

Facultatea de Matematică și Informatică
Universitatea Babes-Bolyai
Specializarea Informatică

LUCRARE DE LICENȚĂ

Simularea tratării acrofobiei cu ajutorul realității
virtuale



Coordonator

Lect. dr. Arthur Molnar

Absolvent

Monica Olănescu

Abstract

Acrophobia, fear of heights is one of the most common phobias in the world. Multiple statistics show that 7.5% of people suffer from it. In present, Virtual Reality Exposure Therapy is a scalable and practical treatment option that had a lot of successful results.

This paper, titled “Simulating the acrophobia treatment with the help of Virtual Reality”, introduces a solution for those who suffer from acrophobia through the help of Virtual Reality technology. In order to understand how this solution works, it is important to know the basics of every used concept, which are presented in the first three chapters of the thesis.

Thus, the introduction part, presents a summary of what Virtual Reality technology is and how it evolved from its beginnings. This part is meant to show how I decided to choose this subject and what impressed me the most about it.

The next chapter presents the basics about phobias, especially about acrophobia, such as definitions, symptoms, causes, and treatments.

Afterwards comes the basics of Virtual Reality technology part. I thought the most interesting part would be to show some applications of VR in well-known life domains, such as education, art, and medicine. The benefits of Virtual Reality in psychological disease treatments are there, too.

The next chapter presents the application, as I tried to combine creativity with a basic treatment of acrophobia, which doesn't require the physical presence of a specialist. I had the honor to receive feedback from a psychotherapist specialized in Virtual Reality Exposure Therapy, who guided me and gave me advice on how to approach everything. This chapter has its own sections functionalities, design, implementation, and technical aspects.

Then, the following chapter presents the technologies used in the project. This mainly introduces their definitions, history, and benefits.

In the end, the conclusion sums up the whole process of developing this project, from hard work, stress, and panic to excitement, happiness, and satisfaction. Also, this part shows the eventual improvements that can be added to the project.

Cuprins

1	Introducere	2
2	Acrofobia	4
2.1	Definire și prezentare generală	4
2.2	Sимптомы	5
2.3	Cauze	5
2.4	Tratament	6
3	Realitatea virtuală	8
3.1	Definire și prezentare generală	8
3.2	Tehnologia și echipamentul folosit în realitatea virtuală	8
3.3	Aplicațiile realității virtuale	9
3.3.1	Educație	9
3.3.2	Artă	11
3.3.3	Medicină	12
3.4	Beneficiile folosirii realității virtuale în tratarea bolilor psihologice	14
4	Studiu de caz: Tratarea acrofobiei cu ajutorul realității virtuale	15
4.1	Analiză și funcționalități	15
4.2	Proiectare	15
4.3	Aspecte tehnice și concepte folosite	22
4.4	Implementare și structurare	24
5	Tehnologii utilizate	28
5.1	Unity	28
5.1.1	Istoria framework-ului Unity	28
5.1.2	Beneficiile acestuia	30
5.2	Blender	31
5.2.1	Istoria framework-ului Blender	31
5.2.2	Caracteristicile de bază ale acestuia	31
5.3	Limbajul de programare C#	32
6	Concluzii	34
	Bibliografie	35

Capitolul 1

Introducere

Realitatea virtuală a fost inventată în 1957 de Morton Heiling. Sistemul multi-media denumit Sensorama a fost considerat unul dintre cele mai timpurii sisteme virtuale. Cu toate acestea, termenul de "realitate virtuală" a fost inventat mult mai târziu, în 1987 de Jaron Lanier[1]. Această tehnologie a fost folosită în mai multe industrii, chiar de la începuturi.

În 1935, autorul de știință fictivă Stanley Weinbaum a anticipat ce avea să urmeze prin povestea Pygmalion's Spectacles, unde principalul personaj întâlnește un profesor. Acest profesor a inventat o pereche de ochelari, unde avea posibilitatea de a vedea un film, bucurându-se și de celealte simțuri, cum ar fi simțul miroslui, a gustului și simțul tactil[2].

Primul HMD (Head Mounted Display) a fost realizat în anul 1961, de Comeau și Bryan, care erau doi ingineri din corporația Philco. Acesta a fost denumit Headsight și avea două ecrane, câte unul pentru fiecare ochi. A fost primul dispozitiv de urmărire a mișcării creat vreodată. În 1968 Ivan Sutherland, un profesor de la Harvard și om de știință în domeniul calculatoarelor, a inventat primul dispozitiv de realitate virtuală și augmentată numit 'The Sword of Damocles'[3].

În anii 1970, 1980 s-a realizat prima experiență de călătorie cu ajutorul acestei tehnologii. Totodată s-a adus în atenție conceptul de jocuri video simulate într-un film, iar în 1987 John Lanier a inventat cuvântul oficial "realitatea virtuală".

În următorii 10 ani, au fost introduse multe jocuri video ce erau jucate în timp real și totodată au fost simulate zone din războiul vietnamez pentru a realiza terapia prin expunere pentru cei bolnavi de tulburare de stres post traumatic.

În ultimii 20 ani realitatea virtuală a făcut foarte mari progrese, în principiu cu ajutorul marilor companii Google, Microsoft, Facebook, Apple. În 2010, Palmer Luckey a proiectat un prototip pentru ceea ce avea să fie Oculus Rift headset, care ulterior a fost cumpărat de Facebook[1]. Toate acestea denotă un progres frumos a acestei tehnologii, și un viitor promițător. În prezent această tehnologie este folosită de mai bine de 21 de industrii, după cum sunt prezентate în [4].

Având în vedere această investire masivă a industriilor în realitatea virtuală, faptul că oamenii pot fi ajutați să își depășească propriile temeri sau chiar să scape de anumite traume din trecut m-a fascinat. Prin această lucrare imi propun să simulez terapia prin expunere cu ajutorul realității virtuale pentru persoanele acrofobice. Aplicația urmărește tiparul de tratament, fără un terapeut în cazul unei fobii care nu se manifestă atât de intens. În cazul fobiilor cronice este necesară monitorizarea de un terapeut specialist în domeniu. Această aplicație reprezintă o expunere la spații îmalte ce provoacă stare de panică pentru persoanele ce suferă de acrofobie. Spațiul este controlat în totalitate de utilizator.

Astfel în această lucrare vor fi atinse aspectele cele mai importante, atât psihologice cât și legate de această tehnologie. Primul capitol pune bazele conceptului de fobie, axându-se mai apoi pe acrofobie, unde se prezintă cauzele, simptomele și trata-

mentul. Următorul capitol definește conceptul de realitate virtuală, după care intră în detalierea acesteia. Se prezintă aplicațiile mai importante ale acestei tehnologii, mai apoi aducându-se beneficiile tratării acrofobiei.

Mai apoi se prezintă aplicația realizată pentru a simula acest tratament, de la partea de proiectare până la implementarea propriu-zisă. Un alt capitol prezintă tehnologiile folosite, pornind de la începuturile lor și până în prezent. Iar în cele din urmă sunt prezentate concluziile trase în urma finalizării acestei lucrări și îmbunătățirile care pot fi aduse ulterior.

Capitolul 2

Acrofobia

2.1 Definire și prezentare generală

Fobia poate fi definită ca fiind o teamă irațională, foarte persistentă, dusă uneori la extreame și totuși inofensivă[5]. Aceasta poate fi stârnită atât de o anumită situație, cât și de anticiparea ei. În general, fobiile pot fi împărțite în 3 mari categorii: agorafobiile, fobiile sociale și fobiile specifice.

Agorafobia este caracterizată de teama de a fi singur în anumite situații sau spații, mai ales în spațiile publice, care nu pot fi părăsite imediat, unde se găsesc mai multe persoane împreună, iar ajutorul poate să nu fie disponibil într-un eventual atac de panică. Unii pacienți pot ajunge chiar în extrema de a se izola complet de lumea exterioară. Termenul "agorafobie" provine din cuvintele grecești *agora* - piata și *phobia* - frică, ce a fost inițial folosit pentru a indica o teamă patologică de spații închise, întinse, de locurile publice[6].

Fobiile sociale sunt adesea asociate cu încrederea de sine scăzută, frica de a fi criticat, frica de oameni, frica de locurile supraaglomerate sau frica de a călători cu diferite tipuri de transport. Toate acestea duc la evitarea contactului social. De multe ori fobia socială nu trebuie, neapărat, cauzată de frica de oameni, ci poate fi stârnită de persoana în cauză. Aceasta poate fi provocată ca efect al eșecului altor persoane sau din cauza părerii celorlalți[7].

A treia categorie de fobi, fobiile specifice sunt cunoscute totodată ca fobiile izolate. Frica de anumite obiecte sau situații se încadrează în această categorie. Aceste fobi se pot clasifica la rândul lor în 5 tipuri: fobi de situații (transport public, tunele, poduri, ascensoare, zbor, condus sau spații închise), fobi ce țin de mediul natural (furtuni, înălțimi, apă), fobi de sânge, injecții sau plăgi, fobi de animale și insecte, și alte fobi (situațiile care ar putea duce la sufocare, vomă sau contactarea unei boli, de sunete puternice, de persoane în uniformă) [8]. În cazul fobiilor de sânge, injecții, plăgi, frica intensă declanșată de acestea este însoțită foarte frecvent de o stare de leșin. Pe de altă parte, o caracteristică a fobiilor de situație este reprezentată de manifestările mai intense decât a celorlalte tipuri de fobi, putându-se ajunge la un atac de panică circumscris unei împrejurări. Nu este normal ca o persoană să aibă mai mult de o fobie, însă, având o fobie, șansa de a avea și pe a doua crește.

Acrofobia, o frică irațională de înălțimi, este o deficiență mentală universală, ce afectează aproximativ 5% din populația lumii. Aceasta este caracterizată de o reacție disproportională în raport cu frica comună, ratională de anumite înălțimi și poate cauza neliniște, determinată de spații înalte sau anticiparea acestora. Potrivit Manualului de Statistică al Tulburărilor Mentale, acrofobia este clasificată ca o fobie specifică și etiologia ei este influențată atât de factorii de mediu cât și de cei genetici[9].

Pentru ca o teamă de înălțime să fie considerată fobie, aceasta trebuie să îndeplinească două condiții: să fie excesivă, nerealistă și să provoace suferință sau stres semnificativ[10]. Comportamentul persoanelor ce suferă de acrofobie implică evitarea

spațiilor înalte, de exemplu scările, terasele, apartamentele și birourile aflate în clădiri înalte, poduri, lifturi și călătoriile cu avionul. Fobiile specifice au o rată de răspândire ridicată în date epidemiologice, atât cât pentru adolescenti, cât și pentru adulți. În studiu realizat de ECA (Epidemologic Catchment Area - Zona de captură epidemiologică) cu 20000 participanți, 4,7% au îndeplinit criteriile pentru a fi diagnosticați cu acrofobie. Alt studiu realizat de Fredrikson, Annas și Wik(1996) a prezentat resurse similare: 6,3% bărbați și 8,6% femei diagnosticatai cu aceasta fobie[11].

