fără interfață grafică și executarea unei metode care creează un AssetBundle. Un exemplu de astfel de rulare este prezentat mai jos:

```
Unity.exe -nographics -batchmode -quit -projectPath /assets/office-table -executeMethod MakeAssetBundle.Export;
```

Această metodă poate crea un Asset Bundle cu toate resursele aflate într-un dosar specificat. Există varianta grupării de elemente, dar pentru a reduce dimensiunea pachetelor și a avea un singur obiect 3D căutat (de exemplu *scaun*) a fost necesară realizarea de dosare individuale cu fiecare.

Resursa principală folosită în crearea bibliotecii a fost Unity Asset store, printr-un procedeu semi-automat. Astfel, fiind posibilă doar descărcarea prin interfața Unity, s-a creat un proiect în care s-au descărcat un număr mare de pachete și resurse individuale. Acest lucru a creat dosare și fișiere pe disc, care au fost ulterior filtrate și aranjate în dosare separate. S-au selectat doar resursele de tip Prefab, care reprezintă obiecte complete cu material, texturi, animații și chiar interacțiuni deja atașate.

O problemă greu de rezolvat este faptul că Unity nu permite integrarea scripturilor de interacțiune în Asset Bundle decât ca resurse de tip text, din motive evidente de securitate (se poate rula orice cod pe mașina client, iar ținând cont că aceste AssetBundles se transferă prin internet, ele pot fi și interceptate și alterate dacă transportul nu este securizat). Există mai multe variante posibile, unele mai complicate<sup>87</sup>, altele folosind biblioteci cum ar fi *Ucompile*<sup>88</sup>, o bibliotecă Open-Source care permite rularea de cod C# în timpul execuției unei aplicații Unity și altele prin menținerea scripturilor local, în executabilul aplicației. Primele două variante prezintă serioase vulnerabilități de securitate prin permiterea rulării de cod neverificat pe mașina unui client. De asemenea, mai intervine problema duplicatelor, două pachete putând folosi o anumită clasă de script cu implementări ușor diferite, lucru ce ar duce la erori. Astfel, a fost aleasă o variantă de implementare locală, controlată, care presupune integrarea tuturor scripturilor de interacțiune în clientul compilat.

---

<sup>87</sup> <https://www.angryant.com/2014/04/25/Construct/>

<sup>88</sup> <https://github.com/SoapCode/UCompile>

Acest lucru restricționează evident extinderea bibliotecii de interacțiuni și implicit a obiectelor cu interacțiune predefinită. Aceasta se poate face momentan doar prin recompilarea clientului de Unity.

Devine astfel necesară aplicarea de interacțiuni din combinarea unei meshe 3D și a unui script în cadrul dezvoltării efective de medii virtuale educaționale. Colecțiile de modele statice sunt mult mai vaste și se pot obține din multe surse, iar aplicarea interacțiunilor se face în acest caz manual de către cadrul didactic.

În cazul modelelor preluate din colecții de pe site-uri cu resurse gratuite acestea presupun mai multe acțiuni și transformări. În primul rând a fost nevoie de dezvoltarea unei aplicații care să permită căutarea și descărcarea unui model. Au fost folosite site-urile Sketchfab<sup>89</sup> și Clara.io<sup>90</sup> întrucât acestea pun la dispoziție o metodă oficială de descărcare printr-un API REST. A fost implementat astfel un utilitar în PHP care poate căuta și descărca modele utilizând cereri HTTP. Rezultatele vin în format în glTF în arhive ZIP. Utilitarul se poate rula cu doi parametri:

- *q*: (query) care reprezintă interogarea de căutare
- *f*: (folder) care reprezintă denumirea folderului destinație și al resursei

Exemplu de accesare prin cerere HTTP:

*GET AssetDownloader.php?q=nice chair&f=chair*

Utilitarul PHP dezarchivează rezultatul într-un dosar unic în folderul de Assets din Unity. Acest lucru este necesar pentru a converti automat modelul glTF în format Unity, transformarea în Prefab și apoi în AssetBundle (Figura 4.6). Acest lucru se poate face automat tot prin rularea editorului de Unity în mod consolă și accesând o metodă în C#.

```
GameObject model = (GameObject)AssetDatabase.LoadMainAssetAtPath("Assets/chair.glTF");  
var instance = PrefabUtility.InstantiatePrefab(model);  
PrefabUtility.SaveAsPrefabAsset(instance, "Export/chair/chair.prefab");
```

*Figura 4.6 Importul unui fișier glTF și transformarea în Prefab Unity*

---

<sup>89</sup> <https://sketchfab.com/developers/download-api>

<sup>90</sup> <https://clara.io/learn/sdk/api/export>

Întrucât procesul este destul de complex, a fost realizată o diagramă de secvență pentru a exprima vizual pașii prin care trece un obiect (Figura 4.7).

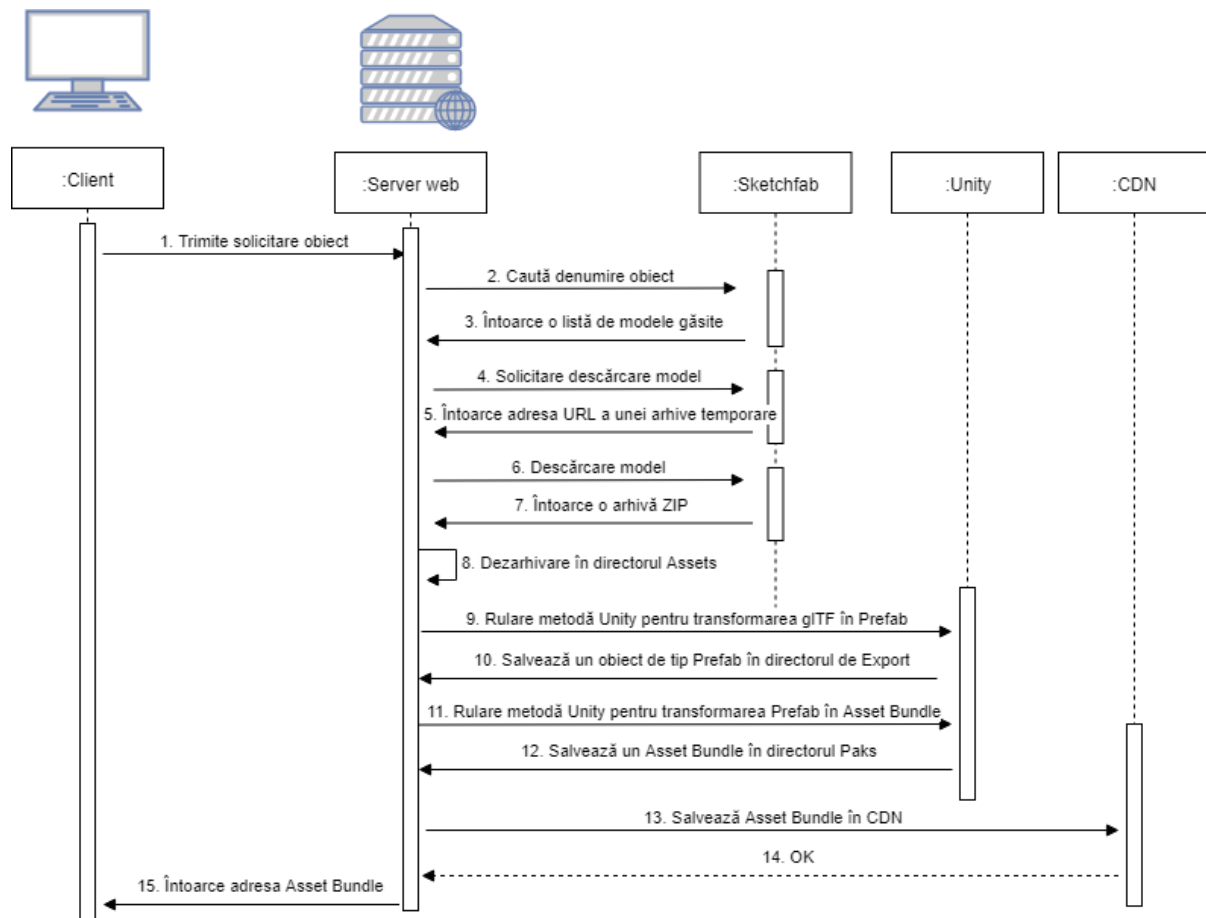


Figura 4.7 Secvență automată prin care se transformă un model 3D în Unity Asset Bundle

Folosind metodele de mai sus, a fost creată o colecție incipientă de resurse.

Pentru a controla biblioteca de resurse a fost dezvoltat un API de gestiune care interfațează legătura dintre asistentul virtual, componenta de NLP și resurse. Implementarea s-a făcut în PHP folosind framework-ul Laravel în care s-a creat un pachet modular cu un microserviciu pentru acest lucru care expune o interfață API de tip REST. Astfel, asistentul virtual preia o intrare de la utilizator și o trimite acestei interfețe care face o solicitare de interpretare a intrării către componenta NLP.

Pentru componenta de NLP s-a folosit serviciul Wit.ai întrucât este singura soluție deja existentă care are suport pentru limba română. O problemă este faptul că procesarea mesajelor în limba română se face doar pentru mesaje de tip text, iar la momentul actual nu există nici un serviciu care să facă procesarea limbajului natural în limba română. Astfel, pentru a avea integrare atât în variantă audio cât și text, s-a folosit serviciul de Google Cloud Speech-to-Text

care permite transmiterea de mesaje în format wav și permite transcrierea în format text inclusiv pentru limba română. S-a folosit API-ul pus la dispoziție și SDK-ul de PHP integrat în Laravel. Analizarea și interpretarea mesajelor audio se face în mai mulți pași, primul fiind transcrierea din audio în text prin Cloud Speech-to-Text, apoi analizarea limbajului natural de către WIT și apoi întoarcerea rezultatului (Figura 4.8).

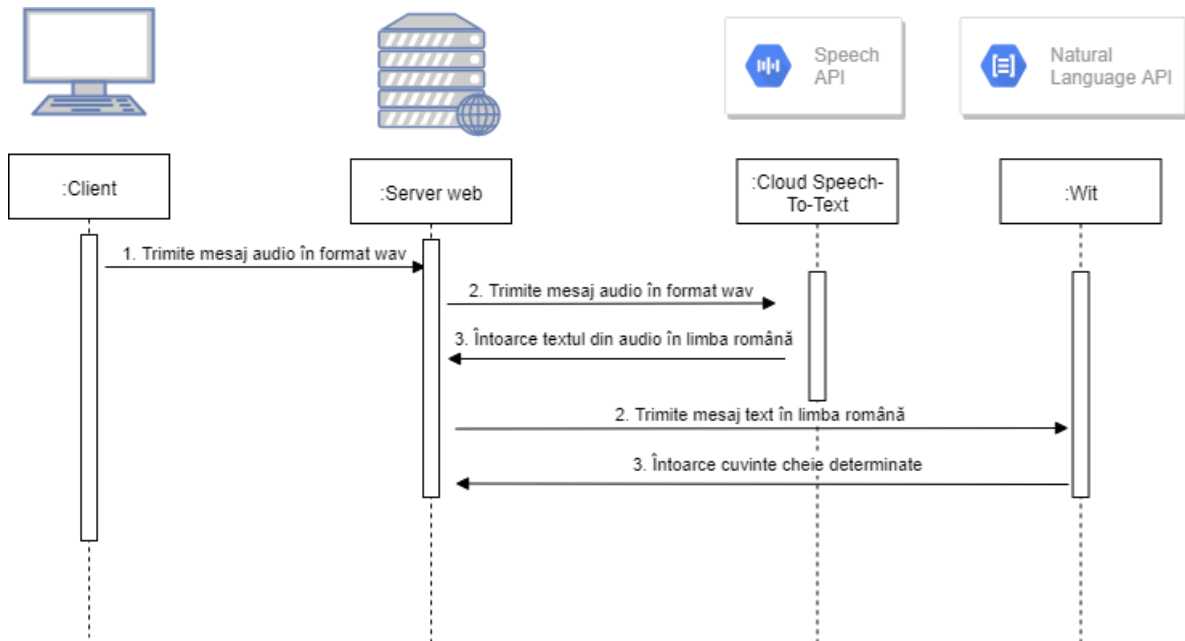


Figura 4.8 Procesarea unui mesaj audio în limba română

Pentru procesarea limbajului natural s-au definit în WIT reguli de extragere a informațiilor (Figura 4.9), astfel că la primirea unei intrări se va întoarce un set de informații necesare pentru prelucrare:

- *intent*: unul sau mai multe cuvinte cheie descoperite, care reprezintă resurse (de exemplu scaun, masă etc.)
- *number*: un număr asociat care indică numărul de resurse necesare (de ex. 1 x masă, 2 x scaun etc.)

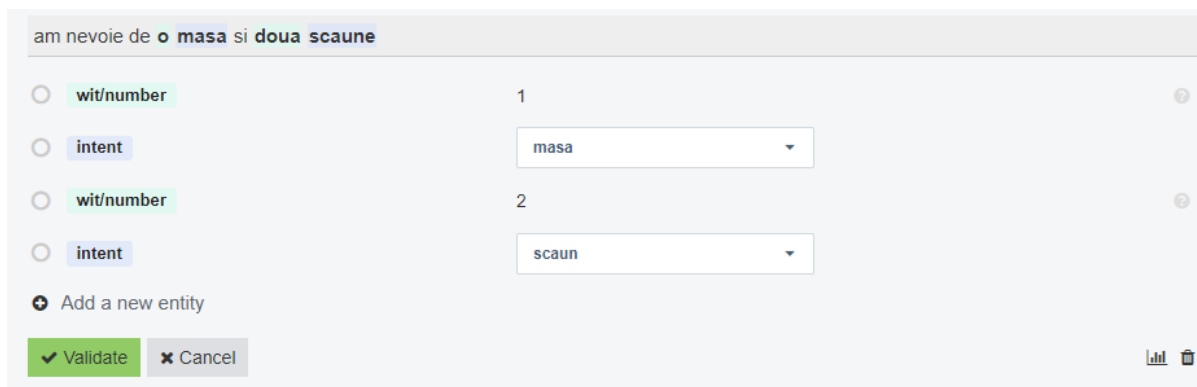


Figura 4.9 Configurare wit.ai în limba română

Integrarea Laravel cu Wit.ai s-a făcut folosind o bibliotecă open-source<sup>91</sup>.

Un dezavantaj mai nou al acestei platforme este că începând cu anul 2018 nu mai oferă posibilitatea de a gestiona conversații, astfel că a fost nevoie de implementarea unui automat de stări care să realizeze acest lucru. Pentru simplitate, s-a implementat un microserviciu web în Laravel folosind pachetul Botman<sup>92</sup>. Acesta oferă funcționalități de convorbire suplimentare prin definirea unor conversații uzuale și informații ajutătoare. Acesta preia cuvinte cheie rezultate în urma interogării la Wit și le prelucrează suplimentar (Figura 4.10).

```
$botman->hears('ajutor', function($bot) {
    $bot->reply('Sigur');
    $bot->ask('Cu ce pot sa te ajut? Spune-mi de ce ai nevoie..', function($answer, $bot) {
        $response = serialize_intent($wit->getIntentByText($answer));
        $bot->say('caut acum ' + $response); //caut acum 1 masa si 2 scaune
    });
});
```

Figura 4.10 Exemplu de configurare a unui bot conversațional

Datorită dimensiunii considerabile a resurselor, pentru stocare s-a folosit Dropbox, integrat cu framework-ul Laravel prin API-ul pus la dispoziție de această platformă. Schimbarea modului în care se face stocarea este foarte ușoară, Laravel având deja integrate module de stocare pentru Amazon S3, Rackspace sau prin SFTP.

A fost dezvoltată și o interfață simplă de asistent virtual care permite trimiterea de comenzi vocale sau text și conversația cu utilizatorul. Astfel, pe ecran se afișează textul asistentului virtual, iar în partea dreaptă jos s-a definit un câmp text și un buton care realizează transmiterea de informații (Figura 4.11). Comunicarea se face prin mesaje HTTP.

<sup>91</sup> <https://github.com/jeylabs/wit>

<sup>92</sup> <https://github.com/botman/botman>



Figura 4.11 Exemplu de comandă text și de răspuns

Elementele din interfața grafică a asistentului virtual au două moduri de funcționare:

- Se poate înregistra direct audio prin apăsarea butonului Înregistrează. În continuare se va prelua vocea utilizatorului de la microfon până la o nouă apăsare a butonului pe care acum scrie *Stop*. Înregistrarea audio este codificată și salvată într-un fișier de tip *wav* care este trimis mai departe serverului pentru interpretare.
- Se poate tasta un text în caseta disponibilă, iar la apăsarea butonului pe care acum va scrie *Trimite* se va transmite mai departe textul către server.

La primirea unui răspuns se afișează un mesaj de succes sau de eroare. În caz de succes se va întoarce și o listă cu adresele resurselor găsite, care sunt descărcate apoi și atașate la camera avatarului astfel încât să le poată plasa ușor în scenă. Plasarea elementelor se face prin deplasarea în scenă a avatarului, mișcarea camerei pentru poziționare și apăsarea tastei *E* pentru confirmare.

Au fost create manual și obiecte speciale, mai complexe, de tip laborator, folosind modele și interacțiuni gratuite preluate din Asset Store (Figura 4.12).





Figura 4.12 Exemplu de obiect complex afișat la comanda laborator de informatică

Pentru a gestiona aceste obiecte speciale s-au definit cuvinte cheie prin care se identifică astfel de resurse, atât în Unity cât și în Wit. Ca particularitate, odată plasate în scenă aceste obiecte nu mai pot fi controlate sau modificate de avatar. De asemenea, plasarea în scenă se realizează automat, fără intervenția utilizatorului, ținând cont ca avatarul să fie în mijlocul obiectului. Astfel, în Wit s-au definit cuvinte cheie care identifică atât faptul că este vorba de un laborator, cât și pentru definirea mai multor tipuri de laboratoare: informatică, biologie, chimie etc. (Figura 4.13).

Figura 4.13 Configurare Wit.ai pentru laborator informatică

A fost implementată de asemenea și posibilitatea de editare a obiectelor din scenă. Obiectele editabile sunt semnalizate de un element de interfață grafică care apare atunci când avatarul este în proximitate și privește la un obiect (Figura 4.14).



Figura 4.14 Interfață grafică afișată în proximitatea unui obiect de joc

Pentru a intra în meniul de editare se apasă tasta *E*. Meniul are mai multe opțiuni (Figura 4.15):

- Sterge obiectul, care evident va elimina obiectul din scenă.
- Adaugă video, care va cere un URL de video și la apăsarea tastei *I* va lansa un panou cu video-ul specificat.
- Adaugă interacțiune, care va da posibilitatea adăugării de noi interacțiuni disponibile în aplicația client dintr-o listă afișată. Aceste interacțiuni se vor putea accesa în componenta VRP tot prin apăsarea tastei *E*.

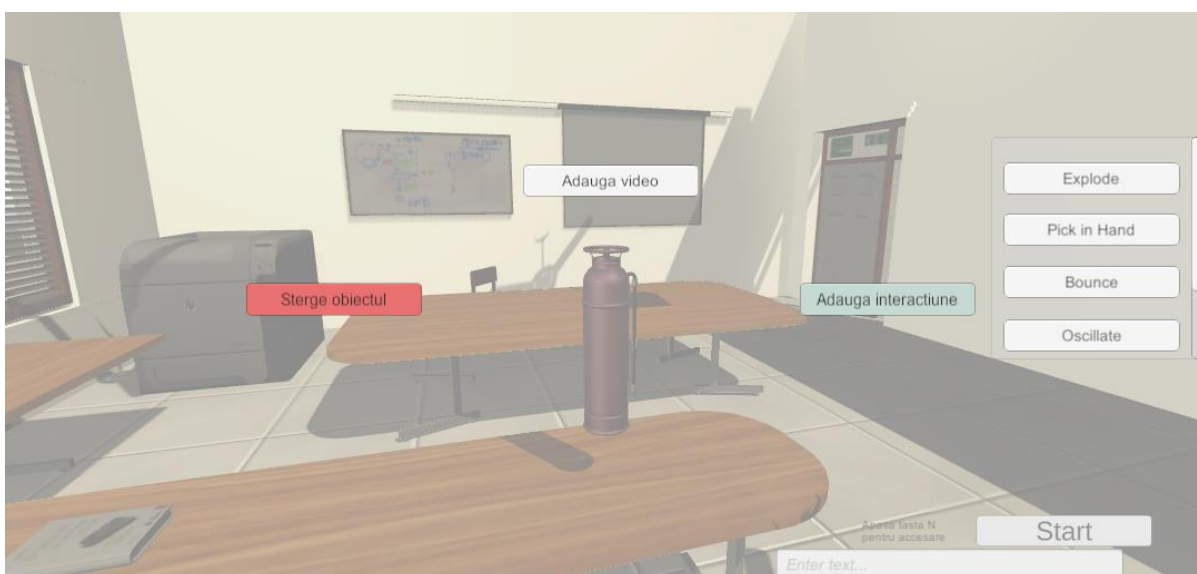


Figura 4.15 Meniu contextual de editare a unui obiect existent

Pentru a salva o scenă realizată se folosește funcționalitatea de Asset Bundle, cu o particularitate: scena și resursele nu pot sta în același Asset Bundle, astfel că se salvează doar scena ca Asset Bundle și o listă cu resursele folosite. Salvarea scenei se va face din meniul afișat la apăsarea tastei *ESC* (Figura 4.16).

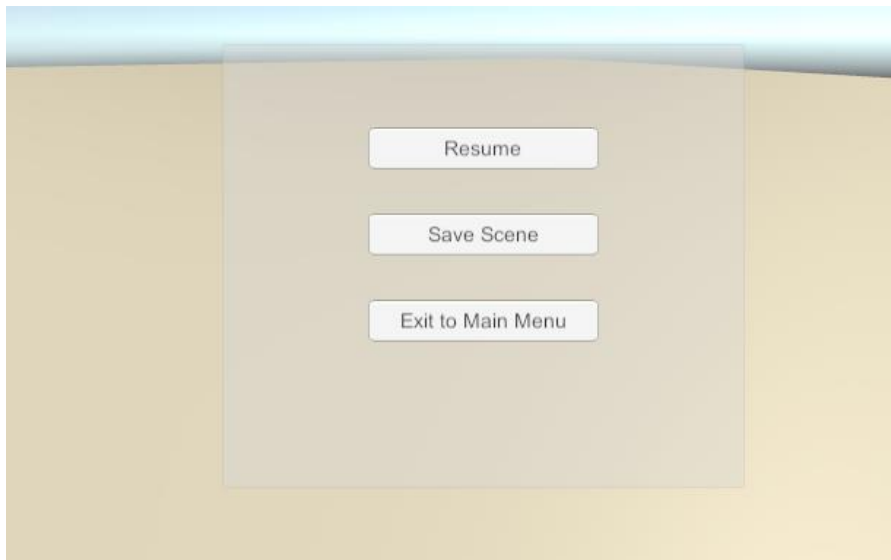


Figura 4.16 Meniu salvare

La rularea mediului virtual de către studenți se descarcă scena și fiecare resursă din listă separat, iar apoi se rulează scena completă. Lista de resurse este serializată în format JSON și este salvată în baza de date împreună cu locația scenei din folderul de Dropbox. Această procedură este realizată de componenta VR Scene printr-un serviciu implementat în Laravel care pune la dispoziție o metodă de a salva scena pe Dropbox și lista de dependențe, dar și una care descarcă locația scenei și lista de resurse necesare, pentru a fi transmise ulterior componentei Lib care descarcă și prelucrează efectiv Asset Bundle-urile. De asemenea, acest serviciu este responsabil și cu menținerea listei de scene virtuale create de fiecare utilizator în parte. În acest sens este realizată și o interfață grafică de gestiune a scenelor, în meniul principal (Figura 4.17).



Figura 4.17 Meniu principal

De asemenea, pentru a gestiona ușor evenimentele și grupurile de studenți, s-a realizat un plugin Moodle care permite programarea de activități de tipul *Virtual Lab Event* folosind un mediu virtual deja creat. Astfel, pluginul implementat folosește contul profesorului printr-o autorizare de tip OAuth și preia lista de proiecte definite de acesta. Suplimentar se poate defini o dată și o oră la care are loc evenimentul (Figura 4.18).

#### ▼ Virtual Lab Event configuration

Project selection ?

Schedule Event

Figura 4.18 Plugin Moodle de configurare a evenimentelor virtuale

În ceea ce privește componenta de multiplayer, s-a folosit UNET, varianta deja integrată în Unity, cu câteva elemente particulare. Ținând cont că un laborator sau o clasă are în jur de maxim 30 de studenți conectați simultan, aceasta fiind și limita UNET pentru o funcționare multiplayer optimă, s-a folosit câte o instanță de server dedicat pentru fiecare sesiune de laborator. Atunci când este programat evenimentul de laborator, se lansează automat o instanță de server dedicat aceluși eveniment, care rulează pe un port unic dedicat.

Pentru accesarea mediilor virtuale educaționale create, studenții vor lansa aplicația client de rulare (componenta VRP). Aceasta este o aplicație realizată de asemenea în Unity, similară cu cea de editare, dar cu funcționalități strict legate de vizualizare și interacțiune. La deschiderea aplicației utilizatorii trebuie să se autentifice. În acest sens s-a implementat componenta IDP în PHP Laravel care este folosită ca sistem de autentificare atât pentru clientul de Unity cât și

pentru Moodle, care este configurat să facă autentificare folosind *External database*. S-a realizat acest lucru deoarece în general există un serviciu instituțional care gestionează conturile în mod unitar. După autentificare utilizatorii pot alege să se conecteze la unul dintre evenimentele disponibile în acel moment (Figura 4.19).