2.2 Simptome

Sимптомы индивидов, страдающих акрофобией, включают изменения поведения, когнитивные, психологические и функциональные физиологические, такие как беспокойство или путаница, когда вы подвергаетесь высоте. Ассоциированная с физическими недостатками, такими как неустойчивость или поведение избегания, акрофобия является следствием аномалий биологии, которые основаны на ожидании падения. Самые яркие физические симптомы включают затруднение дыхания, учащенное сердцебиение, головокружение, тошноту, боли в животе или спине, судороги, беспокойство, чувство страха, потребность в спасении, страх потерять контроль над ситуацией и чувство беспомощности перед страхом падения. Атака паники может привести к суициду[10].

2.3 Cauze

Psihiatri consideră în general că acrofobia apare din cauza gândurilor negative, cum ar fi "Dacă stau pe margine, voi fi tentat să sar sau cineva mă va împinge de la spate", "O să îmi pierd echilibrul", "Structura clădirii este nesigură și se va prăbuși sau cabina ascensorului va cădea", "Voi ameții, voi avea un atac de inimă și voi cădea"[10]. Persoane care suferă de acrofobie au tendința de a experimenta aceste gânduri într-un mod rapid și automat încât uneori nici măcar nu sunt conștiente de ele. Frica rezultă și din asocierea senzațiilor fizice cu înălțimea. Aceste persoane duc la un nivel extrem gândurile de suferință legate de posibile căderi și loviri (care sunt de multe ori normale și raționale).

Această teorie este prezentată în curențul comportamentism (în engl. *behaviorism, behaviour - comportament*), curenț în psihologie, care consideră drept obiectiv exclusiv al psihologiei comportamentul exterior, fără a se recurge la mecanismele cerebrale ale conștiinței sau la procesele mentale interne[12]. Pentru a demonstra cum starea clasică a fobiilor apare, se va considera următorul scenariu. Dacă o persoană s-ar cățăra într-un copac pentru prima dată, care ar fi reacția lui fiind sus în copac? Din perspectiva comportamentismului ar fi puțin probabil să experimenteze frică, însă dacă apoi acesta ar cădea din copac, persoana este expusă la frică și suferință. O persoană comportamentistă se va aștepta ca această experiență de a fi sus în copac, urmată de trauma căderii, să aducă asocierea negativă a evenimentelor cu înălțimile. Din cauza acestei asociieri dintre traumă și înălțimi, comportamentistii susțin că oamenii vor avea frică de înălțime și în evenimentele viitoare. Această perspectivă are câteva dificultăți când vine vorba de explicarea faptului că unii oameni au fobii fără ca să fi fost expuși la situații sau obiecte ce ar putea cauza aceste fobii. Pentru a aduce un argument în această dificultate,

comportamentiştii spun că unele fobii sunt învățate din experiențele altor persoane, iar apoi cu ajutorul imaginației.

Potrivit perspectivei psihologice evoluționiste, fricile și fobiile sunt înnăscute. Aceasta se datorează faptului că oamenii pot experimenta o frică de înălțime fără contact direct cu înălțimile. Psihologii evoluționisti susțin că cei care se tem de înălțime, cel mai probabil încearcă să scape de această frică evitând-o. Făcând acest lucru, este mult mai probabil ca această teamă să se reproducă ulterior, transmitându-se mai departe prin genele lor. Cercetătorii susțin că rezultatul al celor spuse mai sus, că această frică s-a transmis din generație în generație.

Totuși acest mecanism, cel ce susține că fobia este transmisă genetic, nu poate fi luat în calcul pentru toate fobiile. Fobiile înnăscute trebuie să reflecte obiecte sau situații care prezintă o amenințare pe termen lung a rasei umane. Pe când perspectiva evoluționistă poate explica cu ușurință fobii precum fobia de înălțimi sau fobia de șerpi, are însă dificultăți în a explica fobiile asociate cu mersul la dentist sau vorbirea în public. Chiar dacă majoritatea oamenilor suferă într-o anumită măsură de frică și simt un oarecare disconfort atunci când stau în picioare pe marginea unei prăpăstii, nu toți oamenii se tem de înălțimi, lucru care subminează afirmația conform căreia frica de înălțime este programată genetic în specia umană. În cazurile extreme de acrofobie, individul nu se poate adapta componentelor de mediu, dar nici factorilor genetici.

În realitate, explicația cea mai bună este undeva la mijlocul celor două perspective prezentate mai sus[13].

2.4 Tratament

Deși persoanele acrofobice sau cele cu intoleranță vizuală la înălțime pot beneficia de terapie sau sprijin, dacă consideră că aceasta le împiedică activitățile de care se bucurau altfel, tratamentul variază în funcție de cauzele afecțiunii. Aceste cauze pot include o disfuncție vestibulară în urechea internă, o tulburare anxioasă, anumite probleme cognitive sau o combinație a acestora. Fără tratament, acrofobia tinde să persiste o bună perioadă din viață și să se generalizeze la cât mai multe situații legate de înălțime[9].

Pentru a depăși această fobie sau pentru a preveni accentuarea ei se pot apela la urmatoarele tratamente.

Postura mult mai stabilă ajută la diminuarea simptomelor pentru intoleranța vizuală la înălțime, care este o formă mai blandă de teamă sau anxietate ce este declanșată vizual. De exemplu, este indicat ca persoanele în cauză să se așeze/apeleze, în locurile mai înalte, ținându-se de ceva. Este recomandată evitarea înclinării capului pentru a menține sistemul vestibular (care contribuie la simțul echilibrului) stabil. De asemenea asigurarea unor lucruri statice în jur și evitarea privirii obiectelor mișcătoare de la o anumită înălțime aduce mai mult echilibru[14].

Terapia realizată prin expunere presupune expunerea la stimulii înălțimii, într-un spațiu controlat până când frica sau anxietatea scade. De obicei este realizată sub îndrumarea unui terapeut, care ghidează pacientul în locații de diferite înălțimi. Este adesea combinată cu tehnici de relaxare, inclusiv exerciții de respirație. Acest tip de terapie de comportament se poate face printr-o abordare progresivă sau printr-o expunere totală. Poate fi făcut și folosind imaginația (expunerea imaginară) și nu experiența din viață reală[14].

Un mod mai eficient și sigur decât expunerea prin imaginație sau cea reală este expunerea cu ajutorul realității virtuale. Terapia cu ajutorul realității virtuale este un

tip de expunere care folosește inputuri senzoriale vizuale, auditive și tactile generate de computer pentru a cufunda pacientul într-un mediu tridimensional care simulează în mod realist stimulul de frică. Avantajele principale a acestui tip de terapie sunt realizarea într-un cadru de birou sigur și controlul asupra timpului de realizare a terapiei. Unii cercetători au descoperit că această terapie este la fel de eficientă ca și terapia prin expunere în viața reală.

Terapia cognitivă presupune ajutarea pacienților în a reinterpreta stimulii nocivi percepții ca fiind mai puțin amenințători. Într-un studiu realizat în Jurnalul de Consultare și Clinica Psihologică (în engl. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*) terapia cognitivă (în care oamenii asociau cuvinte pozitive cu propoziții care tratează înălțimea) a redus simptomele acrofobiei la fel ca terapia de expunere[14].

Terapia medicamentoasă pentru acrofobie poate include medicamente anti-anxietate, antidepresive și beta-blocante. Toate acestea au efecte secundare și nu "vindecă" fobia. Interesant este că unele cercetări sugerează că dozele orale de hormon cortizol (care este eliberat în timpul stresului) pot îmbunătăți rezultatele terapiei de expunere[14].

Capitolul 3

Realitatea virtuală

3.1 Definire și prezentare generală

În 1987, Jaron Lanier, împreună cu Steve Bryson au definit pentru prima dată realitatea virtuală, descrisă astfel "Realitatea virtuală este utilizarea unei tehnologii computerizate, pentru a crea un efect al unui spațiu tridimensional în care obiectele au simțul spațial"[15]. Astfel realitatea virtuală este o tehnologie integrată, completă, computerizată grafic fiind utilizată în domenii ce permit vizuirea stereo. Aceasta dă posibilitatea utilizatorului prin dispozitivul apropiat, într-un mod natural, să experimenteze lumea virtuală și să interacționeze într-un mod cât mai real. Spațiile virtuale pot fi cadre realizate de un proiectant, ce poate reprezenta o reproducere a lumii reale. Un echipament special ajută utilizatorii să interacționeze în timp real cu obiectele din lumea virtuală, ceea ce poate crea experiențe, pe care utilizatorii nu le pot obține în lumea reală.

Realitatea virtuală are trei caracteristici principale diferite: interacțiunea, imersiunea și imaginatia. Prin interacțiune înțelegem interacțiunea naturală dintre utilizator și spațiul virtual. Imersiunea se referă la faptul că persoanele percep spațiul virtual ca unul real și se simt parte spațiului. Imaginatia înseamnă folosirea informației de percepție multidimensională asigurată de spațiile virtuale pentru a obține aceleași sentimente ca și în lumea reală[16].

3.2 Tehnologia și echipamentul folosit în realitatea virtuală

Realitatea virtuală se referă la folosirea unui calculator ce generează simularea unui spațiu real, și cu ajutorul unui echipament special dă posibilitatea utilizatorului să acceseze acest spațiu într-un mod direct și natural. Tehnologia VR (în engl. *Virtual Reality*) lasă utilizatorii să folosească abilitățile naturale ale obiectelor virtuale pentru a putea fi inspectate, în timp ce simțurile sunt generate în timp real.

Unul dintre cele mai importante aspecte în proiectarea spațiului virtual este simularea viziunii, altfel spus conceperea unui spațiu tridimensional cât mai real. Pentru aceasta este necesar un headset, ce ar putea fi din seria Oculus Rift sau Htc Vive, sau chiar cele la un preț mai accesibil ca Google Cardboards sau Samsung Gear. Acestea pot influența calitatea spațiului virtual, dar depinde cel mai mult de scopul spațiului creat. În general, fiecare headset pune la dispoziție două lentile cu focalizare automată, ce sunt poziționate între ochi și un ecran sau două ecrane, câte unul pentru fiecare ochi. Aceste lentile se regleză în funcție de poziția și mișcarea ochilor. Ceea ce se randă pe ecrane se realizează fie folosind un telefon inteligent sau cu ajutorul unui cablu HDMI conectat la un calculator.

Un alt aspect foarte important în crearea unui spațiu virtual este rata FPS-ului (în engl. *Frame Per Seconds*). Rata FPS-ului reprezintă, de fapt, frecvența la care apar

imaginile pe ecran, ce sunt denumite frame-uri. Indicat este ca această rată să fie 60, iar câmpul de vizualizare de cel puțin 100 grade (180 grade fiind ideal). Dacă aceste două caracteristici nu sunt atinse la aceste valori minime, persoana care va folosi sistemul va avea parte de răspuns întârziat pentru acțiunile deja efectuate, ceea ce va face ca realismul spațiului să fie scăzut sau poate chiar inexistent. Într-un caz mai rău poate crea chiar o stare de disconfort din cauza unor imagini asimetrice, ce apar întârziat.

După cum am menționat anterior, pentru a putea accesa un spațiu virtual este nevoie de un ochelari de realitate virtuală și un calculator personal. Pe lângă acestea mai sunt necesare controlerele, ce sunt accesate de mâini, și căstile, dacă ochelarii nu le are deja incorporate. Cu ajutorul ochelarilor de realitate virtuală se percepse spațiul virtual vizual, iar dacă se folosesc și controlerele se poate interacționa și cu ajutorul mâinilor. În sistemele în care se dorește scanarea completă a mișcării corpului uman se pot folosi atât mănuși, ce vor ajuta la simularea mișcării fiecărui deget, cât și diferenți senzori pentru mișcare, plasați pe tot corpul.

3.3 Aplicațiile realității virtuale

În prezent, aplicațiile realității virtuale au fost introduse în cercetări științifice, educație și antrenamente, proiectare inginerescă, comerț, armată, medicină, film și televiziune și alte multe arii, fiind recunoscută ca expert în societatea secolului XXI, a dezvoltării tehnologice. În continuare, vor fi expuse mai în detaliu câteva aplicații mai importante ale realității virtuale.

3.3.1 Educație

Cu toate că dispozitivele digitale nu au fost introduse de foarte mult timp în educație, dezvoltările recente a tehnologiilor imersive folosite în sistemele virtuale, au dezvoltat un interes ridicat din partea studenților și a elevilor. Ultimele dispozitive lansate pe piață, cum ar fi HTC Vive sau Oculus Rift, dau posibilitatea tuturor celor interesați să acceseze această lume virtuală la o calitate superioară, însă prețul fiind puțin ridicat. Dar sunt și celelalte dispozitive, cum ar fi Google Cardboard sau Samsung Gear, ce pot fi accesate de absolut oricine și la îndemână un telefon inteligent și o pereche de căsti.

Vorbind despre educație și realitate virtuală, această tehnologie a fost descrisă de Rogers [17] ca ajutor de studiu al secolului XXI. [18] sugerează că elevii rețin mult mai multă informație și pot aplica mult mai bine ce au învățat în exercițiile realizate cu ajutorul realității virtuale. După cum și Confucius spunea "Spune-mi și voi uita. Arată-mi și voi ține minte. Implică-mă și voi înțelege.", ne este mult mai ușor să învățăm anumite concepte prin practicarea lor. În acest mod, sistemele virtuale folosite în educație sunt de mai multe tipuri, după cum sunt prezentate și aici [15].

În primul rând sunt platformele virtuale, folosite pentru a prezenta anumite informații într-un domeniu al științei, ajutând studenții în asimilarea cunoștințelor teoretice, datelor istorice, terminologiilor, legilor sau teoriilor științifice. Pentru realizarea acestor prezentări sistemele virtuale, de regulă, nu necesită un spațiu atât de imersiv, deoarece în acest caz baza se pune pe vizualizarea tridimensională. Acest lucru se poate evidenția și în figura 3.1. Pentru asimilarea cunoștințelor în cazuri de urgență, elevii pot fi puși în fața unor situații diferite, cum ar fi incendii, accidente în trafic. Aceștia pot învăța cum să acorde primul ajutor, cum să rămână calmi și să gestioneze situația într-un mod cât mai eficient.

Un al doilea tip de sistem virtual folosit în educație este practicarea noțiunilor teoretice învățate anterior. Elevul, care a privit scena de prim ajutor în cazul unui incediu, este pus în situația de a acorda el însuși acest ajutor [figura 3.2]. Pentru acest tip de sistem este necesară captarea mișcărilor, pentru a crește nivelul de realism din situația dată.

Ultimul tip de sistem virtual provoacă elevii să înfrunte anumite probleme, determinând de subiectul cursului la care se efectuează aceste provocări. De regulă acest scenariu este folosit mai mult în medicină sau inginerie, unde studenții sunt puși față în față cu o extractie dentară, o operație estetică și aşa mai departe. Practica realizată cu ajutorul modelelor tridimensionale, proiectate după dispozitive autentice, ajută studenții în a se familiariza cu construcția acestor modele [figura 3.3], principiile lor, fenomenele fizice ce apar. De asemenea ei pot obține experiență în anumite stări critice.

Sistemele virtuale pot fi folosite pentru studiu personal, dar pot fi și o unealtă a unui instructor. Un exemplu potrivit ar fi folosirea aplicației Google Expedition, unde în timp ce elevii sunt la ora de geografie, pot vizita diferite părți ale lumii, și pot analiza tipurile de climă și alți factori de mediu[15].



Figura 3.1: Vizualizare 3D în educație



Figura 3.2: Primul ajutor



Figura 3.3: VR în medicină

3.3.2 Artă

Cu ajutorul realității virtuale, s-a reușit chiar combinarea tehnologiei cu arta. În prezent, artiștii renumiți și muzeele încep să își expună creațiile într-un mediu virtual. Cu ajutorul aplicației Google's Tilt Brush, pictura ia o cu totul altă dimensiune, deoarece arta poate fi creată într-un mediu tridimensional, cu ajutorul headsetului HTC Vive și a controlerelor. Artiștii, în acest cadru, nu mai au nicio limitare. Ei pot alege și materiale mai periculoase cu care să picteze, cum ar fi focul, stelele sau zăpada, pot chiar să nu mai țină cont de legile gravitației. Arta nu se limitează numai la creație abstractă sau pictură, chiar și creatorii vestimentari pot accesa această aplicație și modela tipuri noi de haine,

încercând orice tip de material vor. Totodată, cel mai important aspect îl au filmele, care colaborează mult cu proiectanții. Aceștia pot să intensifice experiențele publicului printr-un mediu imersiv al realității virtuale.



Figura 3.4: Pictură 3D

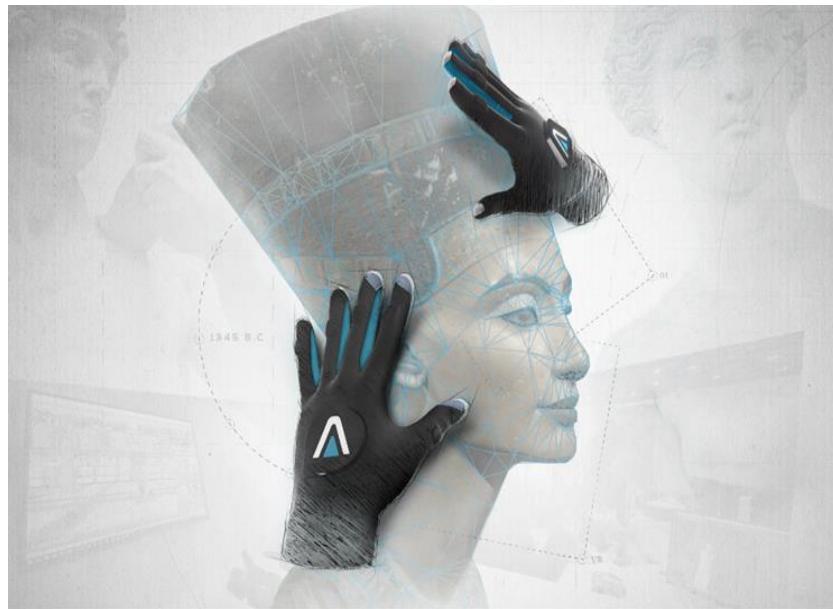


Figura 3.5: Sculptură în VR [19]

3.3.3 Medicină

În medicină, realitatea virtuală este folosită pentru a ajuta persoane cu anumite deficiențe să reușească să treacă peste acestea. Astfel sunt două abordări diferite cu privire la sistemele create, sistemele care sunt simulatoare și acele sisteme de interacțiune cu spațiul virtual. Fizicienii și chirurgii folosesc mai mult realitatea virtuală ca fiind un

instrument de simulare, pe când în medicina comportamentală accentul se pune mai mult pe interacțiunea din sistemul virtual. Studenții de la medicină, pot beneficia de instruire cu ajutorul acestor sisteme sau pot asimila cunoștințe despre corpul uman într-un mod mai real. Sistemele virtuale au fost folosite pentru a ajuta studenții să interacționeze cu electrocardiograme (ECG) și astfel să poată aplica ce au învățat și în lumea reală mult mai ușor. Ce este și mai interesant este că studenții pot chiar să opereze în acest mediu, fiind un mediu mult mai sigur și controlat. Greșelile făcute nu afectează persoane reale, astfel riscul asumat fiind unul mult mai mic, însă rezultatele fiind unele foarte bune[20].

Procedurile folosite anterior, în care se foloseau modele de animale sau video-clipuri nu erau atât de eficiente, deoarece simulările cu ajutorul realității virtuale sunt mult mai reale și clare. Cei ce primesc instruire pot interacționa cu toate structurile anatomicice, inclusiv pielea, mușchii, oasele, nervii și vasele de sânge. Toate modificările care apar la fiecare pas chirurgical sunt ca în realitate, iar totă performanța poate fi înregistrată, comparată și analizată ulterior. Totodată, nu este necesară supravegherea de un alt medic, spațiul virtual fiind destul de sigur[21].

Sistemele virtuale sunt foarte utile, însă acestea încă au nevoie de îmbunătățiri. Densitatea, proprietățile palpabile și suprafețele convexe sunt foarte dificil de simulați într-un mediu virtual. Mai mult rata de răspuns și intensitatea dispozitivelor haptice sunt mult prea slabe și incapabile să emuleze vibratiile în timpul operației. Un simulator virtual ideal pentru instruire chirurgicală ar trebui să satisfacă mai multe condiții, inclusiv planuri de instruire multimodală, platforme artificiale, tehnologii vizuale și audio-imersive, dispozitive senzitive de intrare și software ce realizează simularea în timp real[21].

Pe lângă partea educațională a celor interesați de medicină, realitatea virtuală este benefică și în gestionarea diferitelor dezechilibre. Acest sistem este folosit pentru gestionarea durerii. De exemplu durerea acută cauzată de o operație sau o traumă anterioră induce o gamă largă de răspunsuri patologice. Răspunsurile inflamatorii, fiziologice și comportamentale urmează activarea nociceptorilor prin lezarea țesutului. Activarea simpatoneurală și neuroendocrină, combinată cu durerea necontrolată, poate duce în cele din urmă la răspunsuri dăunătoare. Pentru gestionarea acestei dureri se recurge la tratamente farmaceutice, cum ar fi anestezice sau analgezice. Însă, realitatea virtuală aduce o nouă perspectivă în gestionarea acestor dureri acute. Un studiu realizat de Debashish et al a demonstrat că tehnologia VR a furnizat analgezie cu efecte secundare minime și cu un impact foarte mic asupra spitalului în cauză. Echipamentul folosit fiind doar un calculator, un HMD (Head Mounted Display), un software de jocuri, căști și un dispozitiv de intrare.