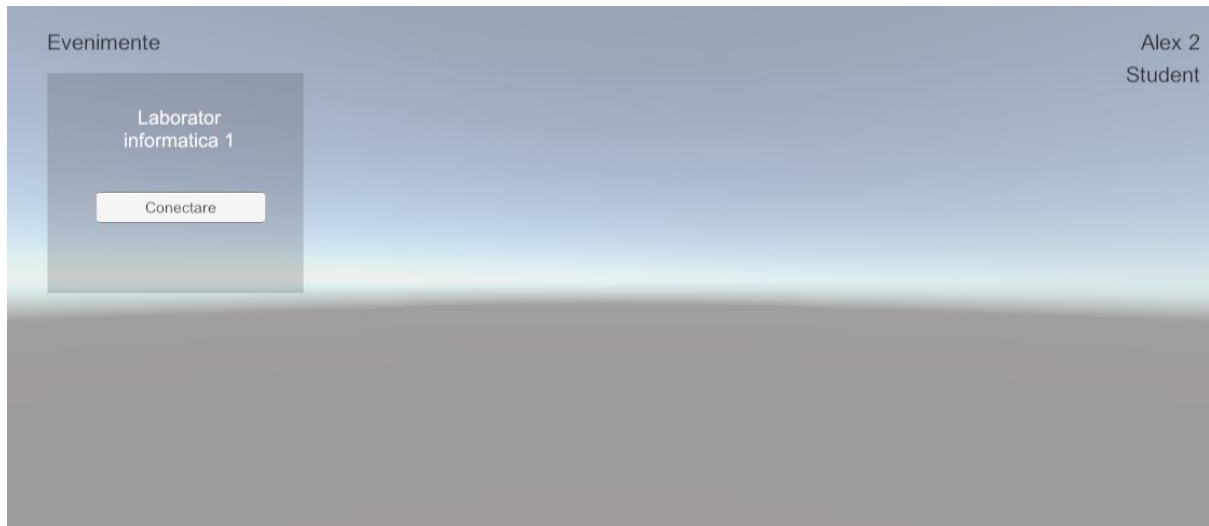


Figura 4.19 Interfață conectare student

În cadrul VRP utilizatorii sunt reprezentați de avatare și pot interacționa cu mediul virtual, accesa informații sau interacțiuni atașate obiectelor și pot comunica între ei, fiind implementat și un sistem chat de tip text (Figura 4.20).



Figura 4.20 Interfață client VRP

Pentru urmărirea progresului elevilor în mediul virtual s-a implementat protocolul xAPI și se salvează în Watershed LRS toate interacțiunile avute: conectare la mediul virtual, interacțiunea cu un obiect, convorbirea cu alt avatar, etc.

În plugin-ul Moodle este implementată și afișarea de statistici legate de experiențele elevilor în spațiul virtual (Figura 4.21). Fiecare interacțiune din spațiul virtual se trimite și se salvează în Watershed LRS. De aici se preiau datele prin API-ul oferit și se afișează într-o interfață grafică integrată în plugin-ul Moodle, implementare similară cu cea prezentată în capitolul anterior. Particularitatea este că s-au folosit tipuri diferite de activități și verbe:

- Tipuri de activități xAPI folosite: Simulation, video, Chat Message, Interaction.
- Tipuri de verbe xAPI folosite: joined, played, send, read, interacted.

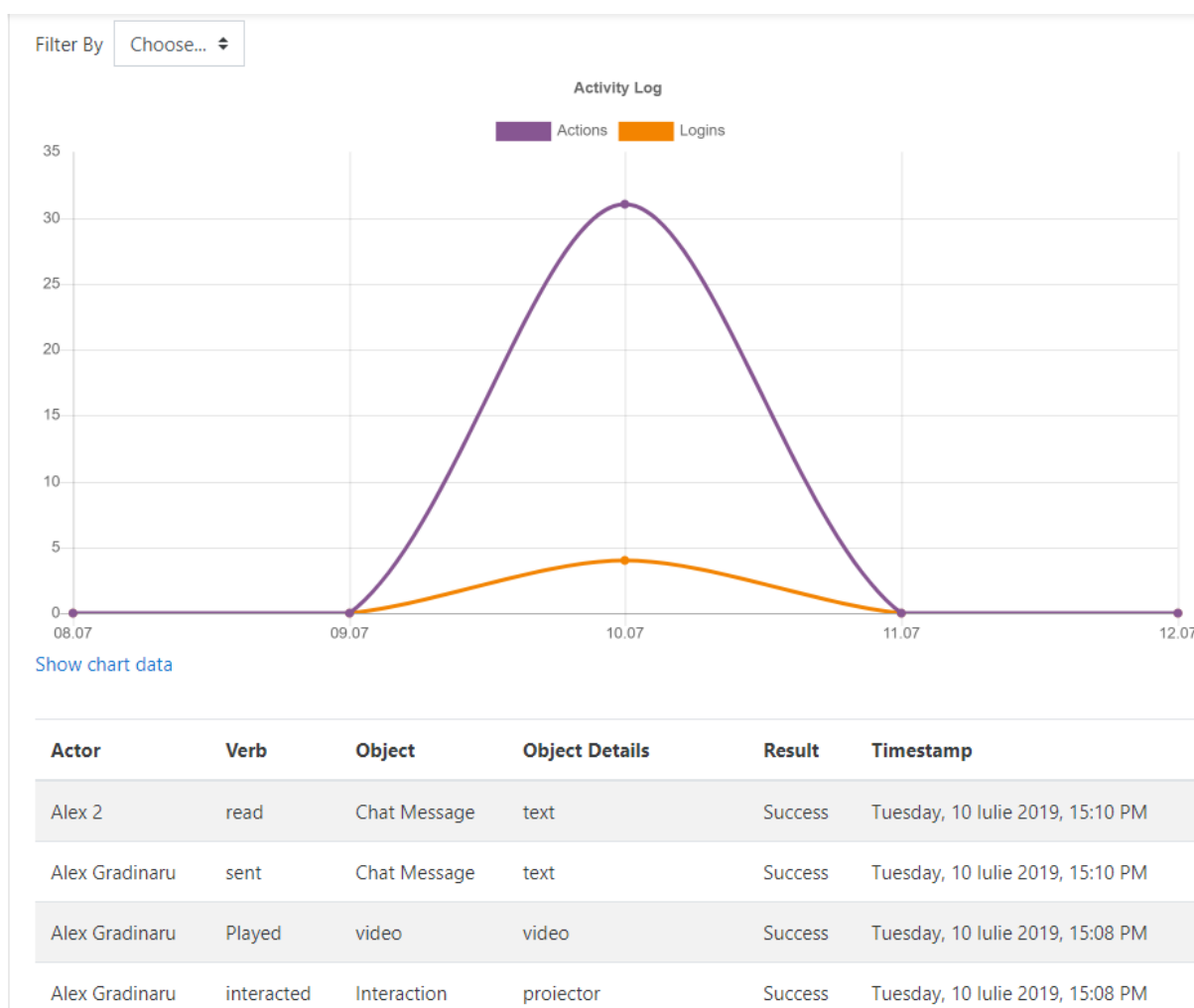


Figura 4.21 Plugin Moodle cu afișarea de date xAPI

## 4.4 Rezultate

A fost dezvoltat un prototip pentru validarea soluției urmând cerințele definite și arhitectura propusă. Cerințele au fost implementate în mare măsură, singura limitare în acest sens fiind comenzile acceptate de asistentul virtual care cuprind doar câteva elemente de ajutor și comenzi pentru adăugarea de obiecte. Nu s-au implementat deci în prototip modalități de a adăuga interacțiuni sau condiționalități asupra obiectelor prin limbaj natural, putând fi realizată momentan doar adăugarea de interacțiuni prin meniul de editare contextual. Acest lucru poate influența calitatea și utilitatea mediului virtual. Totuși, prototipul se poate evalua din punct de vedere al abordării și fără aceste elemente.

Astfel, utilizatorul are posibilitatea definirii unui spațiu virtual 3D prin comenzi vocale sau text în limba română, fiind îndrumat de un asistent inteligent. De asemenea, cadrele didactice au la dispoziție atât metode de gestiune a acestor spații printr-un plugin Moodle care permite atât crearea de evenimente virtuale și cât și analizarea activității studenților în cadrul acestora.

De asemenea, utilizatorii au la dispoziție modalități de colaborare și comunicare prin chat.

Limitările prototipului curent țin în general de biblioteca de resurse disponibile și lista de comenzi antrenate, dar acestea se pot extinde ușor prin simpla utilizare a platformei. Fiecare comandă care nu a fost definită se salvează separat pentru a putea fi analizată, iar obiectele 3D se pot prelua în mod automat din site-uri online. Rămâne problema definirii de interacțiuni care se va face manual. De asemenea, este necesară definirea mai multor spații complexe și laboratoare gata echipate pentru a putea acoperi o arie cât mai largă de medii uzuale.

Aspecte de performanță nu au fost studiate în detaliu, platforma fiind destinată folosirii în principal în medii VR sau în variantă desktop, fiind luată în considerare și o variantă de rulare în browser, obiectivul acestui studiu fiind mai degrabă modul de abordare decât un rezultat fiabil pentru prototip.

Platforma a fost prezentată mai multor grupuri de utilizatori țintă, iar rezultatele studiilor sunt prezentate în Capitolul 5.

## 5 Evaluarea platformelor dezvoltate de către utilizatori din grupul țintă

Platformele prezentate în capitolele 3 și 4 au fost evaluate prin mai multe studii empirice, folosind utilizatori din grupurile țintă vizate:

- cadre didactice, cu precădere din mediul pre-universitar;
- utilizatori cu un nivel de cunoștințe scăzut în ceea ce privește utilizarea calculatorului.

Astfel, într-un prim studiu au participat 171 de cadre didactice din România, și s-au analizat mai multe aspecte printr-un chestionar online adresat tuturor cadrelor didactice. Studiul a vizat în principal validarea soluțiilor propuse și implementate în cele două platforme. Chestionarul conține în general întrebări cu răspuns multiplu la care se pot adăuga și răspunsuri care nu se găsesc în lista definită. Pentru întrebările de opinie s-a folosit o scară Likert cu 5 puncte.

În primul rând s-a realizat un profil social legat de activitatea didactică. Participanții au prezentat o distribuție mare în ceea ce privește ciclul de studii, preponderent fiind din mediul pre-universitar, studiul încadrându-se astfel în ținta propusă (Figura 5.1).

### 1. Ciclul de studii în care predați

171 responses

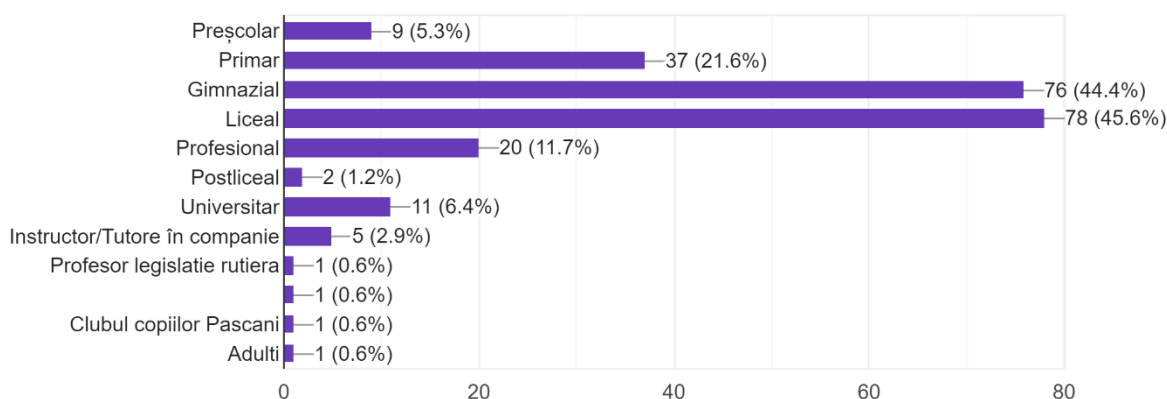


Figura 5.1 Ciclul de studii de predare

De asemenea, deși întrebarea a fost adăugată ulterior în urma unor sugestii, au existat participanți care predau atât în mediul urban cât și în cel rural (Figura 5.2).



## 2. Mediul în care predați

98 responses

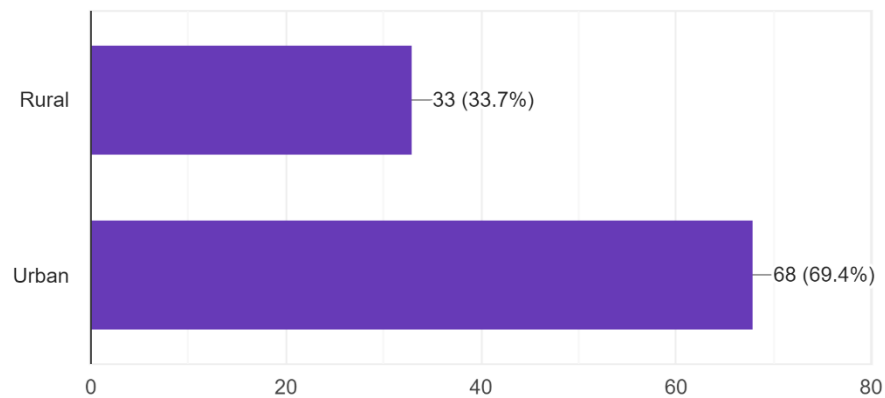


Figura 5.2 Mediul social de predare

Au participat cadre didactice care acoperă toate domeniile de studiu pre-universitare: primar, gimnazial, uman, real, tehnologic, și artistic dar și din alte domenii mai restrânse (Figura 5.3).

## 3. Domenii în care predați

171 responses

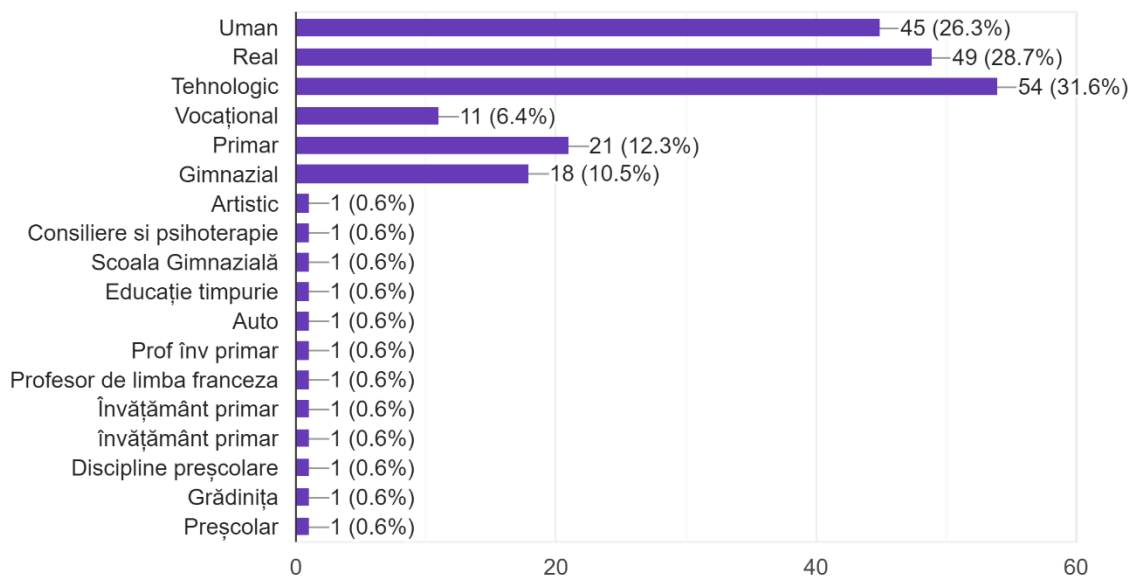


Figura 5.3 Domenii de studiu în predare

În a doua parte a chestionarului au fost analizate instrumentele folosite în mod curent de către cadrele didactice pentru a realiza materiale educaționale, nivelul de interactivitate al materialelor dezvoltate, dar și interesul acestora în a se adapta nevoilor tehnologice ale studenților prin dezvoltarea de materiale didactice moderne și interactive.

Astfel, se poate constata că în mare măsură sunt folosite instrumentele de material static sau de prezentare: Word, PowerPoint, Internet și Video. Există prezente totuși într-o mai mică măsură și aplicații software, realitate virtuală sau jocuri (Figura 5.4).

### 5. Ce instrumente folosiți în cadrul cursului (realizare materiale, expunere, resurse didactice etc.) ?

171 responses

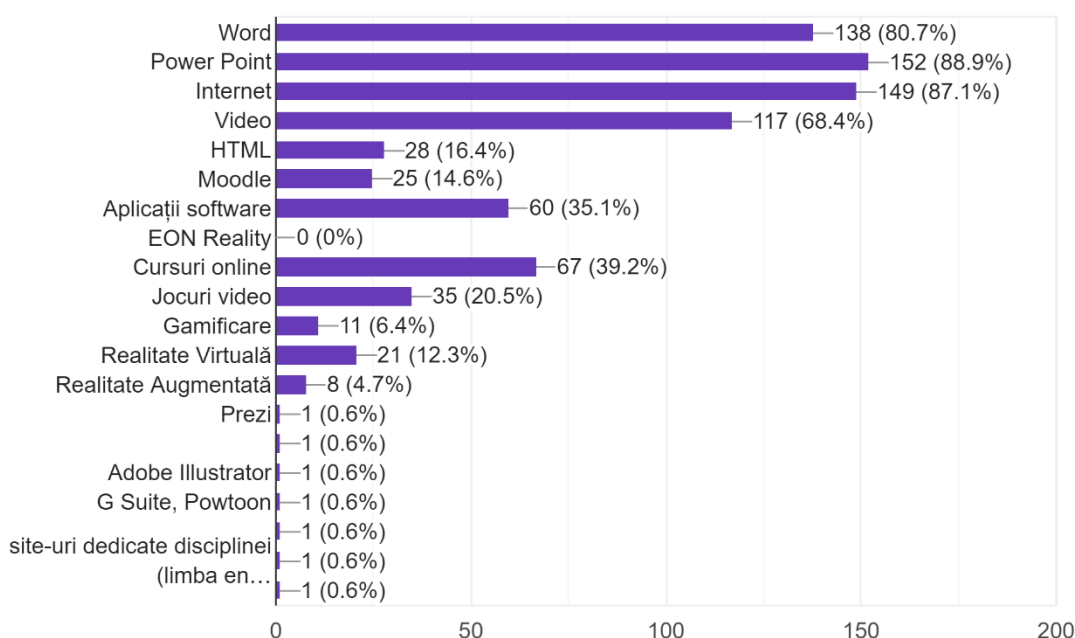


Figura 5.4 Instrumente folosite în cadrul cursurilor

Aproape un sfert dintre respondenți au declarat că nu au dezvoltat material educațional interactiv, deci doar static (Figura 5.5).

## 6. Ați dezvoltat material educațional interactiv?

170 responses

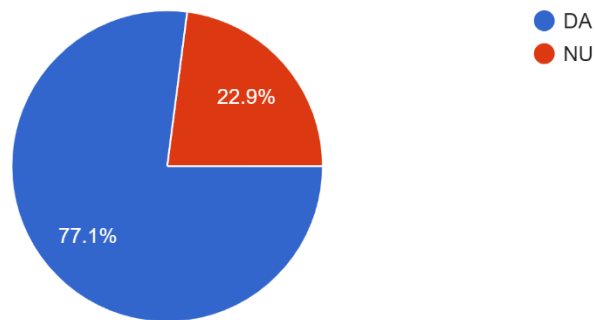


Figura 5.5 Procent dezvoltare material interactiv

Iar majoritatea materialelor au un grad mediu de interactivitate (Figura 5.6).

## 7. Cât de interactiv este conținutul educațional dezvoltat în acest moment?

171 responses

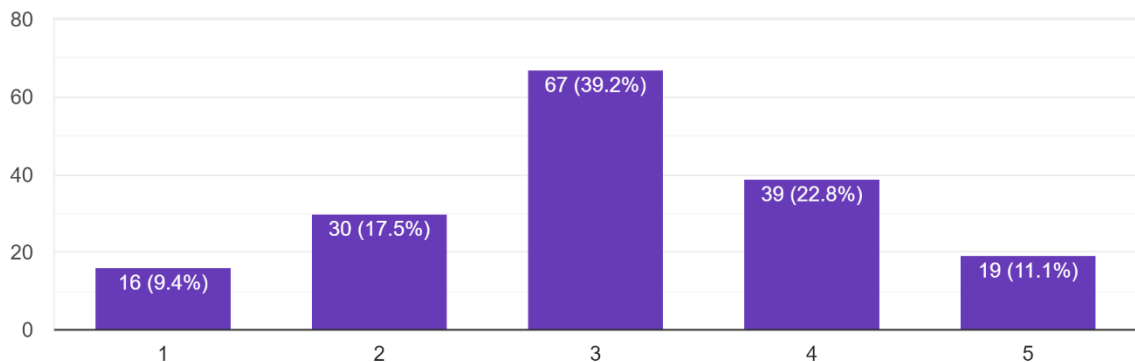


Figura 5.6 Nivel interactivitate material educațional dezvoltat

Interesant este faptul că dintre cei care au dezvoltat material interactiv, majoritatea consideră prezentările PowerPoint și video ca fiind principala variantă, existând totuși și animații, jocuri sau simulări printre răspunsurile selectate (Figura 5.7). Acest lucru dovedește faptul că percepția asupra termenului de interactivitate este ușor greșită, materialele interactive presupunând interacțiunea efectivă a elevilor sau a studenților cu materialul respectiv. Faptul că o prezentare este animată sau că se prezintă un video, nu asigură o interactivitate directă, ci

doar prin acțiuni ale cadrului didactic care poate stimula elevii pe baza aceluși material la interacțiune.

## 8. Dacă ați dezvoltat material interactiv, acesta include

154 responses

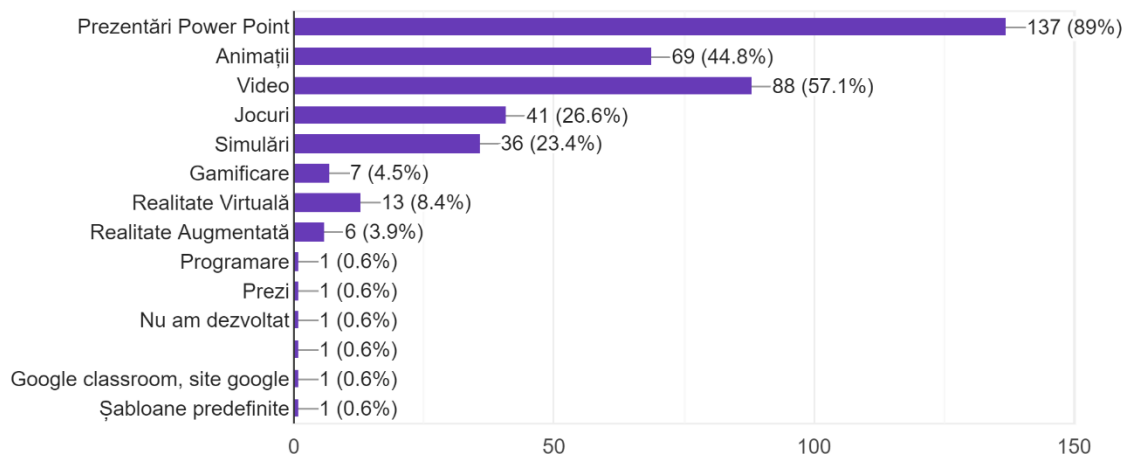


Figura 5.7 Tipuri de material interactiv dezvoltat

Există totuși un interes crescut asupra acestor tipuri de materiale interactive, iar necesitatea dezvoltării acestora în cadrul cursurilor este înțeleasă de cadrele didactice (Figura 5.8).

## 9. Considerați potrivită/necesară dezvoltarea de conținut educațional interactiv (animații, simulări, jocuri) la materia/materiile dumneavoastră?

171 responses

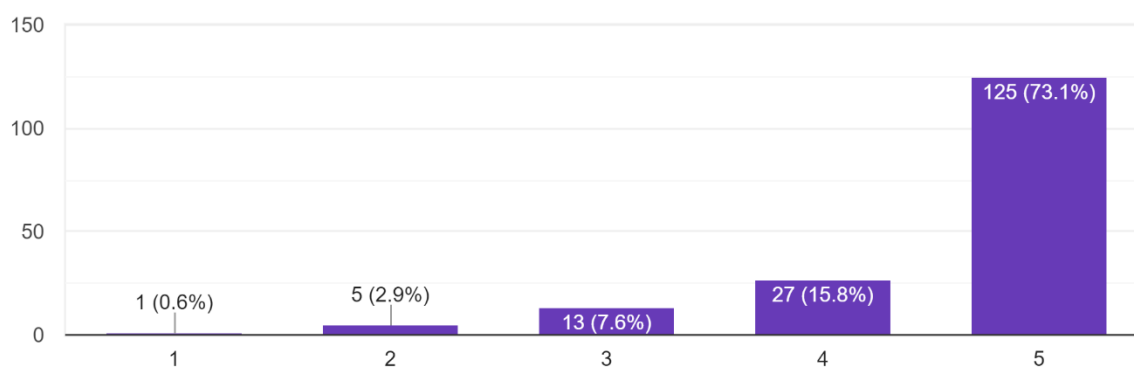


Figura 5.8 Necesitate materiale interactive

Deși gradul de folosire al calculatorului este în general ridicat (Figura 5.9), majoritatea cadrelor didactice folosindu-l zilnic, putem observa faptul că acest lucru se întâmplă pentru lucruri în general simple precum elaborarea de documente text, prezentări sau accesarea internetului pentru resurse. Rezultatul poate fi considerat totuși îmbucurător, existând o infrastructură minimală și cunoștințe de accesare a informațiilor sau aplicațiilor prin internet, dar acest rezultat ar putea fi influențat și de faptul că acest chestionar a fost distribuit în general prin mijloace tehnice moderne (email, facebook și altele).

#### 4. Cat de des folosiți calculatorul?

77 responses

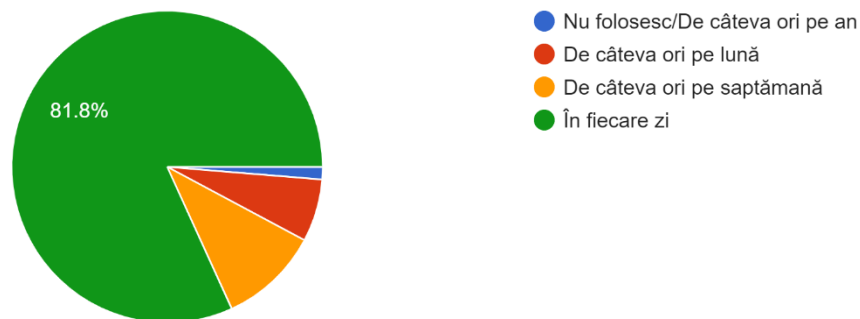


Figura 5.9 Grad de folosire a calculatorului

În următoarea parte a chestionarului întrebările s-au axat pe validarea noilor abordări propuse și implementate în platformele prezentate în capitolele 3 și 4.

Astfel, într-o primă întrebare s-a evaluat percepția participanților asupra unor variante de dezvoltare a mediilor educaționale interactive. Întrebarea vizată a oferit variante de răspuns multiple, cu posibilitatea adăugării altor răspunsuri personalizate. Variantele de răspuns au fost în ordine după cum urmează:

- Prin conversație sau comenzi (voce sau text) date unui program, care să simuleze/realizeze cerințele (similar Google Assistant).
- Similar cu Power Point (drag&drop), adăugând obiecte și interacțiuni predefinite, aranjându-le în mod corespunzător în funcție de necesitate.
- Folosind un șablon sau o aplicație deja existentă, dar controlând/modificând materialul educațional afișat.