În cazul tratamentelor pentru boli psihologice, cel mai des pacienții sunt puși în situația în care trebuie să își depășească frica. Acest tip de abordare, cunoscut și ca terapie prin expunere, ajută pacienții să își accepte anxietatea emoțională și consecvent să își schimbe convingerile cu privire la temerile lor. Terapia prin expunere este foarte eficientă, însă foarte greu de realizat, deoarece multe situații nu pot fi readuse în aceeași ipostază atât de ușor. Astfel realitatea virtuală ar putea fi cu mult mai mult de ajutor în cazul acestor terapii[22].

Potrivit [21], un grup de cercetători din Spania au folosit sistemele virtuale pentru a intensifica abilitățile emoționale în copiii ce suferă de autism. Sistemul conține o ecrană în formă L, ce dădea posibilitate copilului să observe spațiul din diferite perspective, și să interacționeze de dedesubt. Starea de spirit și imaginea copilului era determinată de un robot ce avea o mână cu un ochi. Toate spațiile din lumea virtuală au fost proiectate cu ajutorul programului 3DS Max, un program profesional de modelare 3D. Copilul era pus

în diferite ipostaze, unde avea de îndeplinit anumite sarcini, ce îl ajutau să își gestioneze răspunsurile emotionale la emoțiile resimțite, diferit de cum ar fi răspuns în viața reală.

3.4 Beneficiile folosirii realității virtuale în tratarea bolilor psihologice

În terapiile tradiționale principalul factor era imaginația, deoarece pacienții erau puși în situații în care trebuiau să își facă o imagine asupra unui scenariu anterior sau al unuia similar, prezentat de terapeut. Cu ajutorul terapiei prin expunere realizată într-un mediu virtual putem trece de această barieră, ajutând persoanele ce au dificultăți referitoare la imaginație sau vizualizare. Totodată spațiile necesare reproducerei sentimentului de frică sau incertitudine pot fi realizate mult mai puțin costisitor decât într-un cadru real. Unele tratamente, în cazurile nu atât de severe de dezechilibru, pot fi realizate și individual, acasă, acest lucru dând mai mult confort și siguranță pacienților.

Un alt beneficiu, pe care îl aduce această tehnologie este faptul că pentru fiecare pacient fobia se manifestă într-un mod diferit, chiar dacă este vorba despre aceeași problemă. De aceea, cu ajutorul sistemelor virtuale se poate realiza un sistem personalizat, costurile fiind mult mai mici decât în cazul realizării terapiei într-un spațiu real.

Un alt plus în utilizarea acestor sisteme virtuale este că acestea pot fi refolosite, atât cât este nevoie, spre deosebire de terapia prin expunere directă. Pe de altă parte, în cazul terapiei prin expunerea directă, ar fi mult mai dificil să menținem un anumit număr de persoane implicate într-un discurs public pentru a ajuta persoana glosofobică să își depășească teama. De asemenea spațiul virtual oferă control permanent în gestionarea evenimentelor. Dacă o persoană resimte unele sentimente într-un mod prea intens și dorește să se oprească, poate face acest lucru fără nici o problemă. În mod egal, dacă persoana are anumite sugestii de îmbunătățire ele pot fi luate în calcul mult mai ușor. Prin urmare, sistemul virtual este un sistem adecvat și actualizat mereu după cerințele indizivilor implicați.

Un alt aspect important este că folosirea sistemelor virtuale nu diminuează calitatea tratamentului realizat prin acest tip de terapie, urmărind pașii normali ai unui tratament de terapie prin expunere. Ba mai mult, oferă avantajul de a repeta o sesiune, până când pacientul se simte stabil emoțional. Aceste sisteme oferă și sesiuni initiale de relaxare, ca exerciții de respirație sau chiar restructurare cognitivă. Astfel, în timp ce pacientul este absorbit de lumea virtuală, terapeutul continuă în mod obișnuit întrebările necesare procesului de tratament, examinând progresul utilizatorului.

Capitolul 4

Studiu de caz: Tratarea acrofobiei cu ajutorul realității virtuale

4.1 Analiză și funcționalități

Aplicația dă posibilitatea utilizatorului de a afla noi informații referitoare la acrofobia și de a experimenta anumite stări, datorate expunerii la înălțime. Utilizatorul poate alege spațiul în care își va desfășura simularea, înainte de a începe simularea fiindu-i expuse principiile de bază a acestui tratament și definirea conceptelor. Acestea sunt realizate pentru utilizatorii care nu au fost verificate de un medic specialist sau cei care nu sunt siguri că au această fobie.

În fiecare spațiu, s-a încercat captarea realității pe cât posibil, așa încât persoana să fie integrată în spațiul virtual și să poată realiza această simulare cât mai eficient. Utilizatorul va putea observa și analiza fiecare spațiu în care se află oricât de mult dorește și se simte confortabil. Pe lângă experimentarea spațiilor create, individului i se vor aminti, ori de câte ori dorește, sfaturi pentru a depăși această fobie și exerciții de respirație pentru a-și putea menține calmul. În cazul realizării exercițiilor de respirație este indicată folosirea aparatelor externe de măsurarea a ritmului respirator sau cardiac, pentru a se putea ține totul sub control.

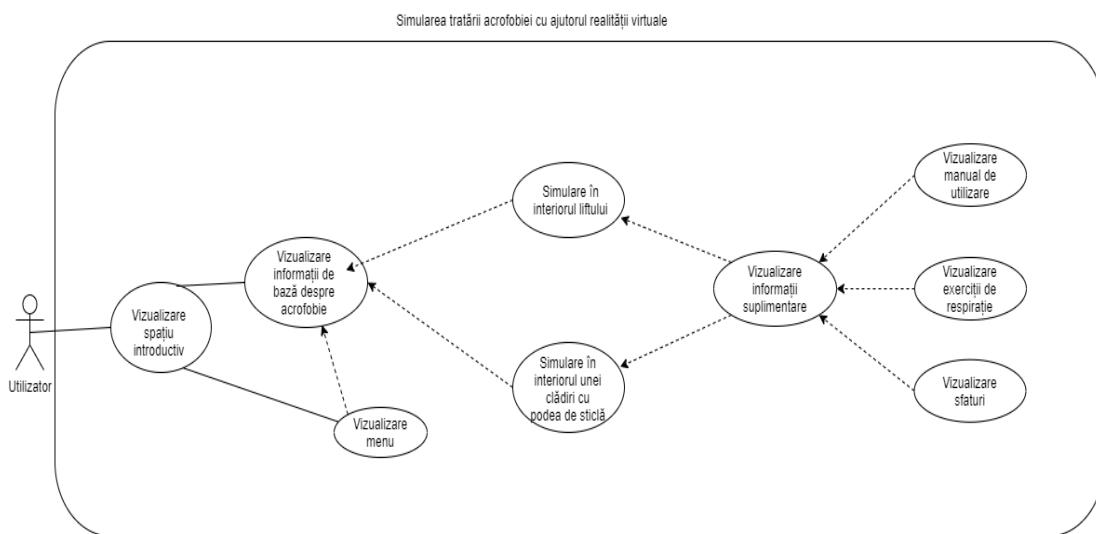


Figura 4.1: Diagrama cazurilor de utilizare

4.2 Proiectare

Aplicația a fost proiectată pentru realizarea unei simulări a terapiei ce se poate realiza în mod individual, dar oricând aceasta poate fi îmbunătățită pentru a putea fi

folosită în colaborare cu un cabinet.

Pentru a se putea realiza un tratament eficient, este indicat ca persoana în cauză să realizeze înainte un test care să îi indice gradul de severitate al fobiei, dacă acesta o are. Pentru aceasta se poate folosi testul realizat pentru fobiile specifice [23].

Aplicația constă în două mari părți și spațiile virtuale ce simulează tratamentul de expunere la fobie.

În partea de introducere este un spațiu de munte, utilizatorul aflându-se într-o cabană. Acest spațiu a fost ales pentru a da posibilitatea utilizatorului de a se relaxa într-un spațiu liniștitor de munte, înainte de a începe tratamentul efectiv. Individul va putea vedea câteva informații referitoare la modul de utilizare a aplicației, fiind însotit în mare parte de o vocea virtuală care îl va pregăti referitor la ce urmează. Se va aduce la cunoștință posibilitatea experimentării unui sentiment asemănător cu răul de mașină, denumit cybersickness. Aceasta poate apărea mai ales în cazul în care aparatura folosită nu scanează mișcarea întregului corp, ci controlează doar partea vizuală. Din cauza acestui fapt, corpul uman care nu este obisnuit poate semnala această stare. În acest caz, este indicat a se lua o pauză și a se realiza tratamentul pentru un timp scurt, dar regulat, astfel organismul are timp să se obișnuiască cu toată procedura.



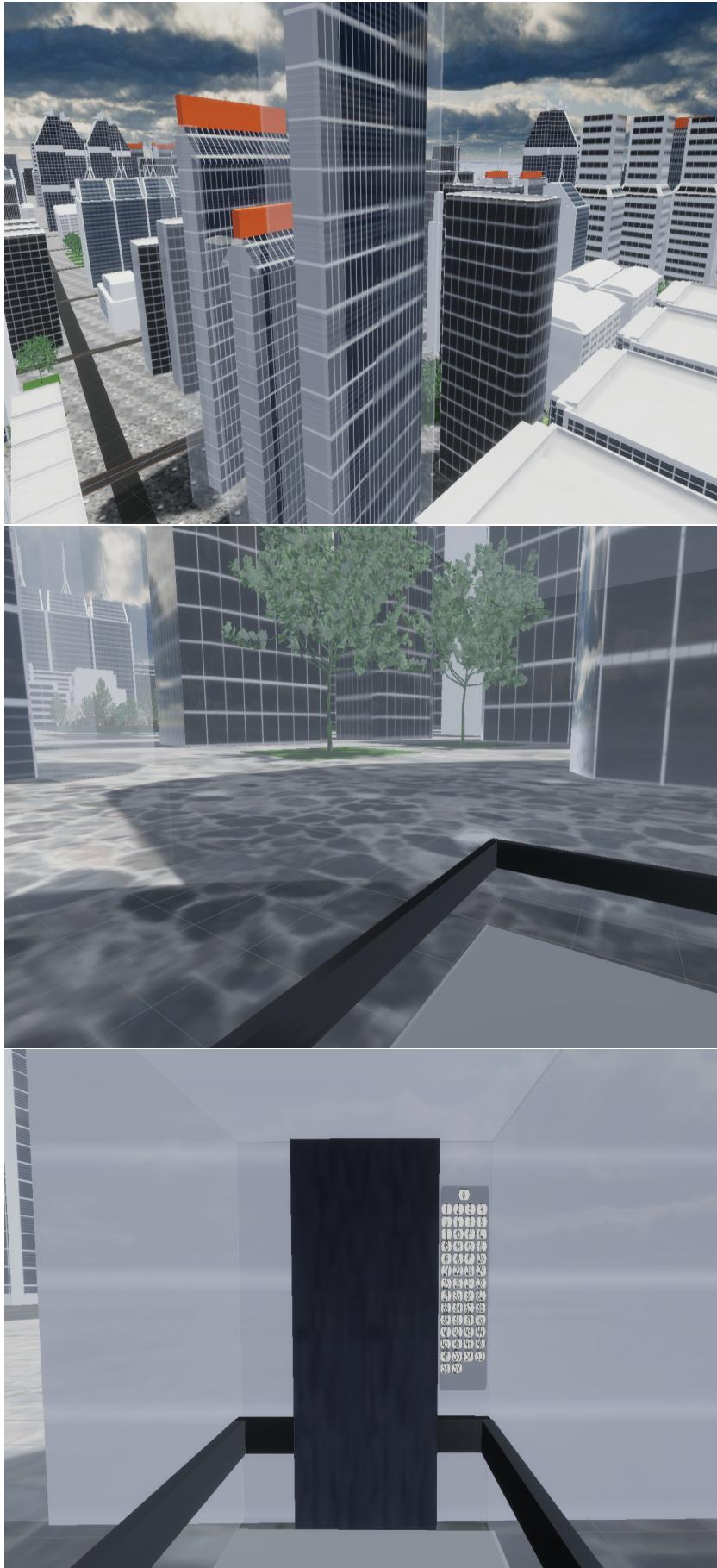


După această primă parte există un alt spațiu în care persoana poate decide dacă mai dorește să continue. În caz afirmativ își va alege spațiul cu care va începe.