- Realizând/dezvoltând de la zero și controlând totul în detaliu.
- Rog un prieten programator.
- Aș vrea să le preiau gata făcute.
- Altele (se completează prin text).

## 12. Dacă ar fi să realizați un joc video sau o simulare interactivă educațională, cum ar fi mai ușor de creat?

171 responses

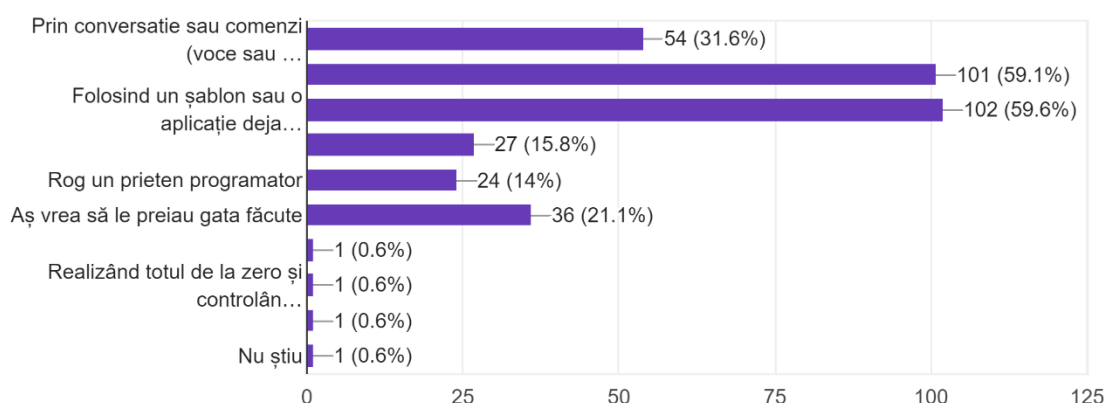


Figura 5.10 Abordări în realizarea de materiale interactive

Se poate observa că variantele preferate au fost prin folosirea de materiale sau șabloane deja definite și aranjarea sau prelucrarea acestora pentru a personaliza conținutul educațional. Varianta conversațională este de asemenea văzută ca o posibilă soluție. Multe răspunsuri au fost și în favoarea apelării la materiale deja dezvoltate sau la profesioniști în domeniu (Figura 5.10).

Întrebările din continuarea chestionarului se referă la platformele descrise în capitolele 3 și 4, referite cu denumirile de Platforma 1 și Platforma 2. Platformele au fost prezentate participanților prin clipuri video în care s-a descris întreg procesul de dezvoltare a mediilor virtuale educaționale folosind cele 2 platforme și s-a analizat percepția cadrelor didactice asupra dificultății procesului, dar și a utilității, folosind o scară Likert cu 5 puncte.

Astfel, procesul prin șabloane, configurări și drag&drop de obiecte propus în Platforma 1 tinde să fie perceput ca având o dificultate medie spre ușoară (Figura 5.11). Scara folosită a fost între 1 și 5, 1 reprezentând *Foarte ușor*, iar 5 *Foarte dificil*.

13. Pe baza clipului de mai sus, cât de dificil vi se pare procesul prezentat de creare a jocurilor educaționale?

171 responses

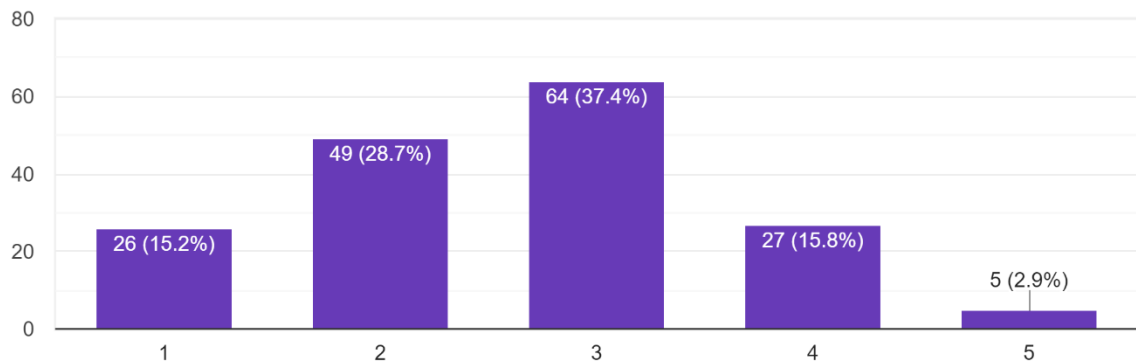


Figura 5.11 Dificultate percepută pentru Platforma 1

În ceea ce privește utilitatea percepută, rezultatul este strict pozitiv (Figura 5.12). Scara folosită a fost între 1 și 5, 1 reprezentând *Deloc util*, iar 5 *Foarte util*.

14. Cum apreciați utilitatea acestei aplicații în ceea ce privește crearea de conținut educațional pentru materiile dumneavoastră?

171 responses

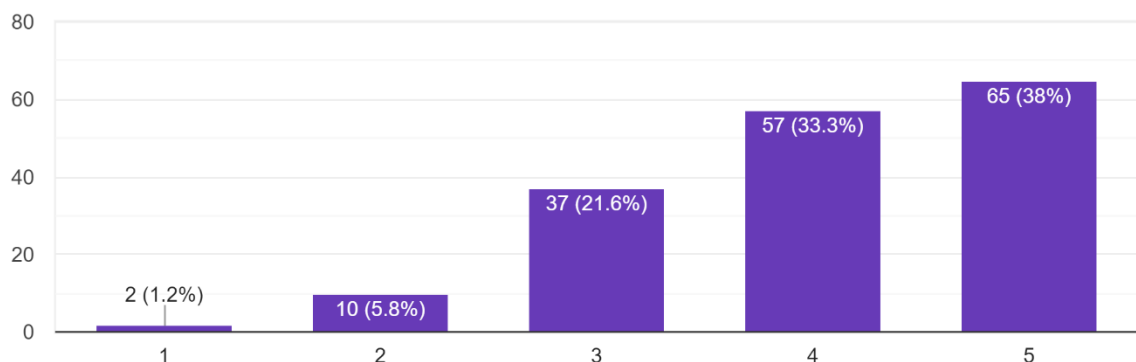


Figura 5.12 Utilitate percepută pentru Platforma 1

Procesul prezentat în Platforma 2, folosind medii virtuale 3D și comenzi vocale sau prin text pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale interactive, a fost perceput de participanți ca

fiind ușor spre foarte ușor (Figura 5.13). A fost folosită aceeași scară între 1 și 5, 1 reprezentând *Foarte ușor*, iar 5 *Foarte dificil*.

### 15. Pe baza clipului de mai sus, cât de dificil vi se pare procesul prezentat de creare a spațiilor virtuale?

171 responses

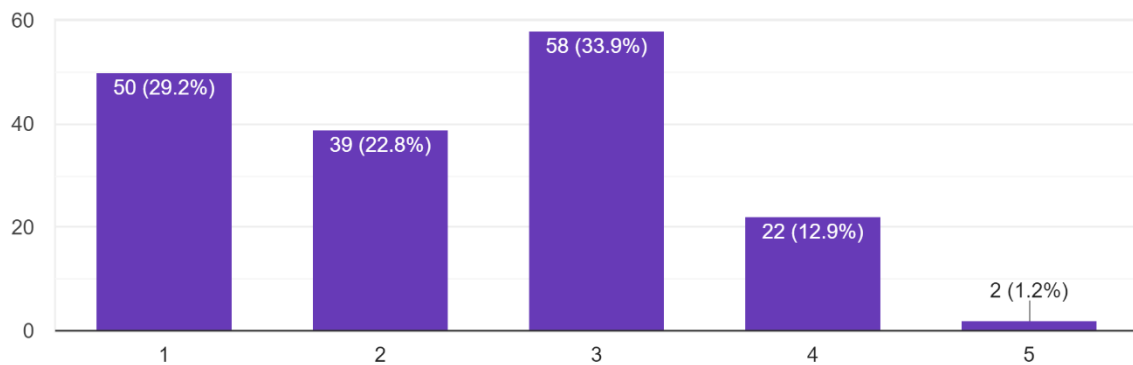


Figura 5.13 Dificultate percepută pentru Platforma 2

Rezultatele în ceea ce privește utilitatea au fost similare cu Platforma 1 (Figura 5.14).

### 16. Cum apreciați utilitatea acestei aplicații în ceea ce privește crearea de conținut educațional pentru materiile dumneavoastră?

171 responses

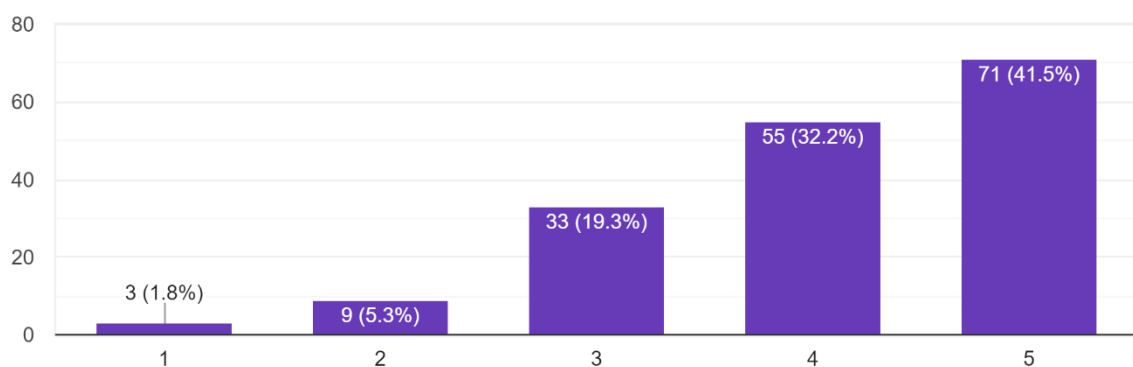


Figura 5.14 Utilitate percepută pentru Platforma 2



Pentru a compara și explicit abordările între ele, au fost puse două întrebări pentru care participanții trebuie să aleagă între cele două platforme dezvoltate:

- *Dacă ar fi să primiți gratuit doar una dintre cele două aplicații prezentate, pe care ați alege-o?*
- *Care dintre cele două variante vi se pare mai ușor de utilizat?*

Răspunsurile au fost în favoarea Platformei 2 (Figura 5.15). Un motiv ar putea fi și rezultatul mult mai atractiv din punct de vedere grafic.

### 17. Dacă ar fi să primiți gratuit doar una dintre cele două aplicații prezentate, pe care ați alege-o?

171 responses

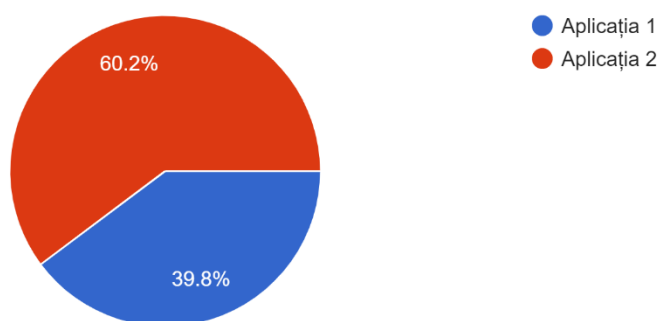


Figura 5.15 Preferință platformă

A fost realizat un studiu și cu un al doilea grup țintă compus din persoane care folosesc rar calculatorul sau au cunoștințe reduse (doar de bază) în acest sens. Astfel, s-au efectuat teste practice asupra platformelor cu 17 persoane, implicând tot procesul de creare și lansare a unor proiecte și s-au evaluat rezultatele prin 3 întrebări punctuale. Pentru o mai mare relevanță, rezultatele au fost îmbinate cu cele de la primul chestionar în cazul cadrelor didactice care au relatat o folosire rară a calculatorului.

Astfel s-a creat un grup de 27 persoane care folosesc calculatorul de câteva ori pe săptămână sau pe lună.

## 1. Cat de des folosiți calculatorul?

27 responses

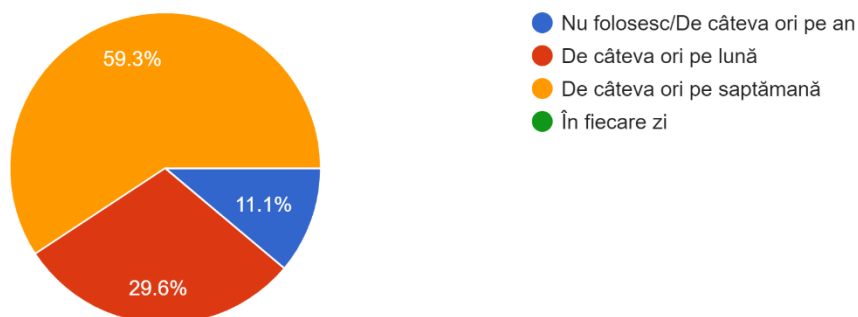


Figura 5.16 Grad de folosire al calculatorului în cazul grupului 2

Rezultatele au fost similare cu cele din primul chestionar, indicându-se un grad mediu spre ușor în folosirea Platformei 1 (Figura 5.17). Scara folosită a fost între 1 și 5, 1 reprezentând *Foarte ușor*, iar 5 *Foarte dificil*.

## 2. Cât de dificil vi se pare procesul de creare a jocurilor educaționale pentru Platforma 1?

27 responses

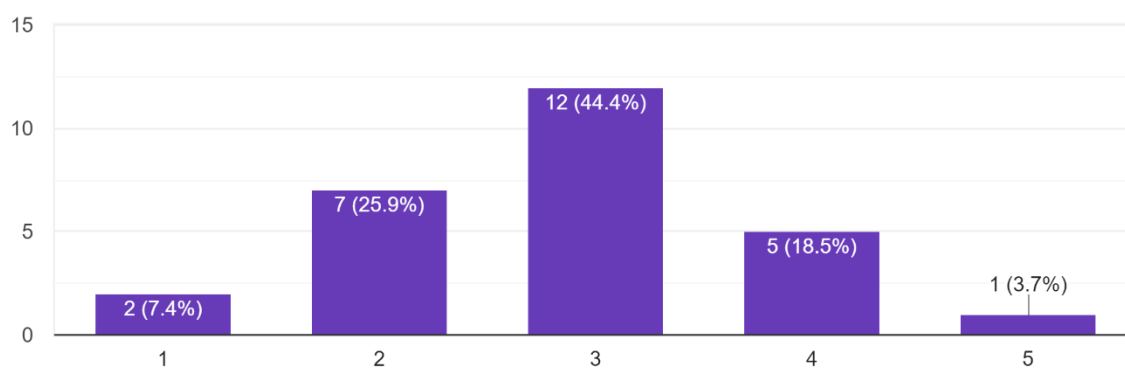


Figura 5.17 Dificultate percepută pentru Platforma 1 în cazul grupului 2

Rezultatele similare se pot observa și în cazul Platformei 2 (Figura 5.18). Similar, scara folosită a fost între 1 și 5, 1 reprezentând *Foarte ușor*, iar 5 *Foarte dificil*.

### 3. Cât de dificil vi se pare procesul de creare a jocurilor educaționale pentru Platforma 2?

27 responses

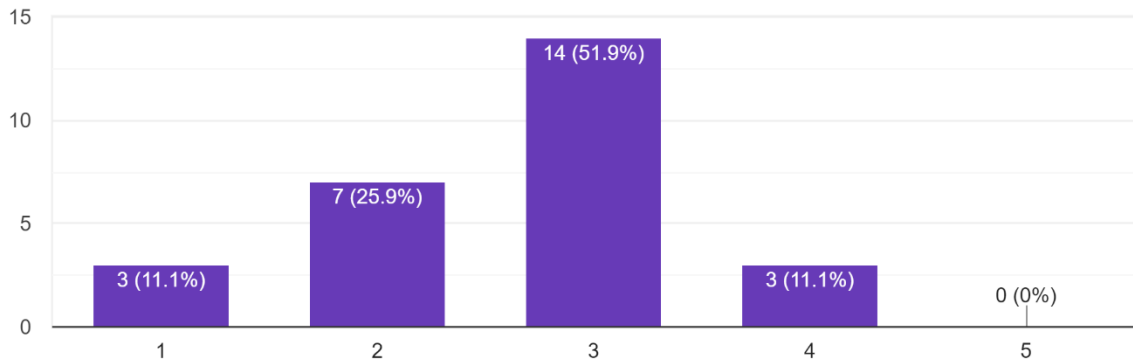


Figura 5.18 Dificultate percepută pentru Platforma 2 în cazul grupului 2

Concluzionând, rezultatele sunt în general pozitive, atât din perspectiva cifrelor prezentate mai sus cât și din părerile participanților: „*Tema abordată este de un real interes pentru sistemul educațional. Succes!*”, „*Aștept mai multe informații, dacă este posibil.*”, „*Am putea avea acces gratuit la aceste aplicații?*”. Peste 90% dintre participanții la chestionar au arătat interes cu privire la rezultatele cercetării și la utilizarea platformelor (Figura 5.19).

Doriți să primiți informații cu privire la rezultatele cercetării sau acces la aceste aplicații online? (dacă da, vă rog să lăsați și o adresă de email mai jos)

171 responses

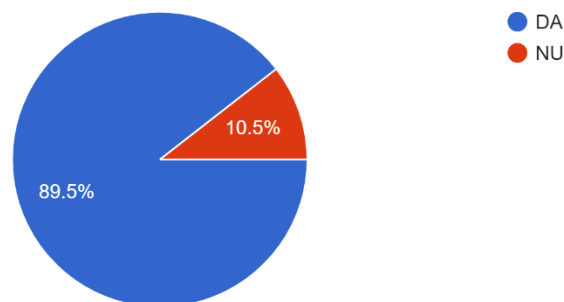


Figura 5.19 Interes în ceea ce privește utilizarea platformelor realizate

Au fost ridicate totuși și câteva probleme care trebuie luate în considerare, multe legate de aplicarea elementelor prezente în planul de învățământ: „*Este necesar ca aplicațiile să permită atingerea de obiective educaționale operaționale, derivate din curriculum. Deci, să fie flexibile și suficient de complexe.*”, „*Aplicațiile par a fi foarte utile dar trebuie văzut cum se pot integra în lecții*”, „*ar fi bun un exemplu concret de utilizare la o disciplină din planul cadru*”, elemente vizate pentru dezvoltări ulterioare.

De asemenea, și biblioteca de resurse și obiecte disponibile este sesizată ca un posibil impediment: „*La aplicația 2 credeți că puteți construi tot ceea ce poate cere cineva? Ați cerut laborator, extingător, clipboard... Dar cine știe de ce am eu nevoie la un moment dat?*”. Tocmai din acest motiv au fost prezentate și implementate modalități de extindere în cazul ambelor platforme.

## 6 Studiu de caz: introducerea aspectelor de gamificare în învățământul superior

În acest capitol se prezintă concepția și implementarea unui mediu educațional structurat ca un joc de rol 3D (RPG: role playing game), prin care se exemplifică modalități de gamificare aplicate în studiul unor subiecte avansate de nivel universitar. Astfel, utilizatorul, prin intermediul avatarului său, trebuie să rezolve diferite „quest”-uri pentru a progresa și a termina jocul. Fiecare quest este structurat astfel încât utilizatorul să rețină informații și să fie verificat prin activități interdisciplinare și interactive. Studentul (utilizatorul) trebuie să își folosească cunoștințele din diferite domenii, cum ar fi programarea orientată-obiect, programarea grafică sau crearea de rețele de comunicație pentru a progresa. Prin avatarul său, studentul poate dobândi abilități și poate debloca domenii pentru a-și folosi mai bine cunoștințele și abilitățile.

### 6.1 Cerințe funcționale

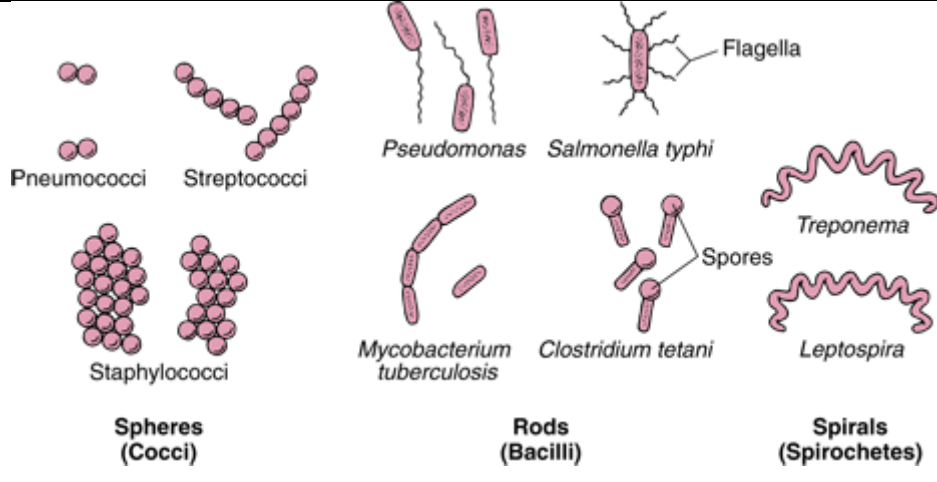
În continuare sunt descrise cerințele funcționale ale sistemului propus. În definirea acestora s-au luat în calcul mai mulți parametri:

- obiectivele educaționale vizate
- interactivitatea
- nivelul de interes pentru anumite tipuri de jocuri

În primul rând, obiectivele educaționale vizate sunt cele de predare și evaluare a unor topicuri avansate. În acest sistem ne propunem studierea prin gamificare a câtorva elemente din domeniul e-Health, curs multidisciplinar care se studiază la nivel de masterat în Facultatea de Automatică și Calculatoare, Universitatea POLITEHNICA București. Acest domeniu combină elemente de medicină, programare, rețelistică, protocoale de comunicație, realitate virtuală, inteligență artificială, securitate și altele, fiind foarte potrivit pentru actualul studiu de caz.

Avem în vedere următoarele elemente teoretice, prezentate în tabelul 6.1.

Cod	Element educațional
E1	Identificarea sau recunoașterea vizuală a structurii și a aspectului unor bacterii, care prezintă forme și culori diferite (Figura 6.1).

	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 6.1 Clasificare bacterii [132]</i></p>
E2	<p>Familiarizarea studentului cu diverse protocoale de comunicație în PAN (Personal Area Network) folosite în special în cazul dispozitivelor medicale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wifi</li> <li>- BLE (Bluetooth Low Energy)</li> <li>- Zigbee</li> </ul>
E3	<p>Cunoașterea și folosirea standardelor de terminologie, noțiuni legate de protocoale de comunicație sau structuri de documente folosite în e-Sănătate, ca HL7 sau CDA, sau noțiuni despre sistemele PHR (Personal Health Record), EMR (Electronic Medical Record) și EHR (Electronic Health Record), ce rezează, diferențe între ele și ce tipuri de documente se stochează în aceste sisteme medicale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SNOMED-CT<sup>93</sup> (Systemized Nomenclature of Medicine for Clinical Terms) - un nomenclator internațional, disponibil în mai multe limbi, cu cea mai cuprinzătoare terminologie clinică.</li> <li>- ICD-10<sup>94</sup> (International Classification of Diseases) - un catalog standardizat de clasificare a bolilor, folosit la nivel internațional, ce cuprinde simptome, semne și alte informații folosite în diagnosticare.</li> <li>- LOINC<sup>95</sup> (Logical Observation Identifiers Names and Codes) - un catalog de coduri asociate terminologiei medicale.</li> </ul> <p>Recunoașterea și citirea de informații de la diverse aparate medicale uzuale.</p>

<sup>93</sup> <http://www.snomed.org/>

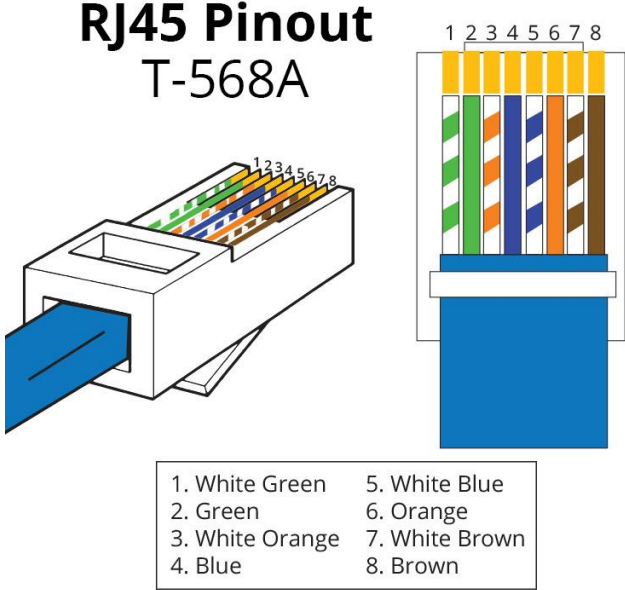
<sup>94</sup> <https://icd.who.int/browse10/2010/en>

<sup>95</sup> <https://loinc.org/>

E4	<p>Cunoașterea elementelor de securitate și confidențialitate a datelor cu aplicabilitate și în domeniul medical.</p> <p>Concepte de firewall, furt de identitate, deghizare și acces fizic neautorizat.</p> <p>Accesul neautorizat (sau hacking) la anumite sisteme se poate face în multe moduri, prin atacuri sistematizate:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eavesdropping / Man in the middle: atacatorul interceptează comunicația</li> <li>- Masquerading / Spoofing : atacatorul se recomandă ca o altă persoană</li> <li>- Phishing : atacatorul folosește diverse metode pentru a păcăli ținta în a-i furniza date confidențiale</li> </ul> <p>Concepte de GDPR<sup>96</sup> (General Data Protection Regulation) în ceea ce privește datele medicale. GDPR este un set de reguli definit la nivelul Uniunii Europene care asigură protecția datelor personale pentru toate persoanele fizice, cetățeni ai UE.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rectificarea datelor personale</li> <li>- Istoricul medical nu poate fi șters</li> </ul>
E5	<p>Concepte de transport securizat HTTPS prin certificate SSL validate de o autoritate competentă (CA) (Figura 6.2).</p> <pre> sequenceDiagram     participant Client as :Client     participant Server as :Server web     participant CA as :Autoritate     Client-&gt;&gt;Server: 1. HELLO, Inițiez cerere HTTPS     Server--&gt;&gt;Client: 2. Certificat SSL și cheia publică     Client-&gt;&gt;CA: 3. Verifică validitate certificat     CA--&gt;&gt;Client: 4. OK     Client-&gt;&gt;Server: 5. Cheie simetrică pentru sesiune     Server--&gt;&gt;Client: 6. ACK   </pre> <p>The diagram shows three lifelines: :Client (represented by a computer icon), :Server web (represented by server racks), and :Autoritate (represented by a padlock icon). The sequence of messages is as follows: 1. Client sends 'HELLO, Inițiez cerere HTTPS' to Server. 2. Server sends 'Certificat SSL și cheia publică' to Client. 3. Client sends 'Verifică validitate certificat' to Autoritate. 4. Autoritate sends 'OK' to Client. 5. Client sends 'Cheie simetrică pentru sesiune' to Server. 6. Server sends 'ACK' to Client.</p> <p style="text-align: center;"><i>Figura 6.2 Secvență stabilire conexiune HTTPS<sup>97</sup></i></p>

<sup>96</sup> [https://ec.europa.eu/commission/priorities/justice-and-fundamental-rights/data-protection/2018-reform-eu-data-protection-rules\\_en](https://ec.europa.eu/commission/priorities/justice-and-fundamental-rights/data-protection/2018-reform-eu-data-protection-rules_en)

<sup>97</sup> <https://www.digicert.com/ssl/>

E6	<p>Noțiuni hardware de rețelistică, cunoștințe de mufare corectă a unui cablu de rețea în format T568A</p> <div style="text-align: center;"> <h3>RJ45 Pinout T-568A</h3>  <table border="1" data-bbox="651 947 1034 1075"> <tr> <td>1. White Green</td> <td>5. White Blue</td> </tr> <tr> <td>2. Green</td> <td>6. Orange</td> </tr> <tr> <td>3. White Orange</td> <td>7. White Brown</td> </tr> <tr> <td>4. Blue</td> <td>8. Brown</td> </tr> </table> <p><i>Figura 6.3 Cablare RJ45 cu standardul T568A<sup>98</sup></i></p> </div>	1. White Green	5. White Blue	2. Green	6. Orange	3. White Orange	7. White Brown	4. Blue	8. Brown
1. White Green	5. White Blue								
2. Green	6. Orange								
3. White Orange	7. White Brown								
4. Blue	8. Brown								

Tabel 6.1 Lista de obiective educaționale

Așadar jocul propus trebuie să ofere utilizatorilor funcționalități cât mai diverse și mai autentice care să simuleze pe cât posibil obiectivele educaționale prezentate prin experiențe interactive. Astfel, jocul ar trebui să fie unul experiențial, atractiv, cu o lume sau un univers cât mai deschis.