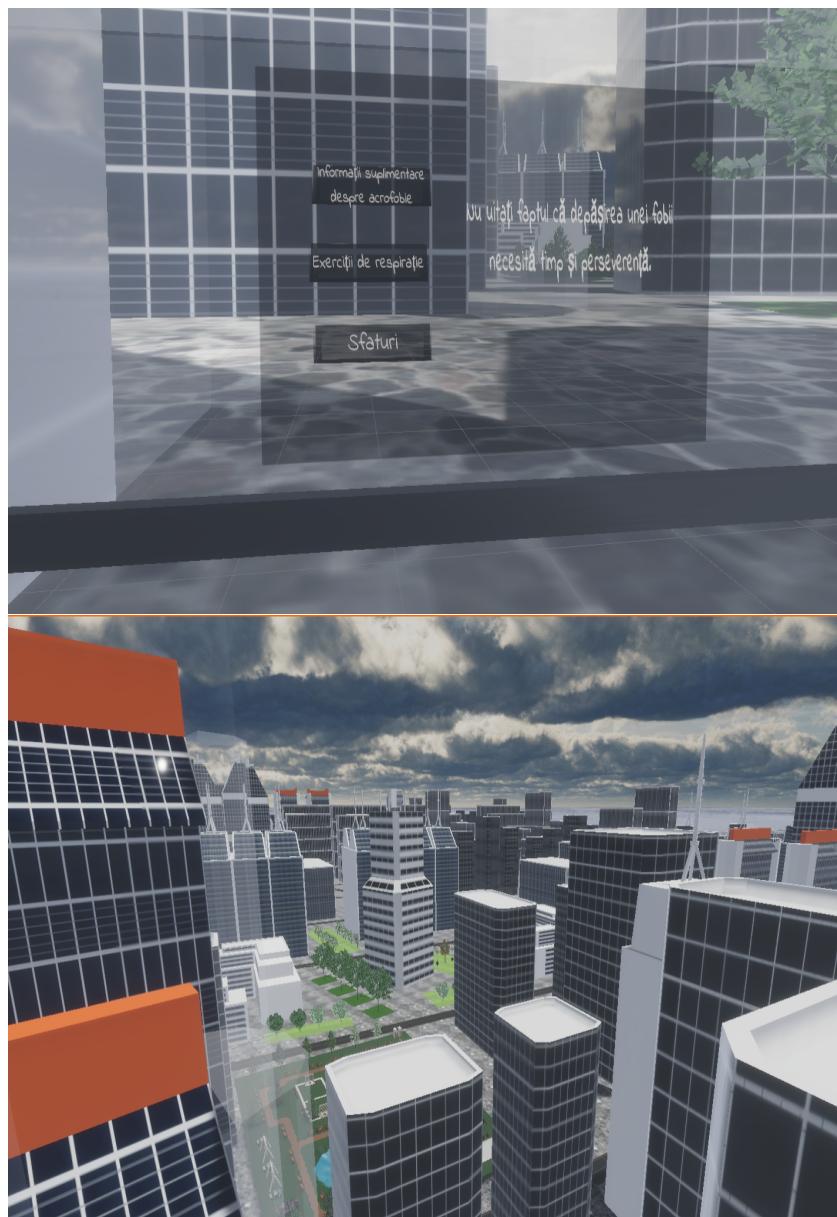
Acet spațiu este realizat în interiorul unei clădiri simple, în care meniul poate fi vizualizat pe un monitor de pe perete. Această clădire a fost aleasă în principal pentru a conștientiza indiviul că va începe tratamentul, dar totodată acesta să rămână într-o stare de relaxare și calm, necesară acestui tratament.

În partea a doua, ce este reprezentată de spațiile în care se realizează tratamentul sunt construite două spații de bază, ce au ca scop expunerea la înălțime în spații sigure, ce vor conferi siguranță. Acest lucru va ajuta utilizatorul să depășească această fobie.



O scenă este reprezentată de un oraș, harta fiind preluată ca parte din harta New-York-ului. Individul va începe simularea prin folosirea unui lift de 54 de etaje, ce dă posibilitatea de a vedea tot orașul de sus. Liftul este realizat din sticlă, fapt ce face ca utilizatorul să se simtă cât mai expus la înălțimea la care se află. Pentru a putea alege etajul la care se dorește a se ajunge, este creat un panou de comandă, în care se află butoane pentru fiecare etaj în parte. Utilizatorul va alege etajul la care va merge, în tot acest timp de urcare/coborâre fiind informat și de etajul curent.

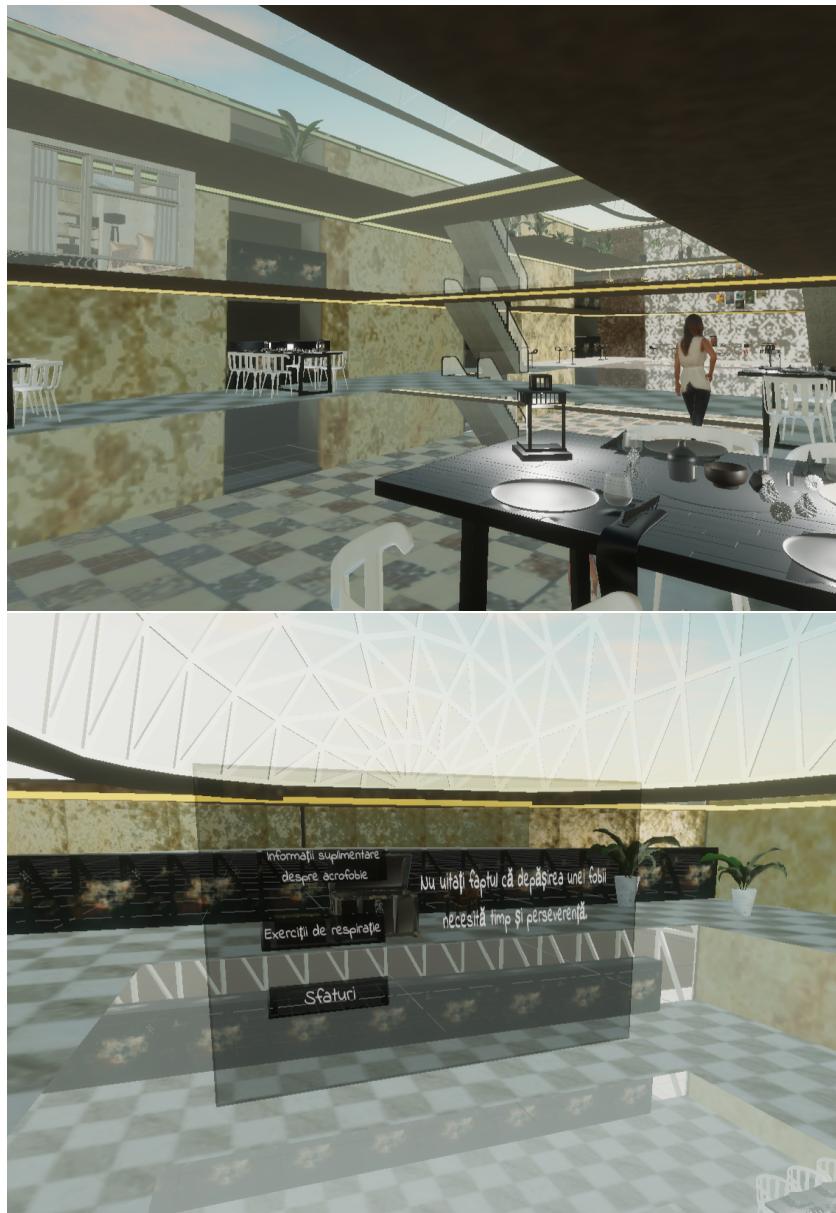
Tot aici utilizatorul poate vedea diferite informații referitoare la modul de utilizare, poate accesa exercițiile de respirație sau poate vedea anumite sfaturi.





Cealaltă scenă este o clădire, în care persoana se află la etajul 3. În mijlocul etajului podeaua este de sticlă, fapt ce lasă posibilitatea utilizatorului de a privi celealte etaje, precum și activitățile care se desfășoară acolo.

Această clădire are diferite obiecte de expoziție, dar și mobilă pentru un design interior, precum și o sală de mese aflată la etajul 1. Persoana poate vizualiza toate aceste detalii. De asemenea acoperișul acestei clădiri este tot din sticlă ce lasă posibilitatea individului de a admira un cer frumos.



În toate aceste simulări individul va fi ghidat de vocea terapeutului virtual, cu informații extra sau diferite atenționări, de asemenea informațiile referitoare la utilizare, exerciții de respirație sau anumite sfaturi pot fi accesate și vizionate oricând acesta dorește.

După cum am menționat anterior, referitor la exercițiile de respirație este indicat a se folosi aparate de măsurare a frecvenței respiratorii sau a frecvenței cardiace, pentru a se evita anumite represuri ce se pot întâmpla, mai ales în contextul actual, când utilizatorul nu este supravegheat de un specialist terapeut.

4.3 Aspecte tehnice și concepte folosite

Pentru captarea realității la un nivel foarte înalt am folosit în Unity sistemul HDRP (High Definition Rendering Pipeline). Acesta este derivat din SRP (Scriptable Render Pipeline) care dă posibilitatea utilizatorului de a își crea propriul sistem în funcție

de nevoile proiectului în dezvoltare. Principalele caracteristici ale acestui sistem sunt shaderele folosite pentru materiale, luminile care pot fi procesate static sau dinamic. Cele statice vor fi procesate la un moment dat, salvate și folosite anterior. De regulă această procedură este utilă în cazul spațiilor în care obiectele sunt statice, nu se mișcă. Pe de altă parte, lumina procesată dinamic poate realiza un efect mult mai real, fiind procesată în timp real, dar acest lucru are și dezavantajul de a fi mult mai ineficientă, având nevoie de un procesor și o placă grafică mult mai performante. Folosirea uneia dintre tipurile de procesare a luminii, depinde în principal de mărimea spațiului creat, a numărului de obiecte, dar și a puterii calculatorului folosit și performanța plăcii grafice. În cazul proiectului meu, am folosit în principiu lumina statică procesată anterior, deoarece spațiile sunt destul de mari, având destul de multe obiecte.