Într-un mediu virtual experiențial, imersiunea joacă un rol foarte important. În acest sens, studiind mai multe forumuri de discuții și articole [133] [134] [135] [136] reiese că, într-o majoritate covârșitoare, tipul de joc în care utilizatorii sunt cel mai adânc imersați îl reprezintă RPG-urile (Role Playing Game). Altă categorie, rar întâlnită, ar fi simulatoarele de zbor, roboți, nave etc. Ca mediu de joc, deși jocurile VR (realitate virtuală) sau MMO (Massive Multiplayer Online) sunt în topuri, cele mai preferate de jucători ca nivel de imersiune sunt cele „single player” cu o poveste sau mecanici de joc foarte captivante.

<sup>98</sup> <https://www.showmecables.com/blog/post/rj45-pinout/>



Studiul efectuat în cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare cu studenți de masterat, prezentat în capitolul 1 al lucrării, a confirmat același rezultat, folosirea unui joc RPG sau a unor quiz-uri interactive fiind preferințele de top ale participanților.

Luând în considerare toate cele prezentate mai sus, tipul jocului a fost ales a fi un RPG, iar pentru implementare și redarea conținutului educațional se vor folosi *Quest*-uri.

Astfel, utilizatorul va controla un avatar dintr-o perspectivă de persoana I (First Person) asupra jocului, observând lumea numai prin ochii săi. Jocul se desfășoară în timp real, iar spațiul jocului este în totalitate 3D (tridimensional), simulând o lume virtuală similară cu cea reală.

Modalitățile de control al avatarului:

- Deplasarea avatarului se va face cu tastele direcționale sau prin combinația uzuală WASD (W – înainte, S – înapoi, A – stânga, D – dreapta)
- Controlul camerei se va face folosind mouse-ul (rotirea mouse-ului va roti practic vederea asupra scenei, similar cu percepția naturală)
- Avatarul poate efectua sărituri prin apăsarea tastei SPACE
- Avatarul poate ataca prin apăsarea butonului 1 al mouse-ului
- Avatarul poate interacționa cu alte elemente din joc prin apăsarea tastei E (poate ridica obiecte, poate conversa etc.)
- Pe tastele numerice 1,2,3 etc. se vor putea accesa abilități speciale

Pentru definirea quest-urilor se va pleca de la obiectivele educaționale definite mai sus. Astfel, se vor avea în vedere următoarele criterii sau metode de realizare:

- Activitate experiențială: avatarul poate să experimenteze practic conceptul sau procesul teoretic.
- Relații cauză-efect: activitatea sau modificările aduse de avatar vor avea un efect în scena jocului.
- Alegeri: avatarul va avea mai multe posibilități de rezolvare a unui Quest.
- Recompense: fiecare acțiune a avatarului va fi recompensată prin acumularea de experiență, obiecte, abilități sau altele; de asemenea, în funcție de rapiditatea, performanța realizată sau soluția aleasă recompensele pot varia.

Astfel, s-au definit o serie de quest-uri corelate cu obiectivul educațional, prezentate în tabelul următor (Tabelul 6.2).

Cod	Obiectiv	Descriere
Q1	E1	<p>Elimină bacterii - avatarul trebuie să caute și să identifice bacterii și să le elimine. La fiecare accesare sunt formulate alte cerințe.</p> <p>Exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elimina 5 bacterii de tip streptococ.</li> <li>- Elimina 2 bacterii de tip stafilococ.</li> <li>- Elimina 3 bacterii de tip salmonella.</li> </ul> <p>În cazul în care se elimină alte tipuri de bacterii va fi depunctat.</p>
Q2	E2	<p>Ajutor pentru transmitere date - avatarul trebuie să caute și să solicite ajutor pentru transmiterea de date în spital. Astfel, pentru comunicațiile uzuale trebuie să vorbească cu Steve Wifi, iar pentru cele de la sistemele din saloane cu John BLE sau Nathan Zigbee.</p>
Q3	E3	<p>Transport rapoarte - avatarul trebuie să adune rapoarte de la diverse entități (medici, pacienți, secretariat) și să le transporte în funcție de cerere. Rapoartele sunt criptate, astfel încât nu se va putea consulta conținutul. Cererea va fi de fiecare dată variabilă.</p> <p>Exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transportă 5 rapoarte de la pacienți la arhivistul PHR</li> <li>- Transportă 3 rapoarte de la doctor la arhivistul EMR</li> <li>- Transportă 2 rapoarte de istoric medical de la arhivistul EHR la doctor</li> <li>- Transportă 5 rapoarte de la chimist la arhivistul EHR</li> </ul> <p>Dacă documente vor ajunge în locația greșită va fi depunctat.</p>
Q4	E3, E4	<p>Completare fișă pacient - avatarul trebuie să ajute un doctor cu anumite elemente pentru a completa fișă pacientului. Astfel, trebuie să preia consimțământul pacientului pentru prelucrarea datelor, să completeze</p>

		<p>codurile corecte și termenii clinici pentru diagnosticele puse de medic și să completeze cu valorile curente ale unor aparate de măsurare a parametrilor pacientului. Astfel, avatarul trebuie să viziteze pacientul, să identifice și să citească valori de la diverse aparate, dar și să caute coduri în nomenclatoare.</p> <p>Recompense se vor acorda în funcție de corectitudinea și de rapiditatea finalizării.</p>
Q5	E4	<p>Teste de certificare – avatarul trebuie să testeze aspectele de securitate și confidențialitate în vederea certificării. Astfel, el trebuie să descopere vulnerabilități în ceea ce privește securitatea accesului în clădire sau în anumite săli, gradul de confidențialitate al datelor, panouri informative și altele.</p> <p>Recompense se vor acorda în funcție de cât de multe vulnerabilități reușește să găsească și în funcție de timpul de realizare al Quest-ului.</p>
Q6	E5	<p>Transport securizat - avatarul trebuie să realizeze un transport securizat. Pentru a realiza acest lucru trebuie să ia de la destinatarul care solicită transportul o cheie secretă. Avatarul trebuie să elibereze un certificat de transport de la o autoritate competentă. Apoi, revine să efectueze efectiv transportul primind un permis simetric cu care va prelua transportul de la client și îl va aduce la destinatar.</p> <p>Avatarul va avea la îndemână mai multe metode de criptare și securizare, cât și mai multe autorități. Recompensele vor varia în funcție de alegerile făcute.</p>
Q7	E6	<p>Preluare pachet internet – avatarul trebuie să preia un pachet dintr-un depozit numit <i>Internet</i>. Astfel, pentru acces în depozit acesta să aranjeze 8 elemente în ordinea corectă a culorilor potrivit standardului T568A.</p>

Tabel 6.2 Lista de Quest-uri corelate cu obiectivele educaționale

Pentru derularea jocului, studentul, prin avatarul său, va prelua Quest-uri pe care trebuie să le rezolve pentru a aduna punctaj și experiență. Experiența se dobândește la orice interacțiune a avatarului, pe când punctajul se acumulează doar la finalizarea cu succes a unui Quest. Acești

doi indicatori pot oferi atât beneficii directe avatarului în joc, cât și informații importante ce se vor cumula în evaluarea studentului.

Pentru a putea funcționa pe bază de Quest-uri, mai definim următoarele cerințe funcționale:

- Hartă: utilizatorul va avea la dispoziție atât un sistem de navigație limitat sub forma unui Minimap, care va fi afișat în permanență, cât și întreaga hartă a jocului prin accesarea meniului de Harta.
- Interacțiuni cu obiectele: utilizatorul va putea interacționa cu obiectele și cu alte personaje din joc prin apăsarea unei taste, atunci când avatarul este suficient de aproape.
- Inventar: utilizatorul va putea accesa un inventar în care se pot stoca diverse obiecte 3D folosite pentru avatar, cu o limită de maxim 25 de obiecte. Inventarul se va putea accesa pe o tastă sau un buton predefinit.
- Quest-uri: utilizatorul va putea prelua quest-uri de la NPCs(Non-Playable Characters: personaje care nu poate fi controlate de jucător) special configurate, va putea vedea progresul unui quest și va putea finaliza quest-uri și primi recompense. Informații despre quest-urile actuale se vor putea accesa pe o tastă sau un buton predefinit.
- Dialog: utilizatorul va putea dialoga cu alte personaje din joc, de tip NPC. Secvențele de dialog care se pot accesa sunt prestabilite și se inițiază când avatarul se află în proximitate și accesează butonul definit pentru interacțiunea cu obiectele.
- Atac/luptă: utilizatorul va putea ataca diverși inamici. În momentul în care este angajat în luptă, o bară care indică viața rămasă va fi afișată deasupra inamicilor.
- Sistem de abilități: utilizatorul va putea accesa o serie de abilități speciale care îl pot ajuta în rezolvarea de quest-uri sau în aventura avatarului în joc.
- Autentificare și profil: utilizatorul se va putea autentifica în sistem pentru a avea o experiență personalizată și pentru a i se putea urmări în mod unic progresul.
- Inamici: sistemul va dispune de inamici inteligenți, care vor putea ataca avatarul în diverse condiții, cum ar fi intrarea într-o zonă de proximitate sau ca reacție la un anumit eveniment.
- Vizualizare puncte experiență acumulate în joc și scor: sistemul va dispune de o funcționalitate de acumulare și afișare a experiențelor și a scorului, integrată și cu un LMS (Learning Management System).

Pentru o vedere de ansamblu asupra funcționalităților s-a realizat o diagramă de context (Figura 6.4).

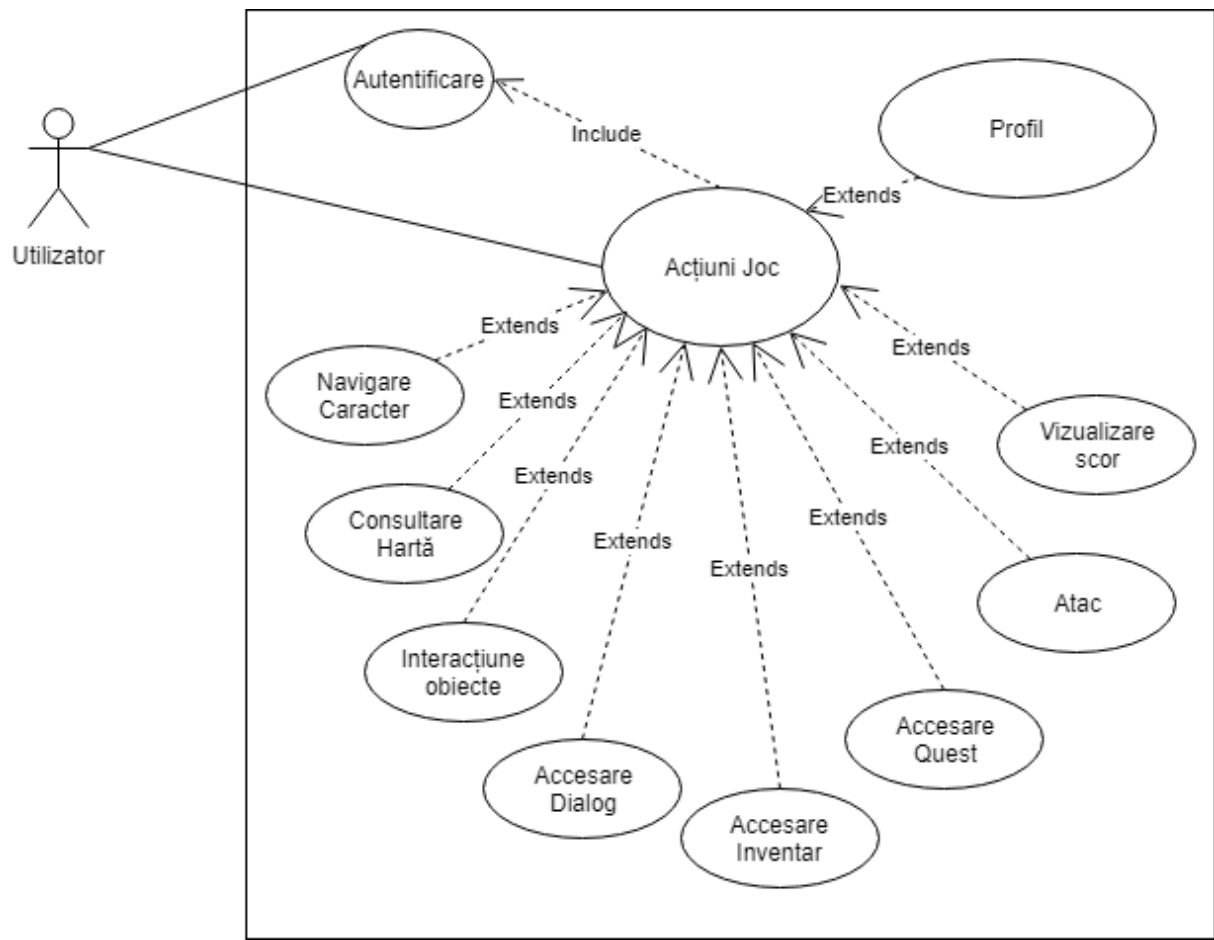


Figura 6.4 Diagramă de context

Pentru definirea interfeței grafice au fost luate în considerare următoarele aspecte:

- jocul va fi implementat atât pentru variantă PC cât și pentru Realitate Virtuală;
- tipul jocului este RPG;
- utilizatorul controlează un sigur personaj (avatarul său);
- avatarul poate interacționa cu obiecte: le poate ridica, le poate căra, le poate arunca;
- avatarul poate interacționa cu diverse personaje NPC din joc;
- vor exista inamici cu care avatarul va avea sesiuni de luptă;
- avatarul poate câștiga puncte prin rezolvarea anumitor cerințe; la trecerea de anumite praguri de scor va primi recompense speciale;
- avatarul are un inventar în care poate adăuga obiecte.

Prototiparea interfeței cu utilizatorul s-a făcut folosind aplicația Balsamiq Mockups, un utilitar ce permite aranjarea rapidă în pagină a elementelor grafice.

Ca mod de lucru, am folosit o metodă inovativă prezentată pe blogul Balsamiq, într-un articol care face un studiu de caz la prototiparea jocurilor folosind acest utilitar<sup>99</sup>. Într-un prim pas, neavând creat un spațiu de joc, am folosit ca imagine de fundal o captură cu o pădure în Unity și am suprapus un nivel de interfață grafică din joc (Figura 6.5).

Astfel, am reprezentat în primul rând așezarea și dimensionarea zonelor de interes din interfața cu utilizatorul fixă, care este poziționată independent de scenă cum ar fi:

- Minimap,
- Bara de viață a personajului,
- Inventarul,
- Bara de abilități,
- Scorul și experiența personajului.

Apoi, am considerat și cazurile în care avem elemente de interfață relative la scenă, cum ar fi inamici, interacțiuni cu obiecte sau cu NPC-uri prin dialog.



Figura 6.5 Prototip interfață cu utilizatorul

<sup>99</sup> <https://blog.balsamiq.com/game-designers/>

## 6.2 Arhitectură

Am luat în considerare folosirea unui motor grafic deja dezvoltat care să asigure majoritatea funcționalităților de bază pentru un prototip.

Astfel, s-au studiat două dintre cele mai folosite platforme de dezvoltare de jocuri și au fost analizate mai multe caracteristici relevante pentru dezvoltarea acestui joc:

- Prototipare / Bootstrap: cât de repede se poate începe dezvoltarea jocului de la zero cu funcționalitățile de bază asigurate – un personaj controlabil, scenă, lumini și coliziuni.
- Level design: ușurința de definire a scenelor de care avem nevoie.
- Scripting pentru interacțiuni: cum se pot controla interacțiunile de bază.
- Extensibilitate: cum se pot programa elemente personalizate avansate.
- Runtime scripting: cum se pot crea de către jucător mici programe/scripturi în joc.
- Interfață grafică: cum se creează o interfață grafică complexă.
- Animații: cum se pot crea și controla animații ale personajelor sau ale obiectelor din joc.
- Clipuri: cum se pot crea clipuri cu secvențe din joc.
- Deployment: pentru ce platforme se poate dezvolta.
- Calitate: calitatea grafică a rezultatului.

În tabelul 6.3 este prezentată o scurtă comparație ținând cont doar de elementele vizate.

<b>Caracteristici</b>	<b>Unreal Engine 4</b>	<b>Unity 2018</b>
Prototipare / Bootstrap	Prototipare foarte rapidă folosind template-uri de jocuri deja configurate.	Prototiparea rapidă se face mai greoi, fiind puse la dispoziție doar câteva exemple și tutoriale de jocuri gata făcute.
Level design	Crearea scenei de joc se face din interfața editorului UE4 și presupune interacțiune drag & drop de elemente.	Crearea scenei de joc se face din interfața editorului Unity și presupune interacțiune drag & drop de elemente.

Scripting Interacțiuni	Scripting de bază foarte rapid prin programare vizuală Blueprint.	Scripting prin programare C#.
Extensibilitate	Definirea de noi funcționalități personalizate este mai complicată, necesitând programare în C++ și cunoașterea foarte bună a întregului ecosistem.	Toate funcționalitățile se programează în C#, unde există acces complet la API-ul intern al motorului grafic.
Runtime Scripting	Nu există variante sau funcționalități deja dezvoltate.	Există mai multe module dezvoltate care permit folosirea de scripting la runtime în Lua sau C#.
Interfață grafică	Foarte ușor de definit prin folosirea de widget-uri UI.	Foarte ușor de definit prin elemente speciale de Canvas.
Animații	Definirea de animații se face foarte ușor din Blueprint-uri de animație.	Definirea de animații se face foarte ușor din utilitarele de Animator și Animation.
Clipuri	Clipuri video create foarte ușor prin folosirea utilitarului Matinee.	Clipuri video se pot crea foarte ușor prin folosirea utilitarului Cinemachine.
Deployment	Proiectul este ușor adaptabil și poate fi publicat pe orice platforma (PC, mobil, browser) fără modificări majore.	Proiectul este ușor adaptabil și poate fi publicat pe orice platforma (PC, mobil, browser) fără modificări majore.



Calitate	Calitatea și realismul rezultatelor sunt la un standard ridicat.	Calitatea și realismul rezultatelor sunt la un standard ridicat.
----------	--	--

*Tabel 6.3 Comparatie Unreal Engine 4 și Unity 2018 în vederea dezvoltării unui joc RPG*

Deși Unreal Engine permite o prototipare mai rapidă a unor elemente simple de joc, a fost ales Unity ca soluție deoarece interacțiunile personalizate devin complexe și sunt realizate mai ușor prin sistemul de scripting direct al Unity, având astfel un control mai mare asupra extensibilității.

Un alt motiv a fost acela al absenței de resurse și documentație în ceea ce privește rularea sau programarea de scripturi în timpul rulării jocului (runtime scripting) în cazul Unreal Engine.

Pornind de la cerințele funcționale, au fost definite următoarele componente (Figura 6.6):

- **Avatar** – componentă responsabilă de controlul avatarului, al mișcării, animației și interacțiunilor de bază ce îl vizează. Comunică cu aproximativ toate celelalte componente, fiind una dintre componentele centrale ale jocului.
- **Cameră** – componentă responsabilă de controlul camerei. Reacționează la mișcarea și rotirea avatarului.
- **Hartă** – componentă responsabilă cu menținerea și afișarea de hărți.
- **Scenă** – componentă responsabilă de menținerea scenei și de interacțiunile din aceasta.
- **Inventar** – componentă responsabilă cu stocarea de obiecte în inventarul personajului, afișarea inventarului și persistența acestuia.
- **Quest** – componentă responsabilă cu asignarea și preluarea de sarcini, cât și de verificare în permanență a progresului.
- **NPC** – componentă responsabilă cu gestionarea interacțiunilor cu personajele din joc, a dialogurilor și a comportamentului acestora.
- **Luptă** – componentă responsabilă cu gestionarea sistemului de luptă: identifică și gestionează atacurile, actualizează viața personajelor, etc.
- **Abilități** – componentă responsabilă cu atribuirea de abilități, gestionarea, folosirea și efectele acestora.
- **Inamici** – componentă responsabilă cu gestionarea interacțiunilor cu inamicii din joc și a comportamentului acestora, inclusiv a elementelor de inteligență artificială.

- **Profil** – componentă responsabilă cu gestionarea profilului utilizatorului, care va avea elemente de identificare educațională: facultate, an, grupa, imagine, etc.
- **Autentificare** – componentă responsabilă de autentificarea utilizatorului în sistem.

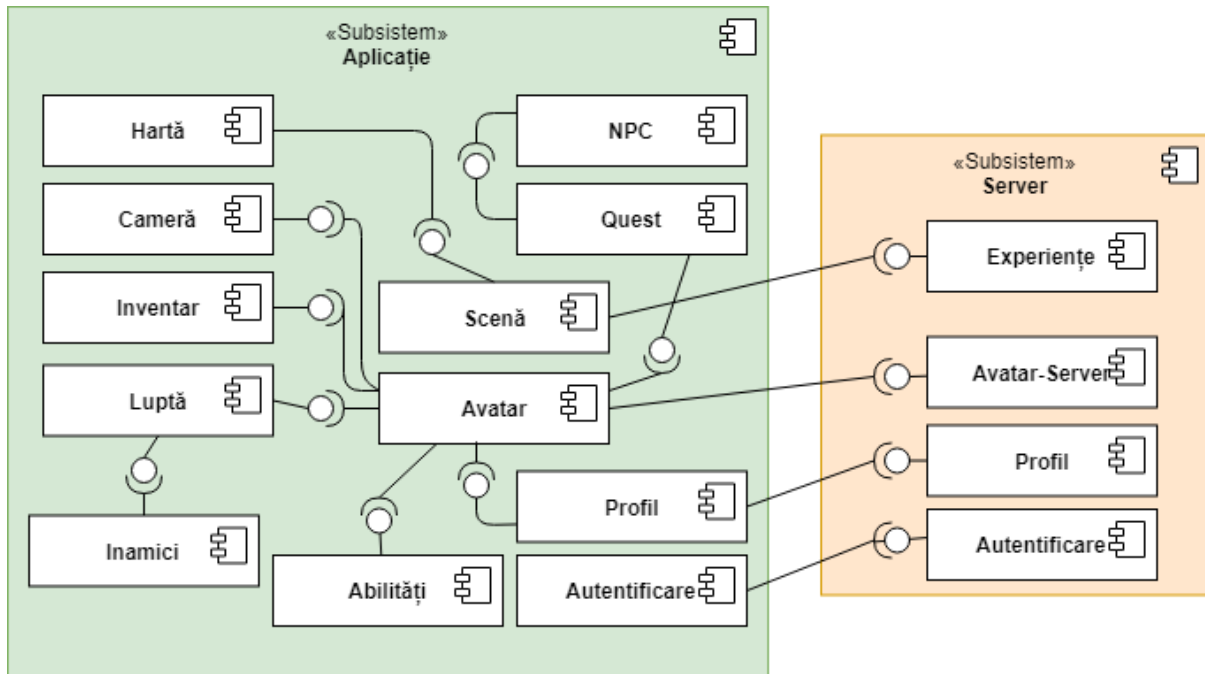


Figura 6.6 Diagrama de componente

Întrucât sistemul de joc va comunica și cu alte entități pentru salvarea experiențelor, autentificare, profil și alte elemente de persistență au fost definite și componentele unui server care să acopere aceste funcționalități:

- **Autentificare:** componentă server responsabilă de autentificarea utilizatorului în sistem.
- **Profil:** componentă server care va furniza și va persista datele legate de profilul utilizatorului.
- **Experiențe:** componentă care va salva fiecare experiență a avatarului în joc, folosind specificațiile xAPI, implementată de un sistem LRS.
- **Avatar-server:** componentă server care va furniza și va stoca serializat informațiile legate de avatarul utilizatorului în joc: scor, experiență, inventar, quest-uri, etc.

Arhitectura este una de tip client-server. Serverul va asigura doar persistența unor date. Astfel, comunicarea se va face într-un mod simplu, prin HTTP folosind mesaje în format JSON.

Serverul pune la dispoziție accesarea de resurse printr-un API de tip REST. Există o bază de date simplă, MySQL, în care se persistă datele legate de avatar, profil și utilizator (Figura 6.7).