Un alt aspect important în folosirea acestui sistem sunt setările volumului. Acesta dă posibilitatea dezvoltatorului să își seteze mediul înconjurător după preferințe. Se pot alege diferite tipuri de cer, cum ar fi Procedural Sky, HDRI Sky sau Physically Based Sky, fiecare având caracteristici specifice. Eu am folosit în principal HDRI Sky, deoarece în acest caz cerul este reprezentat de o imagine. Această imagine poate fi reprezentată pe un cub, sau pe o sferă, fapt ce creează un aspect foarte real.

Umbrele de nivel înalt (HD Shadows) sunt de asemenea importante în captarea realității dintr-un spațiu creat, astfel calitatea lor fiind setată corespunzător și particular fiecărui spațiu virtual creat.

Materialele în acest caz folosesc un shader special HDRP Lit, care dă posibilitatea creării acestora. De exemplu se pot crea materiale cum ar fi sticlă sau aurul cu tot cu efecte de reflexie sau strălucire. Cu acest tip de shader se pot seta foarte multe caracteristici, de la tipul suprafeței materialului, la tipul materialului, părțile pe care materialul va fi pus, indexul de refracție și multe altele.

Performanța a fost realizată prin optimizarea scripturilor folosite, reducerea animațiilor, reducerea dimensiunilor texturilor folosite, folosirea grupurilor LOD, care vor fi detaliate în cele ce urmează, precum și Occlusion Culling. Această caracteristică dezactivează redarea obiectelor care nu se află în câmpul de vizualizare a camerei, fie pentru că se află pe partea cealaltă a câmpului de vizualizare, fie pentru că sunt ascunse de alte obiecte din scenă. Acest lucru nu se întâmplă automat în grafica tridimensională, de obicei obiectele care se află mai departe de cameră fiind cele care sunt redate primele, iar cele care sunt mai aproape de cameră fiind redate peste acestea. Acest concept este denumit supraîncărcare (în engl. *overdraw*). În grafica tridimensională o altă caracteristică diferită de Occlusion Culling este cea denumită Frustrum Culling, în care obiectele ce nu sunt redate sunt doar cele ce nu se află în câmpul de vizualizare al camerei, dar nu atinge și conceptul de supraîncărcare.

Pentru modelarea obiectelor și simplificarea lor am folosit framework-ul Blender. De exemplu, modelarea obiectelor pe diferite niveluri este un aspect foarte important pentru performanța din proiectul realizat în Unity. Conceptul fiind denumit nivel de detaliu sau prescurtat, LOD (în engl. *Level of Detail*). Fiecare model tridimensional are un nivel de detaliu mult mai ridicat, în momentul în care este mai apropiat de cameră. Cu cât se depărtează de cameră, detaliile sunt simplificate, ajungând chiar să dispară unele din ele, de regulă când obiectul nu se mai află în câmpul de vizualizare.

4.4 Implementare și structurare

Pe partea de implementare am creat scripturi cât mai simple și specifice, ce pot fi ușor de reutilizat și modificat ulterior. Denumirile sunt foarte specifice, iar fiecare scenă are animațiile și scenariile ei separate. Obiectele prefabricate, au fost, de asemenea, stocate separat. Pentru cele care s-a putut, s-a realizat o simplificare a poligoanelor folosite cu ajutorul frameworkului Blender, modificadorul folosit fiind *Decimate*, ce a fost folosit și în cadrul realizării grupurilor LOD, prezentate anterior.

Pentru a se realiza trecerea între scene și accesarea meniului, s-a folosit un xBox controller. Acest lucru poate fi modificat pe viitor, folosindu-se senzori de captare a mișcării mâinilor sau chiar a corpului întreg. Principalele elemente ale meniului sunt selectarea efectivă de butoane din meniu afișat în fața utilizatorului, posibilitatea de a merge la meniul anterior, posibilitatea de ieșire din aplicație și afișarea de informații de bază, în cazul în care individul a rămas blocat într-un anumit scenariu. În cazul în care persoana se află în primele două scene, unde există deja un panou de meniu, aceste informații suplimentare vor fi puse în acel panou de fiecare dată când se cer. În celelalte două scene însă, se va crea un panou în funcție de orientarea individului, aşa încât panoul creat să fie vizibil, iar toate informațiile necesare vor fi atașate aceluiași panou.

În spațiul introductiv, scripturile create sunt folosite în gestionarea meniului și de asemenea sunt pornite sursele audio a terapeutului virtual. Individul poate să răspundă peste toate informațiile realizate pentru o mai bună cunoaștere a conceptelor de bază prin accesarea unui buton pentru acest lucru, altfel poate trece prin toate informațiile destinate acestui lucru. În momentul în care se ajunge la exercițiile de respirație, schema afișată este însotită de pași necesari realizării acestora, prin îndrumarea făcută de vocea virtuală.

În spațiul în care este realizat liftul de 54 etaje, s-a implementat un panou în care se poate selecta orice etaj, prin selectarea butonului corespunzător. După selectarea etajului, se va evidenția acesta cu o culoare mai închisă, iar etajul curent de asemenea va fi actualizat mereu. Urcarea, respectiv coborârea unui etaj s-a realizat prin calcului direcției, în funcție de etajul curent, respectiv etajul la care se dorește să se ajungă. Totodată am setat viteza cu care va urca sau coborâ liftul și distanța unui etaj. În momentul în care liftul pornește, toate butoanele vor deveni inactive, pentru a nu da posibilitatea utilizatorului de a merge la alt etaj până când nu s-a ajuns la etajul selectat anterior.

În spațiul clădirii cu podea de sticlă, se folosește scriptul pentru informații suplimentare. În plus pentru a reduce timpul de încărcare a spațiului, unele obiecte vor apărea abia după ce spațiul a fost deja încărcat.

Referitor la animații, acestea s-au folosit în special pentru interfața utilizator, unde imaginile de fundal a butoanelor au fost realizate în Adobe Photoshop. Pentru a se putea interacționa mai ușor cu meniul s-au realizat animații pentru toate stările în care se poate afla un buton. Alte animații s-au folosit pentru panoul de alegere a etajului la care se dorește să se ajungă, sau înregistrarea spațiilor înainte ca acestea să fie experimentate.

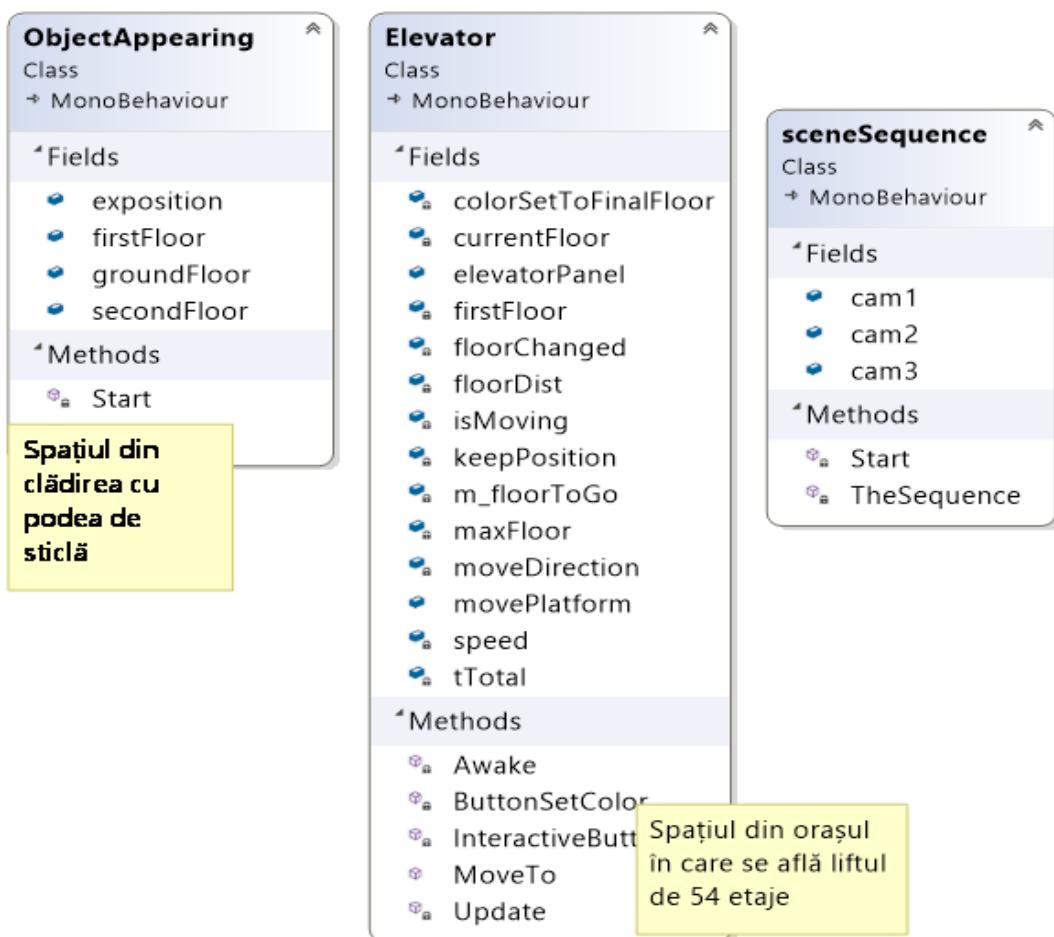


Figura 4.2: Diagrama de clase UML a spațiilor de simulare

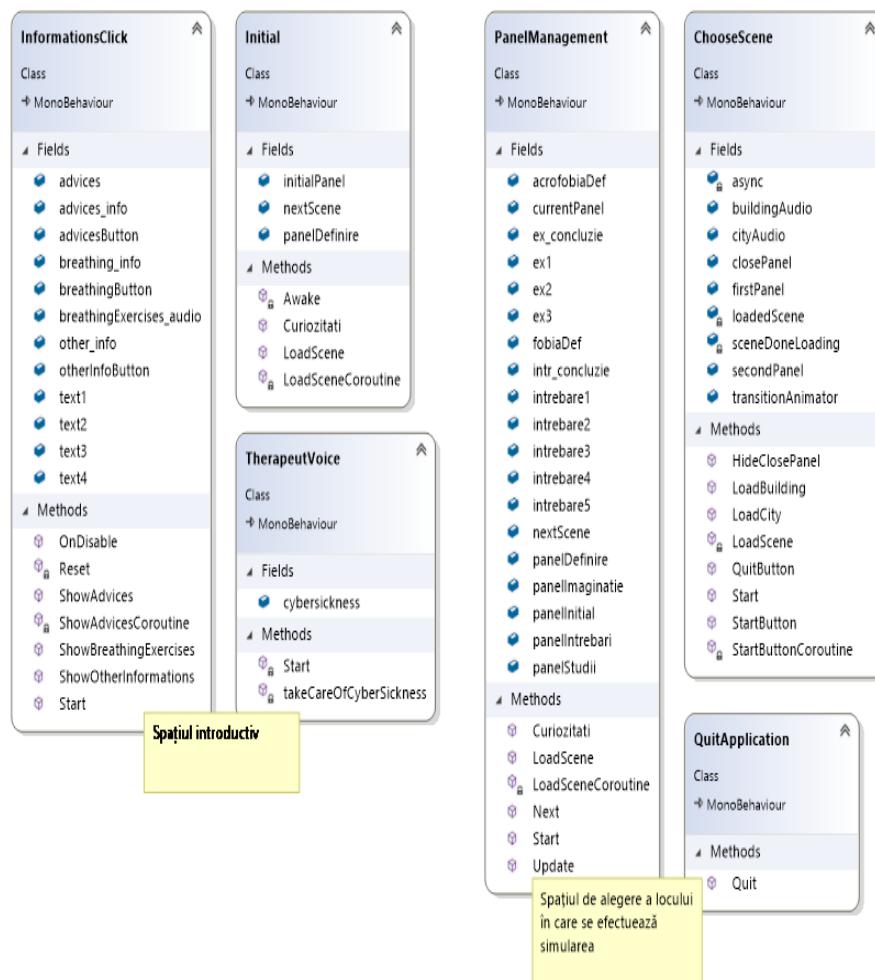


Figura 4.3: Diagrama de clase UML a spațiilor introductive

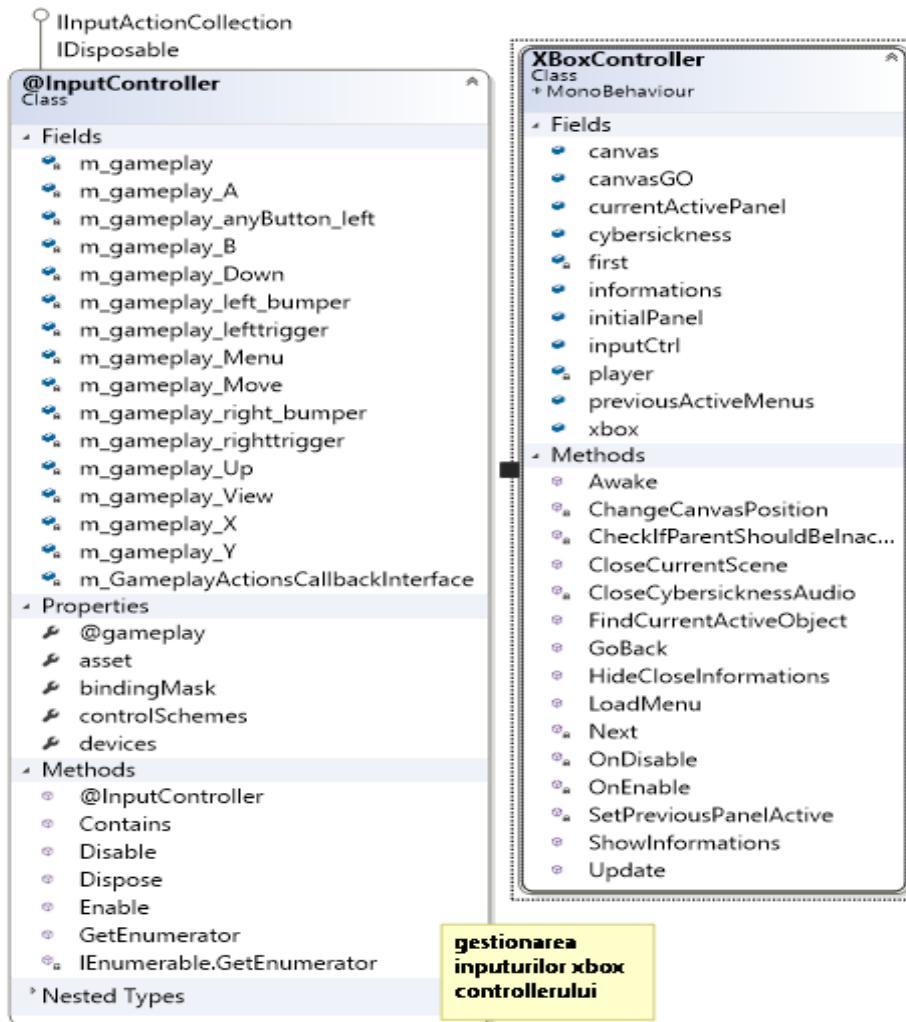


Figura 4.4: Diagrama de clase UML a gestiunii imputurilor

Capitolul 5

Tehnologii utilizate

5.1 Unity

Această aplicație folosește în principal mecanismul de jocuri Unity, cunoscut și sub denumirea Unity3D. Așa cum însuși fondatorul acestei tehnologii spunea un mecanism de jocuri este un set de instrumente care execută partea grafică, partea auditivă, fizica, interacțiunile și partea de retea. Tot ce se vede și se aude este, de fapt, rezultatul codului care trebuie să fie super optimizat pentru a putea manipula atât de multe date și a le transforma în pixeli pe ecran[24].

5.1.1 Istoria framework-ului Unity

Acest instrument a fost fondat în Copenhaga de 3 programatori: Nicholas Francis, Joachim Ante și David Helgason. Povestea a început de fapt în 2002 pe un forum de OpenGL, unde Francis a descris o colaborare cu un instrument de grafică, ce reprezenta o sursă de compilare a unui shader deschisă tuturor celor interesați în dezvoltarea acestuia. Cei ce au acceptat colaborarea au fost chiar ceilalți doi ce au contribuit la construirea acestui set de instrumente. Munca s-a împărțit destul de simplu, deoarece Joachim Ante era deschis la partea de arhitectură din spatele a tot ceea ce se vede, ce presupune partea de programare și scriere de cod. Ceilalți doi lucraseră deja împreună, încă din liceu, pe partea de dezvoltare web. Aceștia au decis să își deschidă un studio de jocuri bazat pe o infrastructură tehnologică bine structurată, care ar putea fi autorizată ulterior.

David Helgason era mai mult orientat spre partea de business, așa că el a devenit CEO-ul oficial. Au început să colaboreze cu diferiți programatori, care îi ajutau gratuit cu o mulțime de idei. Această diversitate a rezultat într-o tehnologie ce putea fi folosită în foarte multe cazuri. După ce au investit în acest instrument, cu ajutorul părintilor, a economiilor făcute și a veniturilor din locurile de muncă cu jumătate de normă, au reușit să îl comercializeze în anul 2004 sub numele de Over The Edge Entertainment. Strategia de business folosită a fost modelată după jocul britanic Criterion, care a avut mare succes. Modelul acesta nu concepea doar o bună tehnologie de bază, ci mai degrabă o vastă posibilitate de utilizare a instrumentului creat[25].

După multă muncă și nopți nedormite, programatorii au decis să realizeze un joc comercial complet, ce folosea munca lor. Acest lucru pentru a demonstra utilitatea și ușurința folosirii acestuia, dar totodată și pentru a reuși să își acopere cheltuielile de bază. David Helgason spunea 'Nimeni nu își amintește exact cum am supraviețuit acelei perioade, cel mai probabil nu am mâncat atât de mult'[24]. Primul joc realizat a durat 5 luni, fiind denumit Gooball. Acesta a fost publicat în anul 2005, luna martie, de Ambrosia Software [26]. Cu câștigul realizat cu acest joc, au reușit să angajeze mai mult dezvoltatori care să ajute la finisarea lui înainte de lansarea oficială din iunie 2005. Ei au făcut tot posibilul pentru a avea succes cu acest instrument, așa că au furnizat documentație și suport pentru viitori utilizatori. După prima lansare, programatorii au început deja să

lucreze la următoarea versiune a setului de instrumente[27].

În acel punct, Unity era doar un mic pui în industria jocurilor. Majoritatea utilizatorilor erau cei ce faceau asta ca un hobby sau erau dezvoltatori independenți. Multe alte companii de dezvoltare de jocuri au avut falimente, iar cei ce lucrau la acest set de instrumente se temeau să nu se întâmple la fel și în cazul lor. Au trecut încă doi ani până când au putut spune ca Unity va fi actualizat și suportat corespunzător.

Prima versiune publică de Unity era disponibilă doar pe Mac OS X. Abia din versiunea 1.1 s-a putut face trecerea și pe Windows și de asemenea pe browsere web. De asemenea această versiunea a adus suport pentru diferite plugin-uri externe de C/C++. Această extindere a dat posibilitatea dezvoltatorilor de a extinde mecanismul să folosească hardware și software ce nu era suportat de Unity. Abia în acest moment cei trei fondatori au simțit că produsul lor a ajuns la standardele la care s-au gândit inițial. Următoarele luni au fost petrecute depanând, optimizând și creând diferite modalități aşa încât Unity să fie folosit atât de calculatoarele mai noi, dar și de cele mai vechi.

Următoarea versiune 2.0 a fost lansată doi ani mai târziu, ce a avut ca principal scop consolidarea suportului pentru sistemul de operare Windows, precum și streaming-ul web, umbre realizate în timp real, rețelistică, un mecanism de interpretare a terenului, serverul Unity Asset și un nou sistem grafic pentru utilizator.

După creșterea aplicațiilor pentru smartphone și lansarea telefonului intelligent Apple iPhone, tehnologiile Unity au decis să dezvolte o versiune ce putea fi publicată pentru iPhone. Acest produs a fost lansat separat în decembrie 2008.

În următorii ani s-au axat pe crearea unui editor independent ce era suportat și pe Mac OS X, dar și pe Windows. Lansarea acestui produs s-a realizat în 2009 la conferința de dezvoltatori de jocuri (Game Developers Conference).

Următoarea lansare majoră a fost în anul 2010, în septembrie. Această versiunea a adus multe alte caracteristici necesare cum ar fi maparea de lumini, interpretarea redusă, unificarea tuturor editoarelor, depanare mai bună și occlusion culling, ce ajută la interpretarea doar obiectelor vizibile de cameră[28].

În decembrie 2011, au lansat versiunea 3.5 unde s-a inclus suport pentru mult așteptata implementare flash. În următorul an, se putea realiza o pre-comandă a versiunii Unity 4, care aducea multe caracteristici cum ar fi implementarea flash, o previzualizare a publicării pe Linux, tehnologia de animație Mecanim, fonturi disponibile pe mai multe platforme, precum și sistemul de particule Shuriken [29]. Această versiunea a fost disponibilă tot în acel an, în noiembrie.