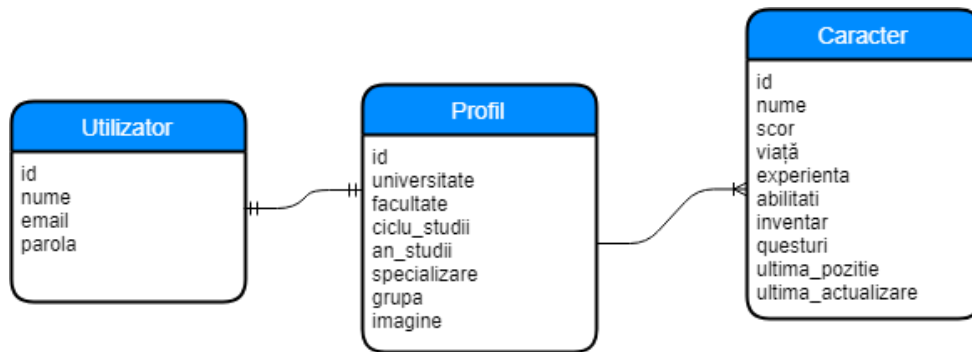


Figura 6.7 Diagrama de entități a bazei de date

Distribuția componentelor pe dispozitive fizice este prezentată în Figura 6.8.

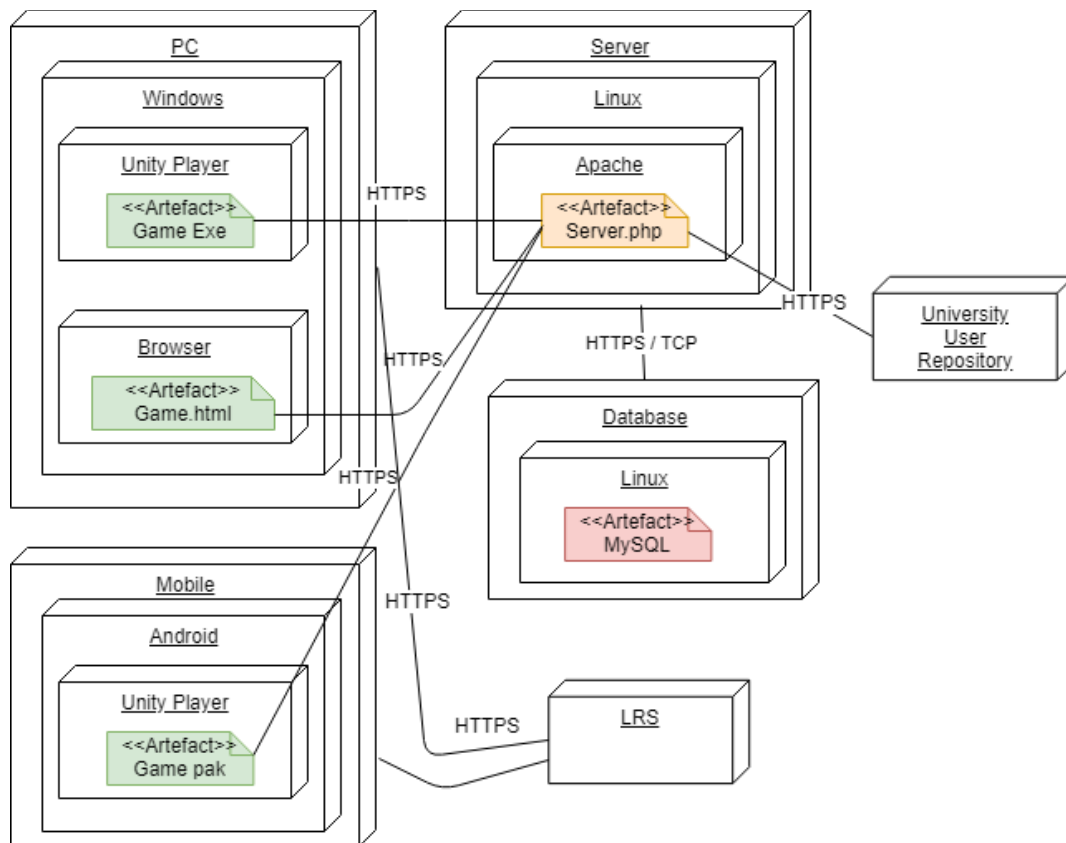


Figura 6.8 Diagrama de distribuție

## 6.3 Implementare

Implementarea sistemului cuprinde două mari părți, corespondente subsistemelor prezentate în schema arhitecturală: clientul de joc, realizat în Unity și serverul realizat în PHP.

S-a pornit cu realizarea contextului scenei prin implementarea zonelor de joc, a mediului ambiental, a clădirilor și a personajelor relevante. Pentru aceasta s-au folosit în principal pachete Unity gratuite din Asset Store, dar și alte resurse.

Pentru realizarea personajelor din joc s-a folosit Mixamo<sup>100</sup>, o colecție gratuită de modele 3D umanoide și animații care pot fi aplicate, pusă la dispoziție de Adobe. Deși aplicația permite descărcarea obiectelor în format OBJ, FBX sau DAE, toate compatibile cu Unity, nici unul dintre aceste formate nu permite importarea directă a unui personaj animat corect. Mai mult, Mixamo nu permite aplicarea mai multor animații asupra personajelor. Din aceste motive, s-au folosit următorii pași:

1. S-a importat avatarul utilizatorului cu texturi, în poziția standard de T, în format FBX (Figura 6.9).



Figura 6.9 Avatar în poziție standard T

2. Întrucât Unity nu poate recunoaște automat elemente de transparență din personaj (de exemplu din păr), acesta importă personajul și afișează implicit toate texturile cu transparență, apărând astfel artefacte (Figura 6.10).

---

<sup>100</sup> <https://www.mixamo.com/>



Figura 6.10 Artefacte generate de transparența texturilor

Pentru a rezolva acest lucru, trebuie ca fiecare material folosit să fie setat la transparența corectă, în general folosindu-se modul de afișare opac (*Opaque*), iar în cazul părului modul de tranziție (*Fade*). Pentru a realiza acest lucru trebuie în primul rând extrase materialele și texturile din FBX.

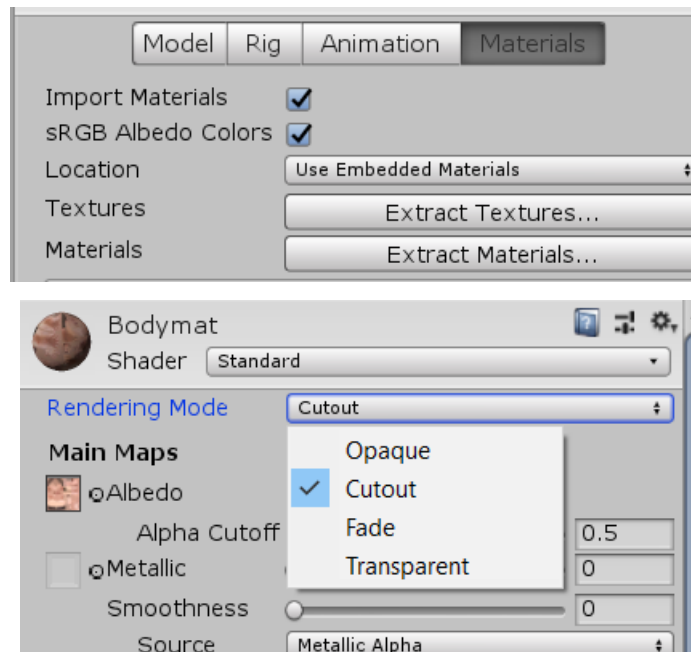


Figura 6.11 Configurarea modalității de redare a materialelor în Unity

3. Pentru fiecare animație dorită s-au exportat animațiile fără texturi din Mixamo și s-au importat în Unity ca animații umanoide (*Humanoid*).

Animațiile au fost organizate în mai multe straturi și stări. Stratul pentru mișcarea de bază folosește un Blend Tree care interpolatează animațiile atunci când avatarul se află între două animații (Figura 6.12).

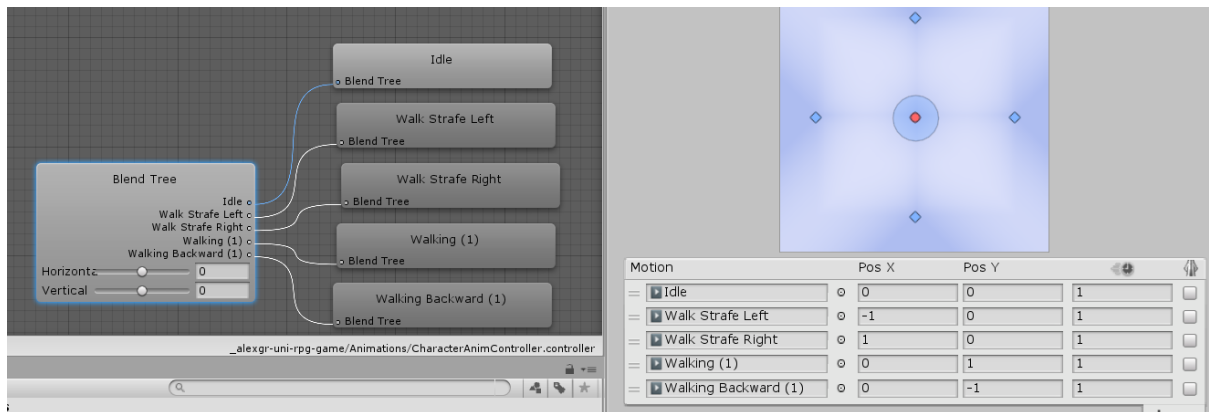


Figura 6.12 Interpolarea animațiilor pentru mișcarea avatarului

Straturile de atac și interacțiune modifică doar anumite zone ale corpului, folosindu-se în acest sens de măști pentru animații (*Avatar Mask*), fiecare layer în afară de cel de bază afectând doar elementele menționate în mască (Figura 6.13). De exemplu, dacă avatarul cară un obiect în ambele mâini, se va folosi animația de bază pentru mers în partea de jos a corpului, și poziția de cărat obiecte în partea de sus a corpului.

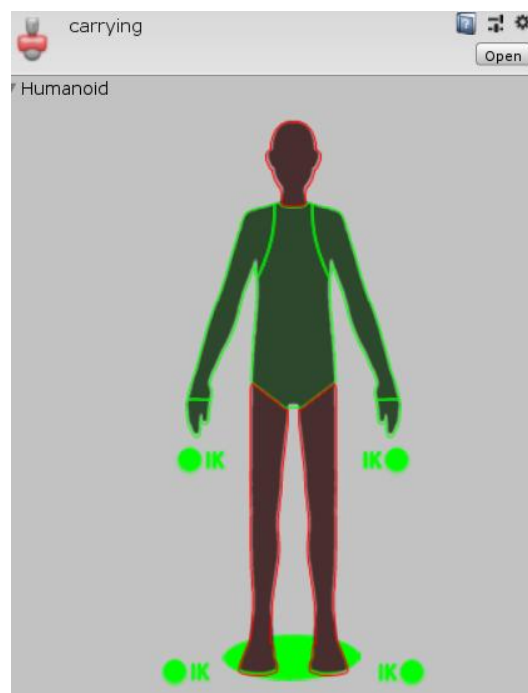


Figura 6.13 Mască pentru interpolarea animațiilor avatarului în Unity

Pentru realizarea interacțiunilor și a elementelor interactive din joc, s-au implementat scripturi în C# care acoperă componentele software definite.

Componenta Avatar a fost implementată printr-un set de clase corelate: o clasă Singleton care menține instanța personajului și referințe la restul de clase care au legătură cu avatarul, clase pentru controlul mișcării personajului, pentru controlul camerei și altele.

S-au definit două clase de bază pentru gestionarea interacțiunilor cu obiectele: *Item* care reprezintă obiectele pe care avatarul le poate folosi și *Interactable* care reprezintă obiectele cu care avatarul poate interacționa.

Pentru implementarea componentei de Quest s-au definit clase abstracte pentru:

- *Quest*: clasa principală a unui quest, care are ca atribute un titlu, descriere, statusul și liste de obiective și recompense. Conține metode de verificare a progresului.
- *Goal*: clasă abstractă care definește un obiectiv de îndeplinit. Conține metode de evaluare și finalizare a unui obiectiv. Pe baza ei s-au implementat diferite clase specifice pentru obiective ca Transport, Ajutor, Eliminare etc.
- *Reward*: clasă abstractă care definește recompensele. Conține o metodă de aplicare a recompensei. Pe baza ei s-au implementat diferite recompense și moduri de aplicare în funcție de performanța jucătorului (de exemplu dacă jucătorul a terminat quest-ul într-un timp suficient de scurt, primește mai multe recompense, sau dacă a avut o abordare mai complexă).

Pe baza acestor clase s-au implementat patru Quest-uri acoperind o parte din cele definite în cadrul cerințelor funcționale.

Într-un prim Quest personajul trebuie să caute și să identifice bacterii. Aceștia îi sunt prezentate diverse tipuri de bacterii, pe care trebuie să le caute, și să le distrugă (Figura 6.14).

Modele 3D pentru bacterii au fost realizate direct în Unity folosind primitive. Fiecare bacterie este implementată ca un inamic, având o bară de viață, animații și elemente de inteligență artificială simplă: dacă intră în raza lor de acțiune acestea vor urmări și vor ataca personajul principal.



Figura 6.14 Quest în desfășurare - eliminare bacterii

Un alt Quest implementat presupune preluarea unor date de pacient și comunicarea lor în format standardizat. Astfel, avatarul trebuie să preia informații de la un medic, să caute terminologii în nomenclatoare medicale, să găsească documente potrivite pentru transportul și stocarea datelor, și să livreze corect aceste date (Figura 6.15).

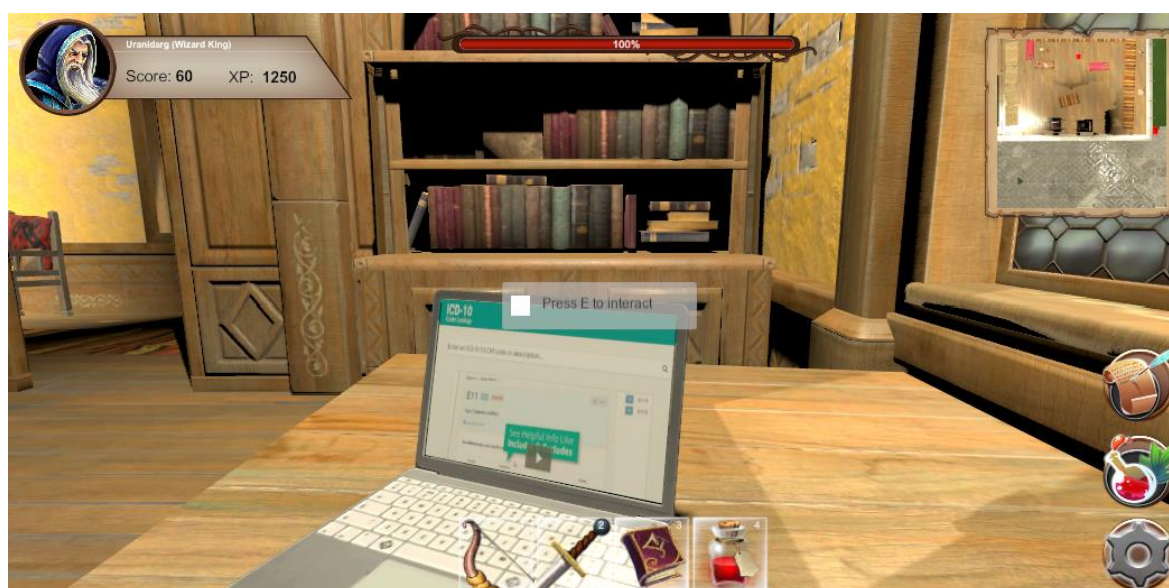


Figura 6.15 Quest în desfășurare – căutare în nomenclator.

Un alt Quest are în vedere descoperirea de vulnerabilități în spital, cum ar fi prezența numelor de pacienți pe panouri asociate cu diagnostice, biletele de externare cu CNP și nume lăsate pe birouri, monitoare cu nume de pacient și cabinetele la care sunt programați sau parola de acces în rețeaua WiFi a spitalului lăsată la vedere sau acces liber în locuri nepermise (Figura 6.16).



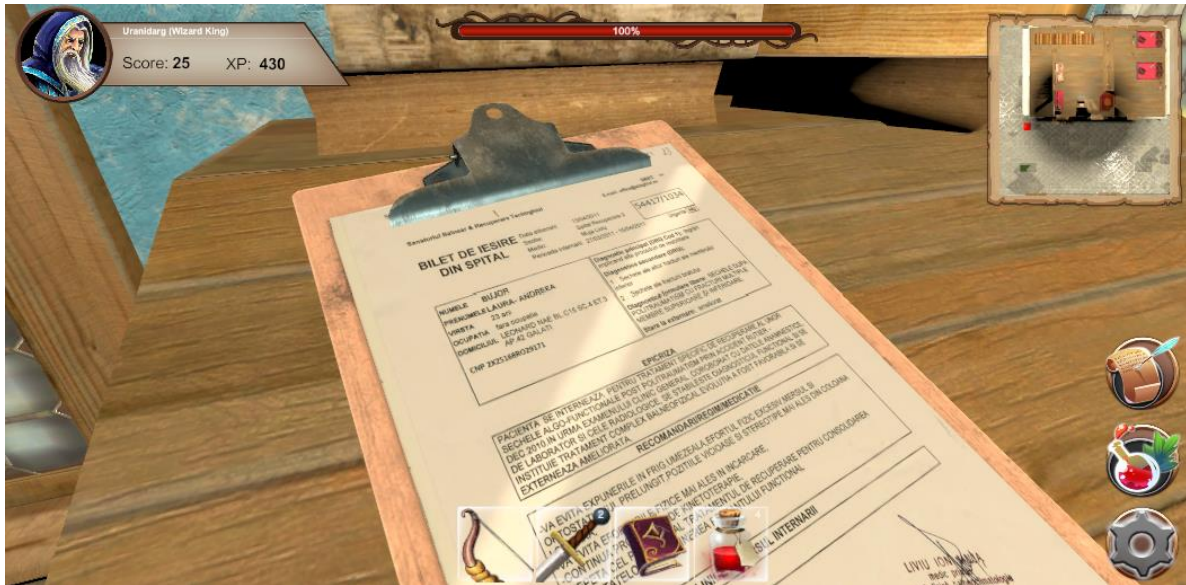


Figura 6.16 Quest în desfășurare. Confidențialitate și vulnerabilități

Ultimul Quest este compus din două părți. Prima parte presupune stabilirea unei conexiuni și vizează noțiuni de rețelistică hardware, prezentându-se cunoștințe de mufare corectă a unui cablu de rețea în format T568A. A doua parte pre pune parcurgerea pașilor de securizare a unei conexiuni HTTPS.



Figura 6.17 Quest în desfășurare. Conexiuni și transport securizat

Astfel, jucătorului i se prezintă informațiile teoretice și trebuie în primul rând să aranjeze 8 elemente în ordinea corectă a culorilor potrivit standardului T568A (Figura 6.17). Acest lucru îi va permite să preia un pachet dintr-o cameră denumită *Internet* și să urmeze pașii de

securizare prin preluarea de certificat și cheie publică în inventar, validare și livrare folosind o cheie simetrică pentru a finaliza Questul.

În ceea ce privește interfața grafică, s-au implementat elemente de minimap, bară de viață pentru inamici și personaj, inventar, dialog și informații despre scor, experiență și Quest-uri.

Există de asemenea implementate informații contextuale afișate la apropierea și centrarea camerei pe un obiect cu interacțiune disponibilă (Figura 6.18).



Figura 6.18 Meniu informații contextuale

S-a implementat o scenă separată de Main Menu, care este punctul de intrare în accesarea aplicației și conține un formular de autentificare a utilizatorului.

Comunicarea cu serverul se face din fiecare componentă în parte, prin cereri HTTP cu obiecte serializate în format JSON.

Pentru urmărirea progresului în joc, fiecare interacțiune din clasa *Interactable* generează o experiență și deci o cerere HTTP către Watershed LRS care salvează experiența în format xAPI.

Orice interacțiune care se consideră a dobândi experiență este salvată. Interacțiunile pe care le poate face personajul, transpunerea în xAPI și relevanța acestora în contextul educațional sunt prezentate în tabelul 6.4.

<b>Interacțiune</b>	<b>Relevanță educațională</b>	<b>Verbe xAPI</b>	<b>Activități xAPI</b>
Discuția cu un NPC	Aflarea și reținerea de informații	<i>interacted</i>	<i>Interaction</i>
Preluarea unui Quest. Presupune unul sau mai multe obiective.	Marchează începutul unei secvențe educative.	<i>accepted</i> <i>started</i>	<i>Task</i> <i>goal</i>
Rezolvarea unui Quest. Presupune rezolvarea tuturor obiectivelor și primirea de recompense.	Marchează finalizarea cu succes a unei secvențe educative.	<i>completed</i> <i>received</i>	<i>Objective</i> <i>reward</i>
Mișcarea sau interacțiunea cu un obiect (de exemplu deschiderea unei uși, ridicarea unei cutii etc.)	Poate marca o abordare în rezolvarea unei sarcini	<i>interacted</i>	<i>Interaction</i>
Eliminarea unui inamic	Poate marca o abordare în rezolvarea unei sarcini	<i>interacted</i>	<i>Interaction</i>
Parcurgerea/accesarea unei anumite regiuni/locații	Poate marca acumularea de informații sau progresul într-un anumit Quest	<i>accessed</i> <i>was at</i>	<i>place</i>

Tabel 6.4 Relevanța interacțiunilor de joc în context educațional

Tot în Watershed se pot consulta și rapoartele legate de activitatea utilizatorilor, momentan cu scopul de a analiza rezultatele și de a îmbunătăți modalitatea de expunere a materialului didactic, dar și pentru a personaliza jocul. Desigur, se poate integra ca activitate într-un plugin Moodle după cum a fost prezentat și în capitolele anterioare pentru evaluare de către fiecare profesor în parte.

În momentul interacțiunii se va trimite de asemenea și o cerere asincronă HTTP către server care salvează informațiile și starea personajului, pentru a putea relua jocul din punctul în care s-a ajuns.

Serverul este implementat în PHP, folosind framework-ul Laravel. În server au fost implementate componentele de autentificare, profil și personaj. Acestea pun la dispoziție o serie de metode accesibile printr-un API de tip REST.

Completarea datelor educaționale din profilul utilizatorilor s-a realizat printr-un import manual în baza de date, întrucât nu există o metodă software sau un API disponibil pentru preluarea acestora direct.

Autentificarea utilizatorilor în sistem se face prin conectarea la sistemul LDAP al universității. Acest lucru s-a realizat folosind *adldap2/adldap2-laravel*<sup>101</sup> versiunea 3.0, o integrare în Laravel a unei biblioteci PHP open-source care implementează această funcționalitate. Sistemul a fost configurat astfel încât să folosească această bibliotecă pentru a verifica credențialele utilizatorilor. În cazul în care interogarea în LDAP s-a finalizat cu succes iar datele au fost validate, sistemul de autentificare verifică în primul rând existența utilizatorului în baza de date, în caz contrar generându-se un nou utilizator cu informațiile furnizate de LDAP (nume, utilizator). Crearea utilizatorului se realizează doar la prima autentificare, utilizatorul persistând apoi în baza de date locală.

## 6.4 Rezultate

A fost realizat un prototip pentru validarea soluției, urmând cerințele definite și arhitectura propusă. Astfel, au fost implementate mai multe *Quest*-uri într-un joc 3D RPG fiind prezentate și testate elemente din domeniul e-Sănătății. Utilizatorii pot astfel parcurge un spațiu virtual interactiv prin intermediul unui avatar care poate acumula experiență.

Sistemul poate fi extins ușor la un spațiu multi-utilizator online, adăugând funcționalități de comunicare și colaborare. De asemenea, ar putea beneficia de funcționalități mai avansate cum ar fi comenzi vocale, sau dialoguri cu NPC-uri folosind microfonul sau un sistem de captare a mâinilor și interpretare a limbajului prin semne cu dispozitive ca LeapMotion sau Kinect,

---

<sup>101</sup> <https://github.com/Adldap2/Adldap2-Laravel>

pentru persoane cu dizabilități. Există deja exemple în acest sens [137] [138] dar pentru studiul de față nu este considerată o funcționalitate relevantă.

Deși există studii care dovedesc utilitatea jocurilor video în educație în ceea ce privește reținerea de informații, nu au fost analizate materii complexe, interdisciplinare, de Masterat, și nici nu a fost realizată o analiză serioasă a gradului de aplicare sau memorare a cunoștințelor pe termen lung. Astfel, o analiză a rezultatului eficienței din perspectiva acestor factori este în curs de realizare, fiind selectat un număr de 32 de studenți de masterat din cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare, Universitatea Politehnică București, programul de Masterat e-Guvernare, înrolați la cursul de e-Sănătate. Aceștia au fost împărțiți în două grupuri (cei care au citit materialele de suport text) și cei care nu (trebuie menționat totuși că majoritatea a participat la orele de curs, dar nu au mai parcurs materialele de suport text puse la dispoziție). A fost realizat un prim chestionar pentru a testa cunoștințele din domeniu în momentul actual, iar grupul care nu a citit materialele de suport text a primit jocul pentru utilizare. Va fi efectuată o comparație între cele două grupuri cu privire la cunoștințele dobândite în cele două moduri, apoi va fi realizată și o comparație între gradul de memorare a informațiilor pe termen lung, realizându-se un chestionar cu aceleași întrebări după 3 luni de la finalizarea primului studiu.

Jocul a fost realizat pe parcursul a trei luni de zile, studiind zeci de modele și resurse grafice, și implementând sisteme complexe de inventar, quest-uri sau dialog. Pentru a putea avea un termen de comparație corect, acesta este timpul de realizare pentru un dezvoltator cu experiență în domeniu, pentru un începător fiind necesar cel puțin un an, iar pentru o persoană fără cunoștințe tehnice în domeniu fiind foarte mică posibilitatea de realizare. Comparând timpul și resursele necesare dezvoltării acestui joc cu proiecte realizate în cele două platforme prezentate în capitolele 3 și 4, putem observa și valida problema timpului foarte mare necesar implementării unui joc educațional, relatată atât în studii cât și semnalată de cadrele didactice participante la chestionarul prezentat în paragraful 1.2.

## 7 Contribuții în dezvoltarea platformei DECAMP

Acest capitol descrie contribuțiile aduse în cadrul proiectului Erasmus+ DECAMP (Open Distributed European virtual Campus on ICT Security) la care au participat, într-un parteneriat strategic, șase universități europene din Germania (MUAS<sup>102</sup>), România (UPB<sup>103</sup>), Marea Britanie (USW<sup>104</sup>), Finlanda (MET<sup>105</sup>) și Italia (UNIPD<sup>106</sup>). Proiectul a avut ca principal obiectiv crearea de cursuri online în domeniul securității ICT (Information and Communications Technology), pentru a fi oferite studenților universităților partener, și a unei modalități simple de acces la acestea. Motivul principal care a stat la baza inițierii proiectului a fost lipsa unor cursuri academice în domeniul securității disponibile online, cu activități practice interactive, care să asigure o pregătire atât teoretică cât și practică. O particularitate a proiectului este că aceste cursuri online se finalizează cu un examen scris supervizat de un profesor partener de la universitatea locală și se primesc credite ECTS, recunoscute la nivel european.

### 7.1 Arhitectură

Arhitectura platformei este compusă din trei subsisteme (Figura 7.1):

- CUAS (Course User Admission and Information System): sistem central, responsabil de autentificarea, înrolarea și accesul studenților la cursuri.
- UVLP (University Virtual Learning Platform): sistem disponibil la fiecare universitate în parte, responsabil de gestiunea cursului, a resurselor și a studenților înrolați.
- VLP (Virtual Lab Platform / Virtual Real Equipment Platform): sistem disponibil la fiecare universitate în parte care asigură laboratoare practice sau interactive.

---

<sup>102</sup> Munich University of Applied Sciences, Germany

<sup>103</sup> Universitatea POLITEHNICA din București

<sup>104</sup> University of South Wales

<sup>105</sup> Helsinki Metropolia University of Applied Sciences

<sup>106</sup> University of Padua

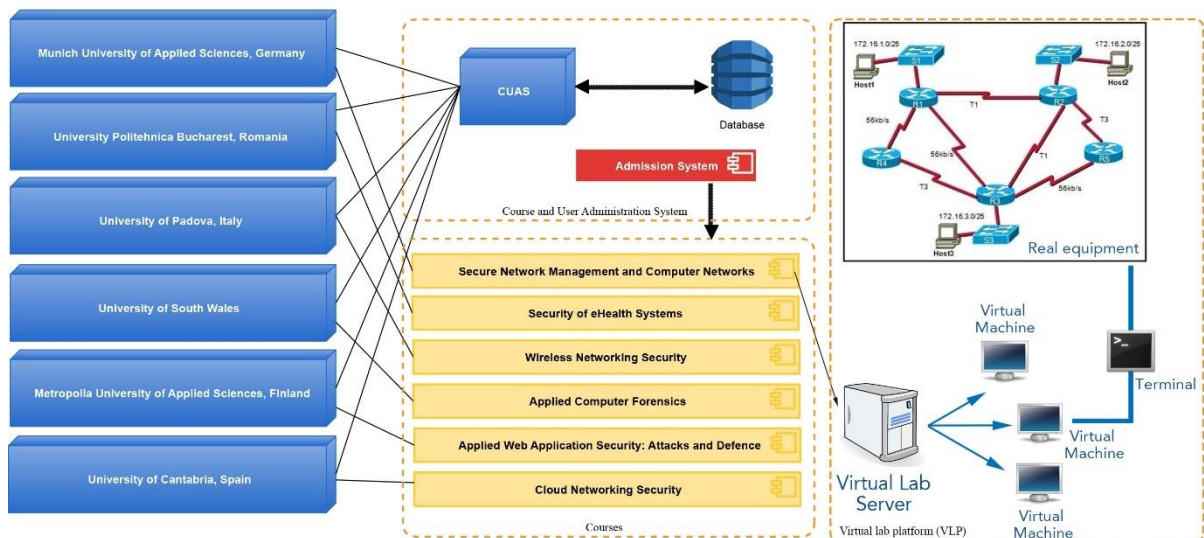


Figura 7.1 Arhitectura DECAMP

## 7.2 Implementare CUAS

CUAS, sistemul responsabil de accesul studenților la cursuri, a fost primul pas în implementare. Au fost luate în considerare mai multe particularități în definirea soluției:

- Fiecare universitate parteneră are propria soluție locală personalizată de a înregistra și autentifica utilizatorii (Shibboleth, LDAP, AD, etc.).
- Fiecare universitate parteneră folosește Moodle în procesul educațional, ca UVLP principal sau secundar.
- O soluție centralizată de autentificare ar însemna ori crearea de noi conturi pentru fiecare student, ori integrarea fiecărui sistem de autentificare, lucru greu de întreținut și care ridică probleme de securitate.

Astfel, am folosit infrastructura deja existentă de platforme Moodle pentru a implementa o soluție bazată pe plugin-uri Moodle.

Am folosit și configurat plugin-ul MNet<sup>107</sup> (Moodle Network), care permite verificarea credențialelor utilizatorilor în platforma Moodle a universității locale și folosirea acestuia în alte platforme Moodle conectate, concept cunoscut sub denumirea de *roaming*. Acest lucru

<sup>107</sup> <https://docs.moodle.org/37/en/MNet>

asigură pe de o parte o modalitate de autentificare ușoară, pe baza conturilor de student deja existente, și mai mult, asigură faptul că un student este înrolat activ la o universitate parteneră.

Pentru a permite fiecărei universități parteneră să poată accesa resurse de la distanță, sistemul este configurat și organizat într-o rețea Peer-to-Peer. Astfel, fiecare partener se conectează direct la toți ceilalți parteneri la care dorește acces (Figura 7.2).

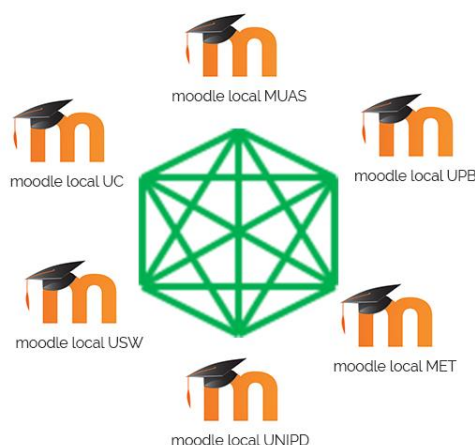


Figura 7.2 Rețea Peer to Peer între platformele Moodle ale partenerilor DECAMP

În cadrul proiectului am definit instrucțiuni clare de configurare a platformelor Moodle. Astfel, pentru configurarea MNet în platforma Moodle se urmează mai mulți pași (Figura 7.3):

- Se verifică prezența utilitarului *cURL* instalat
- Se activează modulul de *Networking*
- Se activează modulul de autentificare folosind MNet (*MNet Authentication*)
- Se actualizează permisiunile rolului de utilizator autentificat (*Authenticated user*) prin acceptarea regulii *moodle/site:mnetlogintoreMOTE* care va permite accesarea identității de către alte instanțe Moodle din rețeaua MNet.
- Se adaugă fiecare universitate parteneră ca Peer în rețeaua MNet și se activează serviciile de SSO-IDP (SSO Identity Provider) atât *publish* cât și *subscribe*, și SSO-SP (SSO Service Provider) atât *publish* cât și *subscribe*.



### SSO (Identity Provider)

Publish this service to allow your users to roam to the Metropolia University of Applied Sciences site without having to re-login there.

- *Dependency:* You must also **subscribe** to the SSO (Service Provider) service on Metropolia University of Applied Sciences.

Subscribe to this service to allow authenticated users from Metropolia University of Applied Sciences to access your site without having to re-login.

- *Dependency:* You must also **publish** the SSO (Service Provider) service to Metropolia University of Applied Sciences.

Publish

Subscribe

### SSO (Service Provider)

Publish this service to allow authenticated users from Metropolia University of Applied Sciences to access your site without having to re-login.

- *Dependency:* You must also **subscribe** to the SSO (Identity Provider) service on Metropolia University of Applied Sciences.

Subscribe to this service to allow your users to roam to the Metropolia University of Applied Sciences site without having to re-login there.

- *Dependency:* You must also **publish** the SSO (Identity Provider) service to Metropolia University of Applied Sciences.

Publish

Subscribe

*Figura 7.3 Configurare servicii Peer în MNet*

Protocolul de comunicație MNet<sup>108</sup> este bazat pe cereri RPC în format XML, transmisiunea fiind făcută prin mesaje criptate. Criptarea se face folosind XMLDSIG (XML Digital Signature) și XMLENC (XML Encryption). De asemenea, fiecare instanță de Moodle este identificată folosind o cheie publică RSA și adresa URL unică. Criptarea se realizează programatic în PHP, nefiind strict necesară o conexiune HTTPS, dar toate instanțele de Moodle ale partenerilor folosesc conexiuni securizate întrucât cheile RSA accesate la adăugarea unei noi universități în rețeaua MNet pot fi interceptate și există astfel posibilitatea unui atac de tip Man-In-The-Middle.

Protocolul de autentificare MNet folosește jetoane și sesiuni pentru a valida și asigura identitatea unui utilizator de la distanță în cadrul rețelei de noduri agreeate. Astfel, la cererea de autentificare de la distanță, se face o cerere la platforma Moodle locală care generează un jeton și o sesiune MNet, după care se redirecționează utilizatorul pentru autentificarea în platforma Moodle locală, verificându-se validitatea sesiunii și a jetonului primit. După autentificare, se întoarce în platforma Moodle de la distanță un răspuns cu datele de identificare ale utilizatorului, configurate pentru a fi accesate în rețeaua MNet. La prima autentificare în sistemul de la distanță se va genera un cont nou pe baza informațiilor primite și studentul va

<sup>108</sup> [https://docs.moodle.org/dev/MNet\\_Protocol](https://docs.moodle.org/dev/MNet_Protocol)

putea accesa platforma ca orice utilizator al acelei universități. Un exemplu de secvență de comunicare între două universități partenere MUAS și UPB este exemplificat în Figura 7.4.

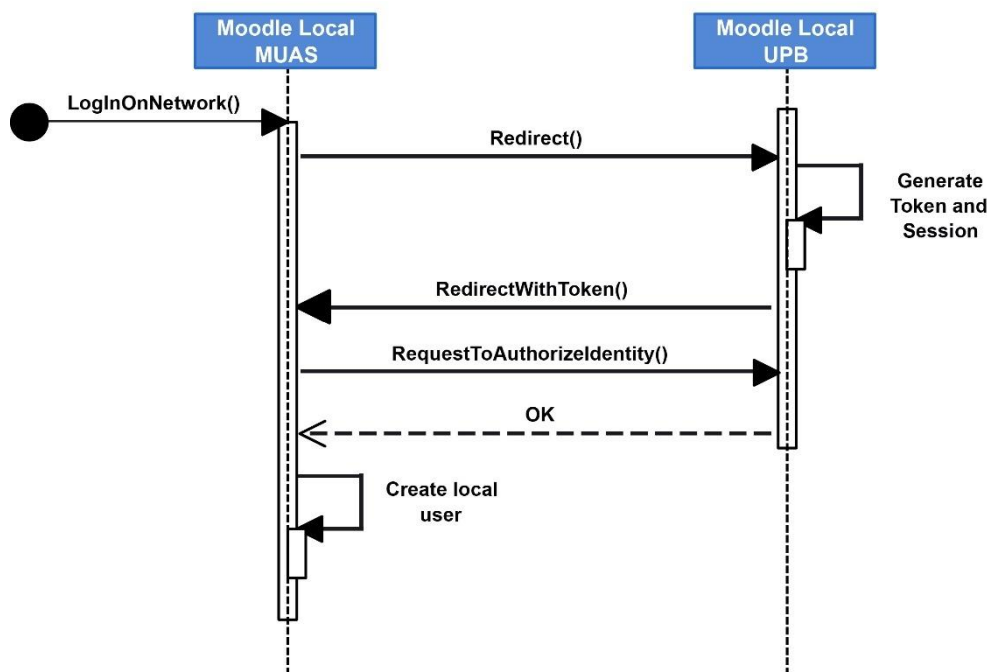


Figura 7.4 Autentificare unui student din UPB la MUAS

Astfel, studenții universităților partenere pot accesa instanțele Moodle din rețeaua MNet folosind conturile locale.

Pentru a facilita accesul ușor la cursurile oferite prin platforma DECAMP s-a implementat un punct cu rolul de a centraliza cursurile oferite. În acest scop s-a folosit MCH (Moodle Community Hub), un plugin care transformă platforma Moodle într-un director de cursuri publice sau private. Astfel, s-a instalat și configurat DECAMP Community Hub (DCH) accesibil la adresa <https://mydecamp.eu/hub>, și s-a adăugat această instanță de Moodle în rețeaua MNet, astfel încât toate universitățile să aibă acces, cursurile fiind private.

Fiecare universitate a fost înregistrată și aprobată ca furnizor de cursuri în DCH. Astfel, profesorii au posibilitatea publicării unui curs din platforma Moodle a universității la care predă prin simpla accesare a funcționalității de *Publică (Publish)* din meniul de administrare al cursului (figura 7.5). Există două opțiuni de publicare: cu acces de înrolare a studenților, pentru a oferi cursuri de la distanță, și cu acces de descărcare, pentru a oferi posibilitatea altor profesori de a folosi materialele existente în curs (Figura 7.5). În cazul cursurilor DECAMP s-a folosit

prima variantă, dar sunt încurajate ambele variante, pentru a da posibilitate profesorilor de a consulta alte materiale și de a îmbunătăți propriile cursuri.

Advertise this course for people to join

Advertising your course on a community hub server allows people to find this course and come here to enrol.

Share this course for people to download

Uploading this course to a community hub server will enable people to download it and install it on their own Moodle sites.

Figura 7.5 Opțiuni de publicare a unui curs în DCH

Publicarea presupune și completarea unor detalii care vor apărea în DCH, cum ar fi denumirea cursului, o scurtă descriere, autori, categorie, licență, nivel educațional țintă și altele. După publicare acesta trebuie aprobat de administratorul DCH pentru a fi listat.

O diagramă care prezintă secvența publicării și accesării de cursuri între universități este prezentată în Figura 7.6.

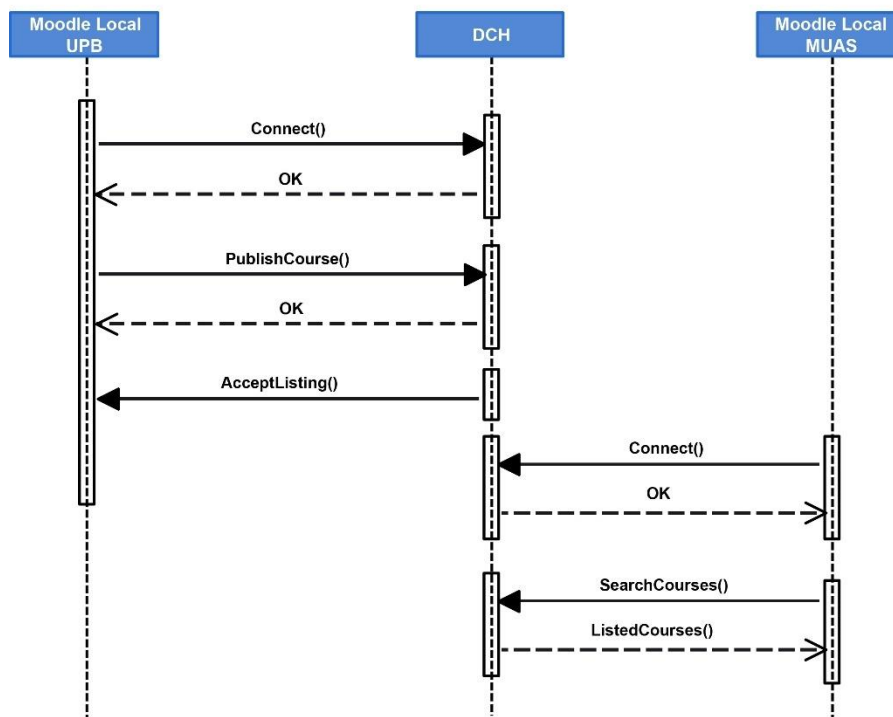


Figura 7.6 Publicarea și listarea de cursuri

Pentru a integra listarea de cursuri direct în platforma Moodle a fiecărei universități partener, am folosit modulul Community Finder Block (CFB). Acesta permite conectarea și căutarea de cursuri dintr-un Moodle Hub.

Astfel un student poate accesa cursuri de la o altă universitate parteneră urmând câțiva pași simpli:

- 1 În platforma Moodle a universității locale va identifica blocul Community Finder (Figura 7.7).

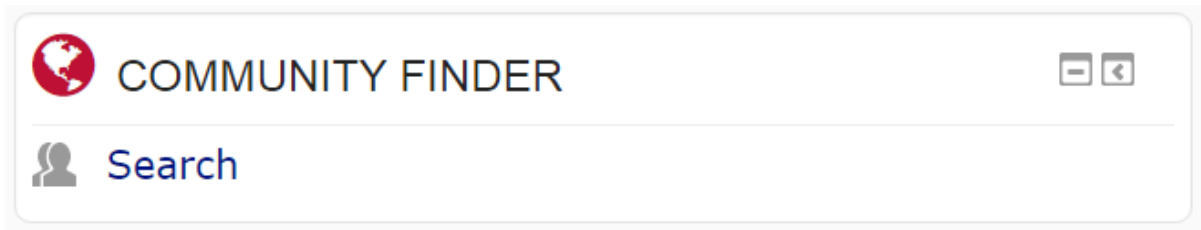


Figura 7.7 Community Finder Block

- 2 Se va accesa funcționalitatea de *Căutare (Search)* și va căuta cursuri la care se poate înscrie în DCH (Figura 7.8).

#### Search for community course

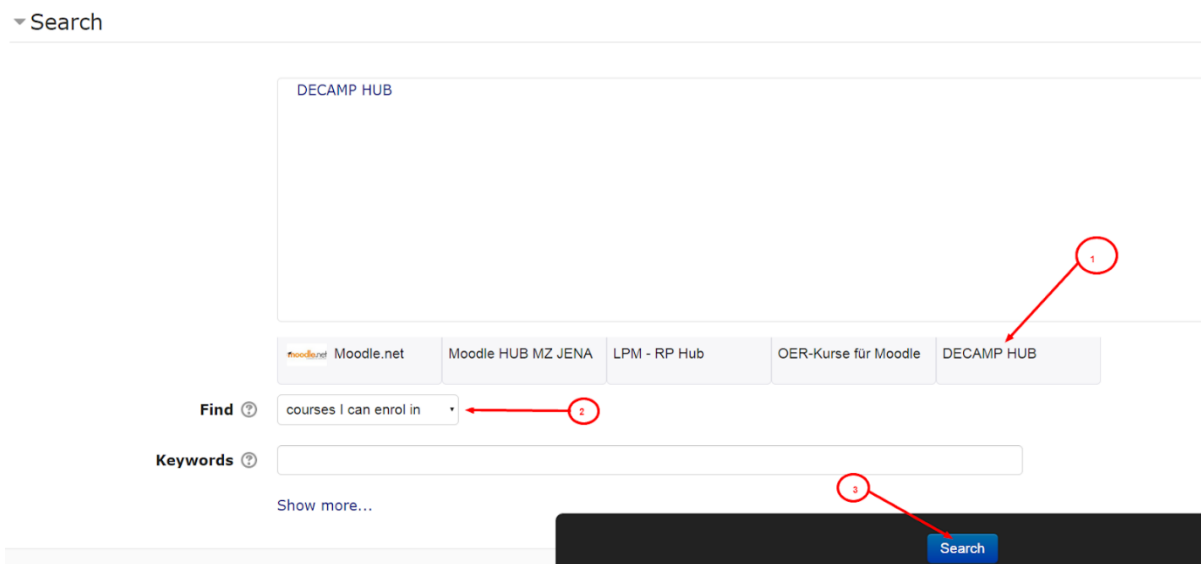


Figura 7.8 Căutare de cursuri folosind CFB

- 3 Se va selecta cursul dorit și se va accesa butonul de *Vizitare (Visit site)*, care va presupune transferul către platforma Moodle a universității partener (Figura 7.9).

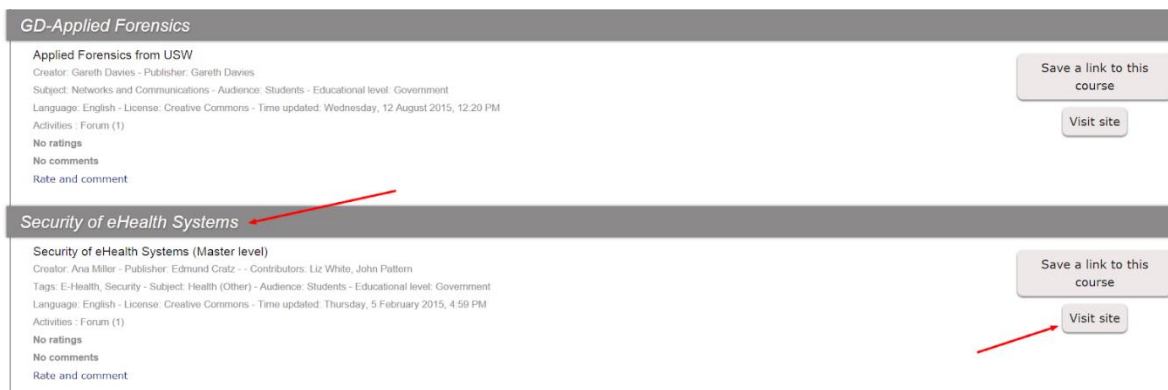


Figura 7.9 Selectarea unui curs din rezultatele căutării folosind CFB

- 4 În platforma Moodle a universității partenere se va autentifica folosind contul local (Figura 7.10).

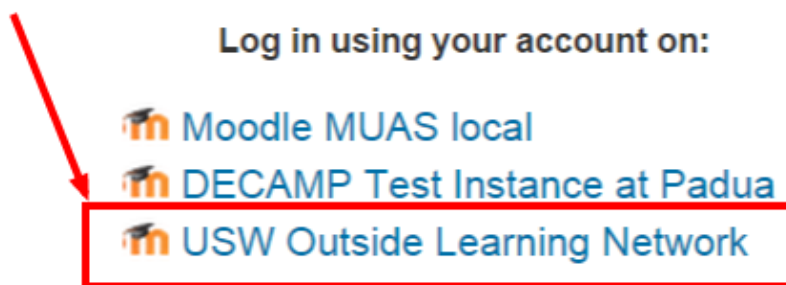


Figura 7.10 Autentificare folosind contul platformei Moodle de la universitatea de proveniență

- 5 Dacă autentificarea a fost realizată cu succes, studentul va fi redirecționat la fereastra de înrolare a cursului accesat. În general cursurile au o cheie de înrolare, pentru a permite doar accesul studenților selectați la materiale (Figura 7.11).

## Enrolment options

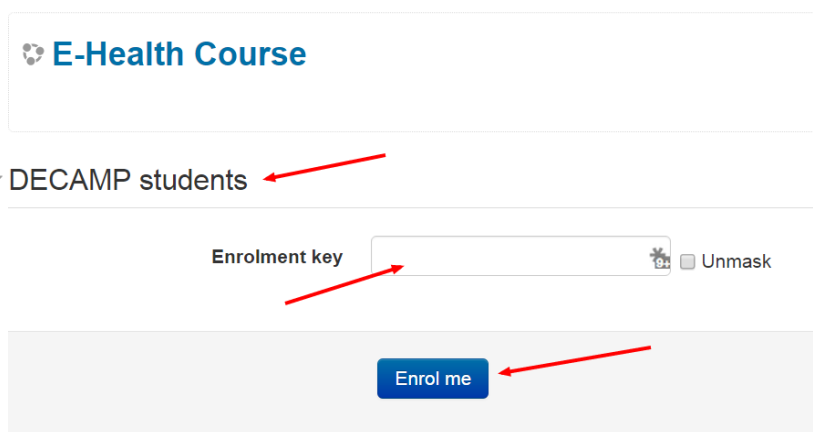


Figura 7.11 Pas de înrolare la un curs Moodle folosind o parolă

CFB permite și salvarea referințelor la cursurile dorite, pentru a simplifica procesul de accesare. Astfel, nu mai este nevoie de căutarea cursului, el se poate accesa direct din blocul CFB (Figura 7.12).

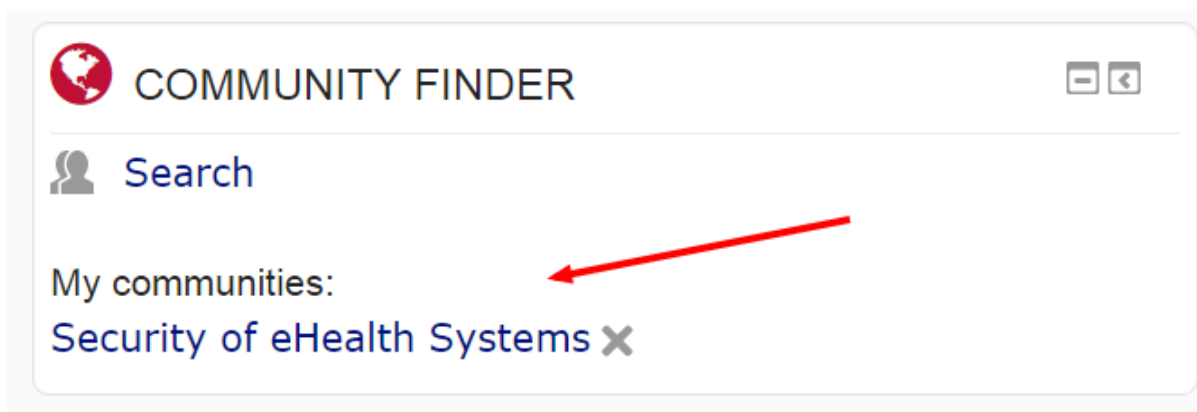


Figura 7.12 Accesarea rapidă a unui curs din DCH

### 7.3 Implementare VLP

Una dintre particularitățile proiectului DECAMP este oferirea de laboratoare practice studenților, de la distanță. Pentru a putea realiza acest lucru este nevoie de o platformă care să permită folosirea de echipamente fizice de la distanță sau de laboratoare virtuale. Astfel, au fost dezvoltate mai multe soluții pentru realizarea acestei cerințe.

Din partea UPB am propus și dezvoltat o soluție care să folosească OpenStack<sup>109</sup> ca bază pentru folosirea de laboratoare virtuale. OpenStack este un proiect open source de tip IaaS (Infrastructure as a Service) care oferă un mod de gestiune a resurselor într-un ecosistem Cloud. OpenStack permite astfel utilizatorilor să ruleze mașini virtuale și să configureze rețele interne de acces atât printr-o interfață grafică cu utilizatorul cât și printr-un API.

Soluția propusă folosește mașini virtuale OpenStack pentru a rula laboratoare preconfigurate în care studentul va rezolva anumite cerințe. OpenStack oferă și un mecanism de *Snapshot*, care permite crearea de imagini de mașini virtuale în timp real cu starea curentă. Astfel, se poate porni o mașină virtuală în OpenStack, configura pentru laboratorul vizat și apoi salva ca imagine, pentru a fi rulată de către studenți. Rularea dintr-o imagine de tip *Snapshot* presupune crearea unei copii a mașinii virtuale originale, astfel că imaginea de *Snapshot* nu este utilizată în mod direct.

Întrucât resursele de procesare sunt limitate, iar cursurile online nu au un program fix, a fost necesară dezvoltarea unui sistem de acces și gestionare a resurselor, rularea mașinii virtuale

---

<sup>109</sup> <https://www.openstack.org>

fiind făcută la cerere de către student. În acest sens am implementat un plugin de Moodle care permite rularea de mașini virtuale pornind de la o imagine de tip *Snapshot*. Astfel, dacă un student din UPB înrolat la cursul de Secure Network Management and Computer Networks oferit de Munich University of Applied Sciences dorește accesarea unui laborator practic, acesta va intra în activitatea de VLP, va lansa o mașină virtuală preconfigurată cu laboratorul și i se vor afișa detaliile de accesare a mașinii virtuale (Figura 7.13). Astfel, folosind utilitare uzuale ca SSH, RDC sau altele se poate conecta direct la mașina virtuală care rulează în OpenStack.

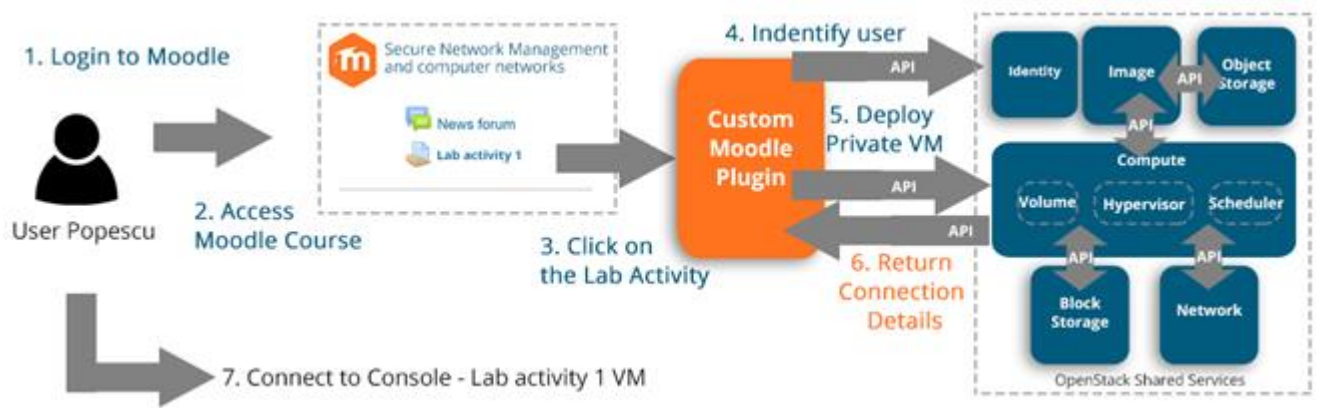


Figura 7.13 Pornirea și accesarea OpenStack din Moodle

Plugin-ul a fost implementat în PHP, folosind SDK-ul oficial oferit de OpenStack, care oferă metode de conectare și control al API-ului unei platformei OpenStack.

Plugin-ul necesită o instalare standard și o configurare făcută de către administratorul platformei Moodle, pentru a putea realiza conexiunea către OpenStack (Figura 7.14).

Astfel, profesorii pot adăuga laboratoare VLP de tip OpenStack, prin adăugarea standard de activități în Moodle. Configurarea activității presupune alegerea unei imagini disponibile în OpenStack ca bază de plecare pentru laborator (Figura 7.15).

## Openstack server settings

---

Host URL <small>openstack   host_url</small>	<input type="text" value="https://openstack address"/>	Default: Empty
	Specify the Openstack host URL	
Openstack API Version <small>openstack   api_version</small>	<input type="text" value="2"/> ▾	Default: 2
	Specify the API version for openstack calls	
Username <small>openstack   username</small>	<input type="text" value="username"/>	Default: admin
	Username for Openstack admin access	
Password <small>openstack   password</small>	<input type="password" value="....."/> <input type="checkbox"/> Unmask	
	Password for Openstack admin access	
Tenant Id <small>openstack   tenantId</small>	<input type="text" value="1234XXXX"/>	Default: admin
	TenantID for Openstack admin access	
Tenant Name <small>openstack   tenantName</small>	<input type="text" value="decamp_prj"/>	Default: admin
	TenantName for Openstack admin access	

## Compute Service Settings

---

Catalog Name <small>openstack   catalog_name</small>	<input type="text" value="nova"/>	Default: nova
	Specify the name used for the Compute service in the catalog	
Region <small>openstack   region</small>	<input type="text" value="NCIT"/>	Default: myregion
	Specify the used region	
URL Type <small>openstack   url_type</small>	<input type="text" value="internalURL"/> ▾	Default: internalURL

Figura 7.14 Configurare plugin OpenStack



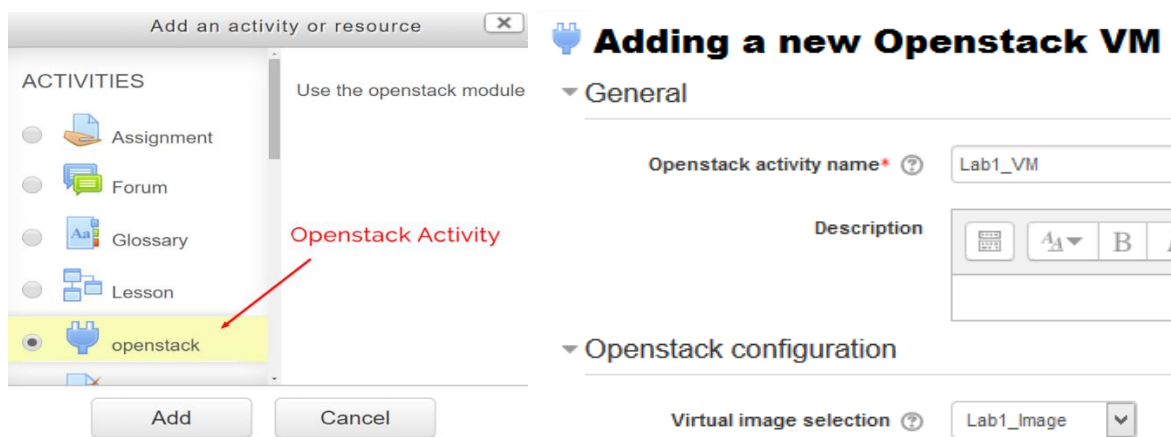


Figura 7.15 Adăugarea unei activități OpenStack în Moodle și selectarea unei imagini de mașină virtuală

În acest fel studenții pot accesa activitatea practică din Moodle pornind propria mașina virtuală bazată pe imaginea de *Snapshot* și conectându-se cu datele furnizate (Figura 7.16). Pornirea mașinii virtuale nu se face în timp real, astfel că studenții trebuie să aștepte până când aceasta este gata pentru accesare. Studenții au de asemenea posibilitatea de a opri temporar mașina virtuală sau de a o șterge și porni una nouă, dacă vor să reia laboratorul.



Figura 7.16 Activitatea Moodle OpenStack din perspectiva studenților

## 7.4 Rezultate

În cadrul proiectului DECAMP a fost dezvoltată o platformă care asigură accesul studenților la cursuri între universități folosind infrastructura deja existentă. Astfel, au fost folosite platforme Moodle deja existente, configurate cu ajutorul unor plugin-uri standard, pentru a realiza o rețea de cursuri disponibilă oricărui student din universitățile partener. Autentificarea se face folosind credențialele standard ale studentului, nefiind necesar un sistem centralizat cu noi conturi pentru aceștia.

A fost dezvoltată de asemenea o modalitate care permite rularea ușoară de laboratoare virtuale preconfigurate, prin integrare OpenStack într-un plugin Moodle. Plugin-ul permite crearea și rularea printr-un singur click a unor mașini virtuale cu laboratoare preconfigurate, oferind atât studenților locali cât și celor care participă la curs de la distanță în cadrul proiectului DECAMP, acces la un laborator practic.

Proiectul DECAMP are deja trei ani în care s-au oferit cursuri din domeniul securității. Au fost înrolați în program un număr de peste 250 de studenți, proveniți de la fiecare universitate parteneră.

## 8 Concluzii

Această lucrare abordează domeniul mediilor educaționale virtuale în contextul e-Learning și în special procesul dezvoltării și accesării de medii interactive.

Au fost identificate o serie de probleme în acest sens, principalele fiind lipsa de cunoștințe tehnice a cadrelor didactice, lipsa materialului suport, complexitatea dezvoltării unor medii virtuale educaționale interactive dar și modalitatea de proiectare a conținutului educațional. S-au formulat astfel o serie de ipoteze și soluții pentru rezolvarea acestor probleme prin realizarea unor instrumente menite să facă mai accesibilă dezvoltarea.

Au fost definite și o serie de criterii care ar trebui luate în considerare la construirea unui mediu educațional virtual interactiv, precum și metode de proiectare și expunere a conținutului educațional prin aceste medii.

În capitolele 3 și 4 au fost prezentate în detaliu două platforme cu o concepție originală și inovativă, care oferă posibilitatea de a construi medii virtuale educaționale folosind interfețe utilizator simple și intuitive. Platformele sunt destinate în special cadrelor didactice care au doar cunoștințe tehnice de bază în folosirea calculatorului. Pentru validarea celor două soluții s-au efectuat studii cu ajutorul unor reprezentanți din cele două grupuri țintă de utilizatori ai celor două platforme: cadre didactice din mai multe cicluri de studii și specializări, respectiv persoane cu abilități reduse în folosirea calculatorului. Rezultate studiilor sunt prezentate în Capitolul 5.

Capitolele 6 și 7 prezintă studii de caz în dezvoltarea de medii virtuale educaționale personalizate. A fost comparat și efortul necesar dezvoltării unui mediu virtual educațional 3D raportat la soluțiile propuse în capitolele 3 și 4.

### 8.1 Contribuții originale

Teza conține o serie de contribuții originale atât la nivel teoretic cât și practic.

Lucrarea de față se bazează pe un studiu amănunțit în ceea ce privește instrumentele și tehnologiile folosite în mediile virtuale educaționale, având peste 200 de surse citate, împărțite în peste 130 de referințe bibliografice și peste 100 de note de subsol. Au fost astfel expuse tehnologiile și tendințele actuale în e-Learning, probleme sau impedimente întâmpinate în

adoptarea și folosirea acestora, dar și soluții care pot duce la îmbunătățirea procesului educațional prin folosirea noilor tehnologii.

De asemenea, a fost realizat un studiu asupra instrumentelor de e-Learning folosite în mod curent în procesul educațional acoperind și descriind o gamă largă de aplicații care permit cadrelor didactice să construiască propriile materiale interactive.

Au fost concepute chestionare prin care se analizează stadiul curent al folosirii instrumentelor de dezvoltare a materialelor educaționale în România, cu accent pe medii virtuale interactive și problemele care împiedică dezvoltarea de astfel de medii. A fost conceput de asemenea un chestionar prin care s-a analizat percepția și așteptările studenților asupra mediilor virtuale educaționale interactive.

Astfel, au fost definite o serie de criterii și soluții conceptuale pentru dezvoltarea de medii virtuale educaționale interactive fără a fi necesare cunoștințe tehnice avansate.

O parte din contribuțiile cuprinse în capitolele 1 și 2 au fost diseminate în [127] [139] [140] [141] [142].

Capitolul 3 prezintă o platformă inovativă originală de creare a spațiilor virtuale folosind șabloane și blocuri predefinite. Platforma propune o abordare *drag&drop*, similară Power Point, pentru a oferi un instrument simplu de dezvoltare adecvat pregătirii tehnice actuale a cadrelor didactice, dar suficient de complex pentru a acoperi o arie largă de activități educaționale interactive. Definirea unei aplicații se poate face prin simpla urmare a unui set de pași de configurare și adăugarea sau alterarea unor blocuri predefinite de conținut. Deși există aplicații similare pentru crearea de jocuri sau spații virtuale, acestea sunt limitate la o anumită perspectivă sau la interacțiuni simple, astfel că soluția nu a mai fost abordată nici în context educațional și nici într-un context cu o aplicabilitate atât de largă ca cea propusă.

Capitolul definește în primul rând cerințele funcționale și arhitectura a unei platforme capabilă să realizeze abordarea prezentată. Este descrisă arhitectura concepută pentru platformă apoi implementarea unui prototip folosit pentru validarea soluției. Principalele criterii de proiectare a arhitecturii au fost ușurința de utilizare, accesibilitatea și disponibilitatea sa. Astfel, platforma este bazată pe tehnologii web, proiectele rezultate fiind distribuite din Cloud și disponibile pentru accesare oricărui dispozitiv cu un browser modern.

Mai mult, a fost dezvoltat un plugin Moodle care are dublă funcționalitate:

- integrează direct într-o activitate Moodle un mediu virtual configurat și îl afișează pentru elevi/studenti;
- are o componentă de raportare și analiză care afișează cadrelor didactice informații relevante despre toate experiențele utilizatorilor în mediul virtual. Pentru experiențele educaționale ale utilizatorilor au fost definite o serie de aserțiuni xAPI. Au fost definite de asemenea și criteriile sau metode de analiză în vederea notării unor activități complexe.

A fost proiectată și implementată o bibliotecă de șabloane, blocuri și resurse educaționale pe baza cărora funcționează platforma descrisă. Au fost prezentate și soluții de extindere a acestor resurse și materiale prin folosirea unei metode deja existente, folosirea comunității, dar care nu este încă aplicată în domeniul instrumentelor educaționale.

O parte din contribuțiile cuprinse în capitolul 3 au fost diseminate în [127] [139] [140] [141].

Capitolul 4 prezintă o altă abordare originală în ceea ce privește dezvoltarea de spații virtuale educaționale, dedicată ca și cea prezentată în capitolul 3, persoanelor cu nivel coborât de cunoștințe în folosirea calculatoarelor. Capitolul definește în primul rând cerințele și arhitectura unei platforme de creare de medii virtuale 3D folosind limbajul natural și un asistent inteligent. Soluția presupune existența unei biblioteci de resurse deja configurate, iar utilizatorul interacționează cu sistemul prin folosirea unui microfon și a limbajului natural pentru crearea de scene 3D. Utilizatorul este în permanență asistat de un agent inteligent cărui îi poate da comenzi sau adresa întrebări cu privire la construcția mediului. Acest mediu este destinat în special derulării unor evenimente virtuale multi-utilizator cum ar fi laboratoare, seminarii sau simulări.

În acest capitol este prezentată de asemenea și implementarea unui prototip pentru validarea soluției. A fost creată o bibliotecă de resurse care pot fi folosite pentru a crea spații virtuale. Au fost elaborate soluții de extindere a acestor resurse și implementată o metodă de preluare a modelelor din site-uri dedicate de modele 3D și transformarea lor în Asset Bundle astfel încât să poată fi încărcate dinamic (la cerere) în scenă.

Întrucât nu există o variantă de procesare a limbajului natural înregistrat în format audio, am conceput și implementat o soluție originală, folosind un sistem de Speech-to-Text (Google Cloud Speech-to-Text, singurul serviciu Cloud care permite transformarea fișierelor audio în

text pentru limba română) și apoi un analizator NLP pentru text în limba română (existând o sigură variantă și aici, Wit.ai).

Tot în cadrul acestui capitol a fost dezvoltat și un plugin Moodle care facilitează gestiunea evenimentelor din spațiul virtual: un cadru didactic poate programa un eveniment, iar studenții sau elevii pot accesa ușor acel eveniment la momentul desfășurării acestuia. De asemenea, în plugin a fost integrat un sistem de raportare și analiză care permite cadrului didactic să urmărească toate experiențele relevante avute de utilizatori în mediul virtual. Pentru experiențele educaționale ale utilizatorilor au fost definite o serie de aserțiuni xAPI.

O parte din contribuțiile cuprinse în acest capitol au fost diseminate în [127] [139] [140] [141] [143] [144].

În Capitolul 5 sunt prezentate rezultatele evaluării și testării celor două platforme prezentate în Capitolele 3 și 4, într-un studiu ce a implicat peste 170 de cadre didactice. Este analizat gradul de interactivitate al materialelor curente, concepții ușor eronate despre interactivitate, dar și rezultatul pozitiv în ceea ce privește evaluarea platformelor propuse. Sunt extrase și câteva noi criterii de avut în vedere la dezvoltarea de material educațional și funcționalități necesare în platforme.

În Capitolul 6 este prezentat un studiu de caz privind implementarea de material didactic educațional interactiv în topici avansate sau multidisciplinare de nivel masterat prin folosirea unui joc. Capitolul prezintă atât cerințele funcționale și arhitectura necesară în implementarea unui astfel de sistem, cât și criteriile, modalități sau exemple de expunere și gamificare a conținutului educațional, propunând folosirea unui joc de tip RPG pentru rezultate cât mai eficiente.

În acest capitol este prezentată și implementarea unui prototip abordând în principal elemente complexe din domeniul e-Sănătate, dar nu numai. A fost definit și început un studiu comparativ legat de gradul de memorare a informațiilor pe termen lung între metode statice (prezentări, notițe de curs) și prin joc în cazul cursurilor multi-disciplinare de Masterat, lucru ce nu a mai fost acoperit până acum în studiile de specialitate.

O parte din rezultatele cuprinse în capitolul 6 au fost diseminate în [142] [140] [144] [145] [146] [147].

Capitolul 7 prezintă contribuțiile în dezvoltarea platformei DECAMP, autorul proiectând și implementând o metodă care asigură accesul studenților la cursuri publicate pe platforma Moodle a altor universități, folosind infrastructura deja existentă. Astfel, au fost folosite platformele Moodle deja existente la toți partenerii implicați în proiect și au fost configurate cu ajutorul unor plugin-uri standard pentru a realiza o rețea de cursuri. Autentificarea se poate face folosind credențialele universitare standard.

De asemenea, a fost implementat un plugin Moodle care permite rularea ușoară de laboratoare virtuale preconfigurate folosind OpenStack. Plugin-ul oferă studenților posibilitatea pornirii unei mașini virtuale cu laboratorul prin simpla apăsare a unui buton.

O parte din rezultatele prezentate în capitolul 7 au fost diseminate în [143] [148] [149].

## 8.2 Dezvoltări ulterioare

Deși lucrarea de față aduce o serie de perspective și îmbunătățiri în domeniul educației prin acoperirea unor probleme descoperite, cercetarea de față are diverse limite, iar sistemele propuse necesită cercetare suplimentară și îmbunătățiri.

Astfel, un punct de interes ar fi simplificarea accesului și identificării studenților în aplicațiile rezultate prin folosirea de standarde ca CMI5 sau LTI. De asemenea, o direcție nouă de cercetare ar putea fi considerată și îmbinarea celor două abordări propuse în capitolele 3 și 4 alături de o personalizare mai avansată a aplicațiilor, dar și de adăugarea de elemente de gamificare.

O problemă importantă care trebuie studiată în continuare este posibilitatea acoperirii programei școlare prin platformele propuse. Astfel, este necesară dezvoltarea de exemple și aplicații care să vizeze cât mai multe materii și particularizări pentru a studia flexibilitatea sistemelor.

Bibliotecile de resurse trebuie să fie extinse cât mai mult, acoperind și obiecte cu interacțiuni foarte complexe: spre exemplu, un server sau calculator care odată accesat în spațiul virtual va porni și o mașină virtuală în OpenStack sau AWS EC2 și va oferi o consolă de conectare.

Un aspect care are de asemenea nevoie de atenție și optimizare este cel legat de performanță și timpii de descărcare a resurselor. Deși s-au folosit sisteme de tip CDN pentru a minimiza impactul accesării simultane a unui server de către mulți utilizatori, proiectele au dimensiuni

considerabile (fiind în general compuse din multe obiecte 3D) și au un timp ridicat de încărcare. De asemenea se poate optimiza viteza de încărcare a editorului în browser.

Un alt subiect de cercetare ar putea viza posibilitatea implementării sau utilizării în browser a platformei descrise în capitolul 4, care ar putea aduce un plus de accesibilitate și disponibilitate.



## Bibliografie

- [1] N. M. Radwan, M. B. Senousy și M. Alaa El Din Riad, „Current Trends and Challenges of Developing and Evaluating Learning Management Systems” *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, vol. 4, nr. 5, pp. 361-375, 2014.
- [2] M. Stevenson, „Modern Learning: Innovate, Collaborate and Disrupt” HR Exchange Network, 2018. Disponibil la adresa: <https://www.hrexchangenetwork.com/hr-learning-development/white-papers/modern-learning-innovate-collaborate-and-disrupt>. [Accesat Februarie 2018].
- [3] Accenture, „Accenture Technology Vision 2018 – Tech Trends Report” 2018, Disponibil la adresa: [https://www.accenture.com/t20180208T172438Z\\_\\_w\\_/usen/\\_acnmedia/Accenture/next-gen-7/tech-vision-2018/pdf/Accenture-TechVision-2018-Tech-Trends-Report.pdf](https://www.accenture.com/t20180208T172438Z__w_/usen/_acnmedia/Accenture/next-gen-7/tech-vision-2018/pdf/Accenture-TechVision-2018-Tech-Trends-Report.pdf). [Accesat Februarie 2018].
- [4] Corporate Learning Week, „TOP L&D CHALLENGES OF 2018” San Francisco, CA, 2018. Disponibil la adresa: <https://clweeksv.iqpc.com/top-ld-challenges-of-2018>. [Accesat Februarie 2018].
- [5] Blue Label Labs, „How Much Does it Cost to Create a Virtual Reality App?” 2017. Disponibil la adresa: <https://medium.com/bluelabellabs/infographic-how-much-does-it-cost-to-create-a-virtual-reality-app-e7eb1a21ac19>. [Accesat Februarie 2018].
- [6] D. Velez și P. Zlateva, „Virtual reality challenges in education and training” *International Journal of Learning and Teaching*, vol. 3, nr. 1, p. 33, 2017.
- [7] M. Overmars, „A Brief History of Computer Games” 30 January 2012. Disponibil la adresa: [https://www.stichtingspel.org/sites/default/files/history\\_of\\_games.pdf](https://www.stichtingspel.org/sites/default/files/history_of_games.pdf). [Accesat Mai 2017].
- [8] F. Blin și M. Munro, „Why hasn't technology disrupted academics' teaching practices? Understanding resistance to change through the lens of activity theory” *Computers in Education*, vol. 50, nr. 2, pp. 475-490, 2008.
- [9] C. Keller, „Virtual learning environments: Three implementation perspectives.” *Learning, Media and Technology*, vol. 30, nr. 3, pp. 299-311, 2005.
- [10] D. Kellner, „Technological transformation, multiple literacies, and the re-visioning of education” *E-Learning*, vol. 1, nr. 1, pp. 9-37, 2004.
- [11] N. Selwyn, „The use of computer technology in university teaching and learning: A critical perspective” *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 23, nr. 2, pp. 83-94, 2007.
- [12] D. Laurillard, „Preface” în *Rethinking pedagogy for a digital age: designing and delivering e-learning*, London, Routledge, 2007.
- [13] S. Ali, M. A. Uppal și S. R. Gulliver, „A conceptual framework highlighting e-learning implementation barriers” *Information Technology & People*, vol. 31, nr. 1, pp. 156-180, 2018.
- [14] G. Conole, M. de Laat, T. Dillon și J. Darby, „'Disruptive technologies', 'pedagogical innovation': What's new? Findings from an in-depth study of students' use and perception of technology” *Computers in Education*, vol. 50, nr. 2, pp. 511-524, 2008.
- [15] D. G. Oblinger și J. L. Oblinger, *Educating the Net Generation*, North Carolina: EDUCAUSE, 2005.
- [16] C. Bonk, „Keynote: What is the State of E-Learning? Reflections on 30 Ways Learning is Changing” *Journal of Open, Flexible, and Distance Learning*, vol. 20, nr. 2, 2016.

- [17] G. Kennedy, K. Krause, K. Gray, T. Judd, S. J. Bennett, K. A. Maton, B. Dalgarno și A. Bishop, „Questioning the net generation: a collaborative project in Australian higher education” în *L. Markauskaite, P. Goodyear & P. Reimann (Eds.), Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*, Sydney, 2006.
- [18] F. Hussain, „E-Learning 3.0 = E-Learning 2.0 + Web 3.0?” în *International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA)*, Madrid, 2012.
- [19] W. S. Yue, „Enhancement of Learning Management System (LMS) by serious game engine: Collaborative” în *International Conference on Interactive Digital Media (ICIDM)*, Bandung, 2015.
- [20] M. Pusnik, B. Sumak și M. Hericko, „Investigation of Virtual Learning Environment in the Context of Web 2.0” în *Second International Conference on Mobile, Hybrid, and On-Line Learning*, Saint Maarten, 2010.
- [21] S. Cankaya și S. Izmirli, „Activity module development for Moodle: a sample activity module, edugame” în *Proceedings of the international conference on Computational and information science 2009 (CIS'09)*, Houston, 2009.
- [22] M. Stevic, „Virtual integration of laboratories over long distance for real-time co-simulation of power systems” în *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Florence, 2016.
- [23] C. Spiteri, C. De Raffaele și S. Smith, „Bridging the digital divide for e-learning students through adaptive VLEs” în *IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, Bangkok, 2016.
- [24] A. Protopsaltis, L. Auneau, I. Dunwell, S. de Freitas, P. Petridis, S. Arnab, S. Scarle și M. Hendrix, „Scenario-based serious games repurposing” în *Proceedings of the 29th ACM international conference on Design of communication (SIGDOC '11)*, Pisa, 2011.
- [25] İ. Reisoğlu, F. Topu, R. Yılmaz, T. Karakus Yılmaz și Y. Goktas, „3D virtual learning environments in education: a meta-review” *Asia Pacific Education Review*, vol. 18, nr. 1, pp. 81-100, 2017.
- [26] P. . Goodyear, „Technology and the articulation of vocational and academic interests: reflections on time, space and e-learning” *Studies in Continuing Education*, vol. 28, nr. 2, pp. 83-98, 2006 2006.
- [27] R. Land, „Networked learning and the politics of speed: A dromological perspective” în *Proceedings of the fifth international conference on networked learning, 10–12th April*, Lancaster, 2006.
- [28] P. Virilio, F. Kittler și J. Armitage, „The information bomb a conversation” *Angelaki*, vol. 4, nr. 2, pp. 81-90, 1999.
- [29] H. Rodrigues, F. Almeida, V. Figueiredo și S. L. Lopes, „Tracking e-learning through published papers: A systematic review” *Computers & Education*, vol. 136, nr. 1, pp. 87-98, 2019.
- [30] S. Hubackova, „History and Perspectives of Elearning” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 1187-1190, 2015.
- [31] S. Charp, „Some Reflections” *T H E Journal (Technological Horizons In Education)*, vol. 24, nr. 11, 1997.
- [32] P. Nicholson, „A History of E-Learning” *Computers and Education E-Learning, From Theory to Practice*, pp. 1-11, 2007.

- [33] G. Campbell, „There’s something in the air: Podcasting in education.” *EDUCAUSE Review*, vol. 40, nr. 6, pp. 32-47, 2005.
- [34] T. A. Urdan și C. C. Weggen, „Corporate e-learning: Exploring a new frontier” WR Hambrecht Co, 2000.
- [35] M. Ebner, „E-Learning 2.0 = e-Learning 1.0 + Web 2.0?” în *The Second International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES’07)*, Vienna, Austria, 2007.
- [36] D. Garrison și H. Kanuka, „Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education” *The Internet and Higher Education*, vol. 7, nr. 2, pp. 95-105, 2004.
- [37] C. Bonk și C. Graham, „Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, and Future Directions” în *Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*, CA, Pfeiffer Publishing, 2005, pp. 3-21.
- [38] D. Gillmor, „The Read-Write Web” în *We the Media - Grassroots Journalism by the People, for the People*, Authorama, 2004. Disponibil la adresa: [http://library.uniteddiversity.coop/Media\\_and\\_Free\\_Culture/We\\_the\\_Media.pdf](http://library.uniteddiversity.coop/Media_and_Free_Culture/We_the_Media.pdf). [Accesat Ianuarie 2018].
- [39] S. Downes, „E-Learning 2.0” *eLearn Magazine*, 16.10.2005. Disponibil la adresa: <https://www.downes.ca/cgi-bin/page.cgi?post=31741>. [Accesat Ianuarie 2018].
- [40] P. Duffy, „Using Youtube: Strategies for Using New Media in Teaching and Learning” în *Enhancing Learning through Technology*, Singapore, World Scientific, 2008.
- [41] K. Chow și K. Cheung, „A Study on Tag Cloud Quality in e-Learning 2.0” în *Enhancing Learning Through Technology*, Singapore, World Scientific, 2008.
- [42] P. Anderson, „What is Web 2.0? Ideas, technologies and implications for education” JISC Technology and Standards Watch, 2007. Disponibil la adresa: [http://www.ictliteracy.info/rf.pdf/Web2.0\\_research.pdf](http://www.ictliteracy.info/rf.pdf/Web2.0_research.pdf). [Accesat Ianuarie 2018].
- [43] S. Chou și C. Liu, „Learning effectiveness in a Web-based virtual learning environment: a learner control perspective” *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 21, nr. 1, 2005.
- [44] P. Dillenbourg, D. Schneider și P. Synteta, „Virtual Learning Environments” în *3rd Hellenic Conference "Information & Communication Technologies in Education*, Rhodes, Greece, 2002.
- [45] G. Creed-Dikeogu și C. Clark, „Are You MOOC-ing Yet? A Review for AcademicLibraries” în *Kansas Library Association College and University Libraries Section Proceedings*, 2013.
- [46] R. Moe, „The brief & expansive history (and future) of the MOOC: Why two divergent models share the same name,” *Current Issues in Emerging eLearning*, vol. 2, nr. 1, 2015.
- [47] J. Thompson, „Is Education 1.0 Ready for Web 2.0 Students?” *Innovate: Journal of Online Education*, vol. 3, nr. 4, 2007.
- [48] M. Ebner, A. Holzinger și H. Maurer, „Web 2.0 Technology: Future Interfaces for Technology Enhanced Learning?” în *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services.*, Berlin, Springer, 2007, pp. 559-568.
- [49] C. McLoughlin și M. J. W. Lee, „Personalised and self regulated learning in the Web 2.0 era: International exemplars of innovative pedagogy using social software” *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 26, nr. 1, pp. 28-43, 2010.

- [50] J. Yau, J. Lam și K. Cheung, „A Review of e-Learning Platforms in the Age of e-Learning 2.0” în *International Conference on Hybrid Learning and Education*, Berlin, 2009.
- [51] M. J. W. Lee și C. McLoughlin, „Teaching and Learning in the Web 2.0 Era: Empowering Students through Learner-Generated Content” *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*, vol. 4, nr. 10, 2007.
- [52] X. Wang, P. E. Love, R. Klinc, M. J. Kim și P. R. Davis, „Integration of E-learning 2.0 with web 2.0” *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 17, pp. 387-396, 2012.
- [53] T. Berners-Lee, J. Hendler și O. Lassila, „The Semantic Web” *Scientific American*, May 2001.
- [54] N. Rubens, D. Kaplan și T. Okamoto, „E-Learning 3.0: Anyone, Anywhere, Anytime, and AI” în *New Horizons in Web Based Learning. ICWL 2012. Lecture Notes in Computer Science*, Berlin, Springer, 2014, pp. 171-180.
- [55] M. Hussein, „Transition to Web 3.0: E-Learning 3.0 opportunities and challenges” în *EELU INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-LEARNING*, Cairo, 2014.
- [56] S. Sarwar, Z. Ul Qayyum, M. Safyan și R. Munir, „Ontology Based Adaptive, Semantic E-Learning Framework (OASEF)” în *Information Science and Applications (ICISA)*, Singapore, 2016.
- [57] O. Sowunmi, S. Misra, N. Omoregbe, R. Damasevicius și R. Maskeliūnas, „A Semantic Web-Based Framework for Information Retrieval in E-Learning Systems” în *International Conference on Recent Developments in Science, Engineering and Technology*, Gurgaon, India, 2018.
- [58] R. Z. Cabada, M. L. B. Estrada, F. G. Hernández, R. O. Bustillos și C. A. Reyes-García, „An affective and Web 3.0-based learning environment for a programming language” *Telematics and Informatics*, vol. 35, nr. 3, pp. 611-628, 2018.
- [59] V. Fernoaga, G.-A. Stelea, C. Gavrilă și F. Sandu, „Intelligent Education Assistant Powered by Chatbots” în *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest, 2017.
- [60] A. Ivanov și D. Orozova, „Virtual Intelligent Personal Assistant for Bat Researchers” în *Proceedings of the 19th International Conference on Computer Systems and Technologies*, Ruse, Bulgaria, 2018.
- [61] W. Tarng, C. Liu, C. Lee, C. Lin și Y. Lu, „A virtual laboratory for learning fullerene production and nanostructure analysis” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 27, nr. 2, pp. 472-484, 2018.
- [62] M. T. Valdez, C. M. Ferreira și F. P. M. Barbosa, „3D virtual laboratory for teaching circuit theory — A virtual learning environment (VLE)” în *51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Coimbra, 2016.
- [63] L. Marcos, A. Garcia-Cabot și E. Garcia-Lopez, „Towards the Social Gamification of e-Learning: a Practical Experiment” *International Journal of Engineering Education*, 2017.
- [64] D. Kermek, D. Strmečki, M. Novak și M. Kaniški, „Preparation of a hybrid e-learning course for gamification” în *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, 2016.
- [65] P. Miranda, P. Isaias, C. J. Costa și S. Pifano, „Validation of an e-Learning 3.0 Critical Success Factors Framework: A Qualitative Research” *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 16, pp. 339-363, 2017.

- [66] G. Collier și R. Robson, „ELEARNING INTEROPERABILITY STANDARDS” Eduworks Corporation, Sun Microsystems, 2002.
- [67] M. Alier, E. Mayol, M. J. Casañ și J. Piguillem, „Clustering Projects for eLearning Interoperability” *Journal of Universal Computer Science*, vol. 18, nr. 1, pp. 106-122, 2012.
- [68] A. M. Bianco, M. D. Marsico și M. Temperini, „Standards for e-learning” TISIP Foundation, Trondheim, Norway, 2005.
- [69] W. McDonald, J. Hyde și A. Montgomery, „CMI Guidelines for Interoperability” AICC, 2004.
- [70] A. Bakhoui, R. Dehbi, M. T. Lti și O. Hajoui, „Evolution of standardization and interoperability on E-learning systems: An overview” în *16th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Ohrid, Macedonia , 2017.
- [71] The Advanced Distributed Learning Initiative, „SCORM Users Guide for Instructional Designers” 15 September 2011. Disponibil la adresa: [https://adlnet.gov/public/uploads/SCORM\\_Users\\_Guide\\_for\\_ISDs.pdf](https://adlnet.gov/public/uploads/SCORM_Users_Guide_for_ISDs.pdf). [Accesat Aprilie 2019].
- [72] O. Bohl, J. Scheuhase, R. Sengler și U. Winand, „The sharable content object reference model (SCORM) - a critical review” în *International Conference on Computers in Education*, Auckland, New Zealand, 2002.
- [73] X. H. Xiang și L. P. Guo, „Tailoring Learning Management Systems and Learning Contents for the SCORM Model \*” 2003.
- [74] M. J. Casany, M. Alier, M. Á. Conde și F. J. García-Peñalvo, „SOA initiatives for eLearning. A Moodle case” în *23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA*, Los Alamitos, California, 2009.
- [75] A. Bakhoui, R. Dehbi și M. Talea, „Toward an Adaptive Architecture for Integrating Mobile Apps with LMS using Next Generation of SCORM” în *2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*, Riyadh, Saudi Arabia, 2019.
- [76] xAPI.com, „Experience API: Statements 101” Disponibil la adresa: <https://xapi.com/statements-101/>. [Accesat Ianuarie 2018].
- [77] B. Miller, „Deep Dive: Activity” xAPI, Disponibil la adresa: <https://xapi.com/blog/deep-dive-activity>. [Accesat Ianuarie 2018].
- [78] V. Gabriel Ramirez, F. Moreira și C. González, „Relation between u-learning, connective learning, and standard xAPI: a systematic review” în *Proceedings of the XVIII International Conference on Human Computer Interaction*, Cancun, Mexico, 2017.
- [79] K. Lee, „Rethinking the accessibility of online higher education: A historical review” *The Internet and Higher Education*, vol. 33, pp. 15-23, 2017.
- [80] B. Bates, *Learning Theories Simplified and how to apply them to teaching*, SAGE, 2019.
- [81] D. H. Schunk, *Learning Theories. An Educational Perspective*, Pearson, 2012.
- [82] K. Kruse, „Introduction to Instructional Design and the ADDIE Model” Semantic Scholar, Disponibil la adresa: <https://pdfs.semanticscholar.org/9dde/73651c087216677a930f1f5c2df02de6a5f9.pdf>. [Accesat Decembrie 2018].
- [83] J. Schoenfeld și Z. L. Berge, „Emerging ISD Models for Distance Training Programs” *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 33, nr. 1, 2004.

- [84] İ. Çalışkan, „A Case Study about Using Instructional Design Models in Science Education” *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 116, pp. 394-396, 2014.
- [85] E. Jung, D. Kim, M. Yoon, S. Park și B. Oakley, „The influence of instructional design on learner control, sense of achievement, and perceived effectiveness in a supersize MOOC course” *Computers & Education*, vol. 128, pp. 377-388, 2019.
- [86] R. Patel Sapana, J. Margolies Paul, H. Covell Nancy, C. Lipscomb și B. Dixon Lisa, „Using Instructional Design, Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate, to Develop e-Learning Modules to Disseminate Supported Employment for Community Behavioral Health Treatment Programs in New York State” *Frontiers in Public Health*, vol. 6, p. 113, 2018.
- [87] R. C. Clark și R. E. Mayer, *e-Learning and the Science of Instruction. Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*, Pfeiffer, 2011.
- [88] S. C.H. Chan, C. J. Wan și S. Ko, „Interactivity, active collaborative learning, and learning performance: The moderating role of perceived fun by using personal response systems” *The International Journal of Management Education*, vol. 17, nr. 1, pp. 94-102, 2019.
- [89] I. Pšenáková și T. Szabó, „Interactivity in Learning Materials for the Teaching” în *16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, Stary Smokovec, Slovakia, 2018.
- [90] E. Lee Ai-Lim, K. W. Wong și C. C. Fung, „How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach” *Computers & Education*, vol. 55, nr. 6, pp. 1424-1442, 2010.
- [91] Z. Merchant, E. T. Goetz, L. Cifuentes, W. Keeney-Kennicutt și Trina J. Davis, „Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis” *Computers & Education*, vol. 70, pp. 29-40, 2014.
- [92] M. Akçayır și G. Akçayır, „Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature” *Elsevier*, vol. 20, pp. 1-11, 2017.
- [93] G. Makransky, T. S. Terkildsen și R. E. Mayer, „Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning” *Learning and Instruction*, vol. 60, pp. 225-236, 2019.
- [94] N. Jones, „Simulated labs are booming” *Nature Outlook: Science and technology education*, vol. 562, 2018.
- [95] N. Nistor și Á. Hernández-García, „What types of data are used in learning analytics? An overview of six cases” *Computers in Human Behavior*, vol. 89, pp. 335-338, 2018.
- [96] P. Long și G. Siemens, „Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education” *Educause Review*, vol. 46, nr. 5, pp. 31-40, 2011.
- [97] O. Viberg, M. Hatakka, O. Bälter și A. Mavroudi, „The current landscape of learning analytics in higher education” *Computers in Human Behavior*, vol. 89, pp. 98-110, 2018.
- [98] C. Vieira, P. Parsons și V. Byrd, „Visual learning analytics of educational data: A systematic literature review and research agenda” *Computers & Education*, vol. 122, pp. 119-135, 2018.
- [99] N. Sclater, A. Peasgood și J. Mullan, „Learning Analytics in Higher Education - A review of UK and international practice” Jisc, 2016. Disponibil la adresa: [https://www.jisc.ac.uk/sites/default/files/learning-analytics-in-he-v2\\_0.pdf](https://www.jisc.ac.uk/sites/default/files/learning-analytics-in-he-v2_0.pdf). [Accesat Martie 2018].

- [100] A. Downes, „What are the different ways I can export or download data from Watershed?” 06 July 2016. Disponibil la adresa: <https://watershedlrs.zendesk.com/hc/en-us/articles/211590703-What-are-the-different-ways-I-can-export-or-download-data-from-Watershed->. [Accesat Aprilie 2018].
- [101] G. Attwell, „The Personal Learning Environments - the future of eLearning?” *eLearning Papers*, vol. 2, nr. 1, 2007.
- [102] M. Gavriushenko, „On Personalized Adaptation of Learning Environments” *Jyväskylä Studies in Computing*, vol. 272, 2017.
- [103] Z. Liu și Y. Liu, „Research on Personalization E-Learning System Based on Agent Technology” în *3rd WSEAS Int. Conf. on CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'09)*, 2009.
- [104] A. Klačnja-Milicevic, B. Vesin, M. Ivanovic, Z. Budimac și L. C. Jain, „Personalization and Adaptation in E-Learning Systems” *E-Learning Systems*, vol. 112, pp. 21-25, 2016.
- [105] M. Gaeta, S. Miranda, F. Orciuoli, S. Paolozzi și A. Poce, „An Approach To Personalized e-Learning” *SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS*, vol. 11, nr. 1, 2013.
- [106] A. Maselena, N. Sabani, M. Huda, R. Ahmad, K. A. Jasmi și B. Basiron, „Demystifying Learning Analytics in Personalised Learning” *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, nr. 3, pp. 1124-1129, 2018.
- [107] C. Alonso-Fernandez, I. Perez-Colado, M. Freire, I. Martinez-Ortiz și B. Fernández-Manjón, „Improving Serious Games Analyzing Learning Analytics Data: Lessons Learned” în *7th International Conference, GALA 2018, Palermo, Italy*, 2018.
- [108] V. S. Zirawaga, A. I. Olusanya și T. Maduku, „Gaming in Education: Using Games as a Support Tool to Teach History” *Journal of Education and Practice*, vol. 8, nr. 15, pp. 55-64, 2017.
- [109] J. Majuri, J. Koivisto și J. Hamari, „Gamification of education and learning: A review of empirical literature” în *2nd International GamiFIN Conference (GamiFIN 2018)*, 2018.
- [110] R. Ibrahim și A. Jaafar, „Educational games (EG) design framework: Combination of game design, pedagogy and content modeling” în *2009 International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, Selangor, Malaysia, 2009.
- [111] J. Hamari, J. Koivisto și H. Sarsa, „Does Gamification Work? — A Literature Review of Empirical Studies on Gamification” în *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 2014.
- [112] M. Boeker, P. Andel, W. Vach și A. Frankenschmidt, „Game-Based E-Learning Is More Effective than a Conventional Instructional Method: A Randomized Controlled Trial with Third-Year Medical Students” *PLoS ONE*, vol. 8, nr. 12, 2013.
- [113] H. T. Hung, J. C. Yang, G. J. Hwang, H. C. Chu și C. C. Wang, „A scoping review of research on digital game-based language learning” *Computers & Education*, vol. 126, pp. 89-104, 2018.
- [114] B. Brathwaite și I. Schreiber, *Challenges for Game Designers*, Charles River Media, 2009.
- [115] J. Park, S. Kim, A. Kim și M. Y. Yi, „Learning to be better at the game: Performance vs. completion contingent reward for game-based learning” *Computers & Education*, vol. 139, pp. 1-15, 2019.

- [116] I. Nikolaou, K. Georgiou și V. Kotsasarlidou, „Exploring the Relationship of a Gamified Assessment with Performance” *The Spanish Journal of Psychology*, vol. 22, nr. 6, 2019.
- [117] H. Gong și Y. Piller, „Differences in Parental Involvement and Perception of Video Games: A Pilot Study on American-Born and Immigrant Parent” *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 14, nr. 3, pp. 785-796, 2018.
- [118] V. Potkonjak, M. Gardner, V. Callaghan, P. Mattila, C. Guetl, V. M. Petrović și K. Jovanović, „Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review” *Computers & Education*, vol. 95, pp. 309-327, 2016.
- [119] H. Jerkovic, P. Vranesic și A. Radan, „Analysis of Learning Management Systems features and future development challenges in modern cloud environment” în *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 2016.
- [120] R. Gurunath și K. R. A. Kumar, „SAAS EXPLOSION LEADING TO A NEW PHASE OF A LEARNING MANAGEMENT SYSTEM” *International Journal of Current Research and Review*, vol. 7, nr. 22, pp. 62-66, 2015.
- [121] M. BEȘTAȘ, „Massive Open Online Courses and Cloud Computing” *Academia Eđitim Arařtırmaları Dergisi*, vol. 2, nr. 1, pp. 20-28, 2017.
- [122] S. AHALT și K. FECHO, „Ten Emerging Technologies for Higher Education” *RENCI, University of North Carolina at Chapel Hill*, vol. 3, nr. 1, 2015.
- [123] D. Grajewski, F. Górski și Z. Pandilov, „Virtual Simulation of Machine Tools” în *International Scientific-Technical Conference MANUFACTURING*, 2019.
- [124] P. Wang, P. Wu, J. Wang, H.-L. Chi și X. Wang, „A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, nr. 6, 2018.
- [125] Y. Liu și Y. Liu, „Application of the Computer Assembly Virtual Platform in Higher Vocational Education” în *3rd International Seminar on Education Innovation and Economic Management (SEIEM 2018)*, 2018.
- [126] F. Wang, „Research on Virtual Reality Based on EON Studio” în *2010 Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing*, Shenzhen, China, 2010.
- [127] A. GRĂDINARU, A. MOLDOVEANU, V. ASAVEI și S. A. PIȘTIRICĂ, „CASE STUDY - OPEN SIMULATOR FOR 3D MMO EDUCATION” în *Proceedings of the 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education (eLSE)*, 2015, Bucharest, ROMANIA, vol. 1, ISSN 2066-026X, pp. 224-231, DOI: 10.12753/2066-026X-15-033, WOS:000384469000033.
- [128] A. Moldoveanu, F. Moldoveanu, V. Asavei, A. Egnér și A. Morar, „From HTML to 3DMMO - a Roadmap Full of Challenges” în *The 18th International Conference On Control Systems And Computer Science*, Bucharest, 2018.
- [129] K. Chen, C. B. Choy, M. Savva, A. X. Chang, T. Funkhouser și S. Savarese, „Text2Shape: Generating Shapes from Natural Language by Learning Joint Embeddings” în *14th Asian Conference on Computer Vision, Perth, Australia*, 2018.
- [130] T. Groueix, M. Fisher, V. G. Kim, B. C. Russell și M. Aubry, „AtlasNet: A Papier-Mâché Approach to Learning 3D Surface Generation” în *CVPR18 The Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Salt Lake City, 2018.



- [131] A. Kanazawa, S. Tulsiani, A. A. Efros și J. Malik, „Learning Category-Specific Mesh Reconstruction” în *European Conference on Computer Vision*, 2018.
- [132] L. M. Bush și C. E. Schmidt, „Overview of Bacteria” în *MSD MANUAL Consumer Version*, Merck Sharp & Dohme Corp., a subsidiary of Merck & Co., Inc., Kenilworth, NJ, USA, 2018.
- [133] „Most immersive games you've ever played?” Gamespot, Disponibil la adresa: <https://www.gamespot.com/forums/system-wars-314159282/most-immersive-games-youve-ever-played-33446910/>. [Accesat Ianuarie 2019].
- [134] „What Are Some Of The Most Immersive Games?” reddit, Disponibil la adresa: [https://www.reddit.com/r/gamingsuggestions/comments/7xuyjg/what\\_are\\_some\\_of\\_the\\_most\\_immersive\\_games/](https://www.reddit.com/r/gamingsuggestions/comments/7xuyjg/what_are_some_of_the_most_immersive_games/). [Accesat Ianuarie 2019].
- [135] W. Szwedowski, „Top 10 Immersive Games” G2A, 29 September 2017. Disponibil la adresa: <https://www.g2a.com/news/features/top-10-immersive-games/>. [Accesat Ianuarie 2019].
- [136] „Most immersive games to dive into today!” Eneba.com, March 2019. Disponibil la adresa: <https://www.eneba.com/blog/most-immersive-games-to-dive-into-today/>. [Accesat Martie 2019].
- [137] S. Deb, Suraksha și P. Bhattacharya, „Augmented Sign Language Modeling(ASLM) with interaction design on smartphone - an assistive learning and communication tool for inclusive classroom” *Procedia Computer Science*, vol. 125, pp. 492-500, 2018.
- [138] A. O. Sudanal, G. Aristamy și N. K. A. Wirdiani, „Augmented Reality Application of Sign Language for Deaf People in Android Based on Smartphone” *International Journal of Software Engineering and its Applications*, vol. 10, nr. 8, pp. 139-150, 2016.
- [139] A. Gradinaru, F. Moldoveanu și A. Moldoveanu, „DESIGNING A CLOUD PLATFORM FOR INTERACTIVE GAME ACTIVITIES IN WEB-BASED E-LEARNING” în *Proceedings of the 9th International Conference on Education and New Learning Technologies*, Barcelona, Spain, EDULEARN17, 2017, pp. 6797-6804, ISBN: 978-84-697-3777-4, DOI: 10.21125/edulearn.2017.2561.
- [140] A. Gradinaru, A. Moldoveanu și F. Moldoveanu, „Designing a Virtual Reality Learning Management System” în *Proceedings of the 14th International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest, April 19 - 20, 2018, Vol. 2, pp.11-16, DOI: 10.12753/2066-026X-18-072, WOS:000467466800001.
- [141] V. Asavei, A. Gradinaru, A. Moldoveanu, S.-A. Pistirica, O. Poncea și A. Butean, „Massively Multiplayer Online virtual spaces – classification, technologies and trends” *UPB Scientific Bulletin*, vol. 78, nr. 4, 2016, pp. 3-16, ISSN 2286-3672, WOS:000393328400001.
- [142] A. Gradinaru, A. Moldoveanu, F. Moldoveanu și A. Morar., „Introducing VR gamification in Higher Education” în *12th annual International Conference of Education, Research and Innovation*, Seville, Spain, November 2019 [articol trimis].
- [143] A. Soceanu, M. Vasylenko și A. Gradinaru, „Improving Cybersecurity Skills Using Network Security Virtual Labs” în *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2017 (IMECS 2017)*, Hong Kong, 15-17 March, 2017, ISBN: 978-988-14047-3-2.
- [144] A. Moldoveanu, A. Gradinaru, O. M. Ferche și L. Stefan, „The 3D UPB mixed reality campus: Challenges of mixing the real and the virtual” în *Proceedings of the 18th International*

*Conference System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, Sinaia, 2014, pp. 538-543. DOI 10.1109/ICSTCC.2014.6982472.

- [145] E. A. Shudayfat, A. Moldoveanu și A. Gradinaru, „LEARNING THE BASES OF CHEMISTRY IN A CONTENT RICH, GAME BASED 3D MMO VIRTUAL ENVIRONMENT” în *Proceedings of the 10th International Scientific Conference on eLearning and Software for Education (eLSE)*, 2014, vol. 1, pp. 15-23, ISSN 2066-026X, Bucharest, ROMANIA, WOS:000357153000002 .
- [146] E. A. Shudayfat, A. Moldoveanu, F. Moldoveanu și A. Gradinaru, „Virtual Reality-based Biology Learning Module” în *Proceedings of the 9th International Conference eLearning and Software for Education (eLSE)*, 2013, Bucharest, ROMANIA, vol 2, pp. 621-626, ISSN 2066-026X, WOS:000328100100100.
- [147] M. A. BALUTOIU, A. Gradinaru, A. Moldoveanu, F. Moldoveanu, A. Morar, A.-K. Nazare și M. Radoi, „LibQuest-Revitalize Libraries and Reading Through Gamification” în *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, Bucharest, April 2019, Vol. 1, pp. 173-180 DOI:10.12753/2066-026X-19-023, WOS:000473322400023.
- [148] A. SOCEANU, V. Maksym și A. GRADINARU, „Teaching/Researching Practically Oriented ICT Security Topics using Green Mobility Solutions within a Virtual Campus” în *Proceedings of the 7th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2016*, March 8 - 11, Orlando, Florida, USA, pp. 8-11.
- [149] A. GRADINARU, M. Florica, A. SOCEANU, G. SOCHER și A. E. G. GUTIERREZ, „Acces Control to the Resources of an Open Distributed European Virtual Campus Platform” în *Proceedings of the International Scientific Conference eLearning and Software for Education (eLSE)*, 2015, Bucharest, ROMANIA, vol. 1, pp. 216-223, ISSN 2066-026X, DOI: 10.12753/2066-026X-15-032, WOS:000384469000032.