O altă așteptată trăsătură a mecanismului Unity a fost suportul 2D. Anterior, se puteau realiza spații 2D, punând texturi pe plane plate și utilizând tehnici nu atât de conventionale. Următoarea versiune 4.3, a inclus și acest suport pentru dezvoltare de jocuri 2D. Tot în această versiune s-au implementat caracteristici ca MonoDevelop 4.0.1, Navmesh ce reprezintă o posibilitate de evitare a obstacolelor, o majoră actualizare pentru aplicațiile din Windows Store, precum și integrarea Plastic SCM[30].

În 2013, Facebook a integrat un kit de dezvoltare software pentru jocuri ce folosea mecanismul Unity[31]. Acest instrument permitea urmărirea campaniilor publicitare, și vizionarea locului în care utilizatorii erau direct legați de postările create și o porțiune specifică din joc. În următorul an, CEO-ul David Helgason a anunțat că va renunța la acest titlu, cel ce îi va lua locul fiind John Riccitiello. Aceasta este CEO-ul companiei de jocuri Electronic Arts. Helgason a rămas să lucreze ca și vice-președinte executiv al companiei.

În următorii ani Unity a avut succes din ce în ce mai mult, fapt ce se vede și

în prezent. S-au început colaborări cu Google pentru dezvoltarea instrumentelor de realitate augmentată pentru dispozitive ce folosesc Android. De asemenea s-au dezvoltat spații realizate cu ajutorul inteligenței artificiale, în colaborare cu Google Cloud. După cum spune și Fast Company, DeepMind folosește tehnologia Unity pentru a antrena algoritmi în spații realistice, unde computerul va încerca mereu să atingă un anumit scop prin nenumărate încercări și eșecuri. Totodată, în anul 2018 Unity a reușit să creeze aproximativ jumătate din jocurile mobile de pe piață și aproximativ 60% din conținutul realizat pentru realitate augmentată sau virtuală.

5.1.2 Beneficiile acestuia

Cu toate că Unity a fost creat în special ca un mecanism de dezvoltare de jocuri, acesta a ajuns să fie folosit în diferite scopuri. De exemplu arhitectii își pot crea foarte simplu idei prototipice, artiștii pot crea artă interactivă, iar cercetătorii îl pot folosi pentru vizualizare de date. Opusul însă nu se poate realiza, nu se poate realiza un joc cu un program de design. Într-un interviu cu Francis, acesta subliniază faptul că acest lucru, împreună cu ușurința de utilizare sunt printre cele mai importante motive pentru care Unity a avut un succes atât de mare. Într-un chestionar s-a descoperit că o treime din toți utilizatorii acestui soft nu dezvoltă jocuri[27].

Un alt beneficiu al utilizării acestui mecanism Unity este ca dă posibilitatea gratis de creare de jocuri atât timp cât acestea nu aduc un venit mai mare de 100000 de dolari. Cei ce doresc să plătească, pot face acest lucru având alte beneficii, cum ar fi acces la codul sursă sau suport de la dezvoltatori.

Se merită să se aducă și beneficiile tehnice, cum ar fi partea de programare pe baza limbajului C#, care este un limbaj de nivel înalt și este un limbaj destul de ușor de folosit și chiar învățat. Totodată, Unity este una dintre cele mai bine documentate framework-uri de pe internet, unde programarea avansată nu este esențială.

Interfețele customizabile și ușurința utilizării acestuia sunt alte beneficii foarte cunoscute. Interfața este intuitivă și caracteristicile și instrumentele sunt ordonate și aliniate logic, totul având un mod natural și așteptat de cel ce îl utilizează.

Unity este disponibil pentru 25 de platforme diferite, variind de la tablete, computere, telefoane inteligente și console de jocuri. Acest aspect oferă oportunități excelente și o flexibilitate foarte mare. Dacă ar fi să cercetăm anterior, platformele tridimensionale disponibile pe mai multe platforme au fost foarte puține, având chiar restricția ca unele fișiere să fie disponibile pe anumite dispozitive. Acest lucru limitează foarte mult procesul de creștere a unui produs. În cazul Unity, lucrurile sunt foarte favorabile pentru cei doritori de dezvoltare a unei afaceri.

Grafica realizată cu ajutorul acestui mecanism este de-a dreptul uimitoare. Software-ul de interpretare furnizează o grafică fotorealistică minunată. Să nu uităm de partea de texturi, lumini sau umbre, care în Unity sunt la un nivel foarte înalt. Folosirea acestora duce la crearea unor spații realistice de învidiat.

Unul dintre cele mai interesante și căutate beneficii este interpretarea în timp real, deoarece de cele mai multe ori interpretarea obiectelor durează foarte mult și consumă foarte mult din puterea calculatorului[32].

5.2 Blender

Blender este un set de instrumente software, folosit pentru crearea animațiilor din filme, a efectelor vizuale, artei, modelelor printate și a aplicațiilor interactive tridimensionale [33]. Acest software suportă de la partea de modelare tridimensională, la montarea corpurilor, animațiilor, interpretarea imaginilor sau a obiectelor, compozitia sau manevrarea mișcării, până la editarea de videoclipuri și chiar crearea de jocuri. Blender se potrivește în principiu persoanelor individuale, ce doresc să realizeze un anumit proiect sau atelierelor mici. Acest framework este disponibil pe mai multe platforme, cum ar fi Linux, Windows și Mac OS X. Interfața ei folosește OpenGL [34].

Blender are un mecanism care dă posibilitatea utilizatorilor de a obține un mod ultra-realistic al obiectelor și spațiilor create. Acesta este echipat cu instrumente de modelare complete, dând posibilitatea creerii, editării și transformării modelelor foarte rapid și ușor.

5.2.1 Istoria framework-ului Blender

Ton Roosendall, în anul 1988 a fondat atelierul de animație olandeză denumit NeoGeo. Aceasta a devenit destul de repede unul dintre cele mai mari ateliere de animații tridimensionale din Olanda. În primii ani ai acestei companii, Ton a fost cel care se ocupa atât de arta în sine, cât și de dezvoltarea de software. După un timp, Roosendaal a decis că este necesară rescrierea de la bază a ceea ce acum se numește Blender, și care poate fi folosit și de cei din afara companiei NeoGeo. În anul 1998, Ton a decis să fondeze o nouă companie denumită Not a Number (NaN) din NeoGeo pentru a putea dezvolta Blender. La baza acestei companii a fost o dorință de dezvoltare a unei aplicații tridimensionale gratuită, disponibilă pentru diferite platforme, fapt ce nu se găsea în acele vremuri în același format. După multele încercări de promovare a framework-ului Blender, în anul 2001 acesta a fost publicat oficial. Din cauza anumitor dificultăți compania NaN a fost închisă, ce a dus la întreruperea dezvoltării și a framework-ului Blender. Având în vedere acest eșec, Ton nu a dorit să renunțe atât de ușor, așa încât a fondat organizația non-profit Blender Foundation, în martie 2002. Scopul primordial al acestia a fost continuarea dezvoltării și promovării framework-ului Blender ca un proiect deschis pentru comunitate. Ulterior, s-au găsit și investitori, majoritatea celor ce au ajutat la creșterea companiei NaN. Totodată, mulți voluntari au ajutat la dezvoltarea și menținerea acestui framework, iar în octombrie 2002, Blender a fost lansat ca fiind GNU GPL. Acest mod de dezvoltare se realizează și în prezent, sub coordonarea creatorului inițial Ton Roosendaal[35].

5.2.2 Caracteristicile de bază ale acestuia

Acest framework îmbină mai multe caracteristici într-un singur produs, ce face ca utilizatorul să poate realiza de la modele simple la jocuri complexe.

Printre cele mai interesante caracteristici se evidențiază mecanismul de redare cu ajutorul bine cunoscutului concept de Path-Tracing. Acest concept are la bază un algoritm care practic integrează toată lumina ce ajunge într-un singur punct pe suprafață unui obiect. Această iluminare este redusă de o funcție de reflexie, pentru a determina cât din această lumină se întoarce înspre cameră. Acest procedeu este repetat pentru fiecare pixel. Cu ajutorul acestuia, se pot realiza multe efecte naturale, cum ar fi adâncimea, ambient occlusion, motion blur sau anumite umbre [36]. În Blender,

acest concept este denumit Cycles (cicluri). Practic, un mecanism de redare controlează utilizarea materialelor, a luminii și a modului de apariție a imaginii redată în scenele tridimensionale[37].

O altă caracteristică este accelerarea procesului de redare. Acest lucru se realizează cu ajutorul conceptului prezentat anterior. Ciclurile dă posibilitatea redării cu ajutorul plăcii grafice (GPU) și nu cu unitatea de procesare (CPU). Având o placă grafică performantă, viteza cu care se calculează diferite operații este mult mai rapidă decât calculul realizat cu ajutorul unității principale de procesare.

Crearea de jocuri tridimensionale este o altă caracteristică a acestui framework. Surprinzător, când vine vorba de dezvoltare de jocuri video, Blender oferă posibilitatea de programare a logicii jocului și totodată crearea unor modele de vizualizare interactive pentru acestea.

Animația prin film este realizată cu ajutorul unui set de instrumente care sunt foarte utile în crearea atât de filme scurte, dar și filme lungi și complexe.

Efectele vizuale sunt o altă caracteristică importantă. Sunt denumite caracteristici VFX, care dă posibilitatea utilizării unei librării care poate crea efecte ale camerei și colorarea graduală.

Scripturile și programarea logică nu lipsesc din acest framework, dând posibilitatea utilizatorului de a scrie cod în Python, un limbaj de programare de nivel înalt, orientat obiect.

5.3 Limbajul de programare C#

Având în vedere folosirea mecanismului Unity, am folosit pe partea de scripuri limbajul C#.

C# este un limbaj de programare modern, orientat obiect și un limbaj de nivel înalt. Baza acestui limbaj este C, C++, dar poate fi familiar și cu Java, sau JavaScript. Pe lângă faptul că este un limbaj orientat obiect, în plus acesta are și suport pentru programare orientată pe componentă. În ultimii ani, proiectarea software s-a bazat tot mai mult pe componente software sub forma unor pachete de funcționalități independente. Cel mai important aspect a acestui model este faptul că prezintă un limbaj cu proprietăți, metode și evenimente. Atributele sunt cele ce furnizează informația despre orice componentă.

Față de limbajele de bază C/C++ s-au adăgat caracteristici ce ajută la o construcție mai robustă și mai durabilă. Colectarea gunoiului (în engl. *Garbage Collection*) va re-vendica automat memoria ocupată de obiecte nefolosite. Manevrarea exceptiilor ajută la crearea unei abordări structurate pentru detecția erorilor. Tipul sigur (în engl. *type-safe*) al variabilelor dă posibilitatea citirii unor variabile care încă nu au fost inițializate sau accesarea elementelor unui vector în care indexul depășește dimensiunea acestuia.

Acest limbaj are un sistem unificat, în care toate tipurile primitive moștenesc caracteristicile unui obiect de bază, numit 'object'. Totodată este suportat referențierea tipurilor sau folosirea lor prin valoare sau alocare dinamică.

Pentru asigurarea unui limbaj cât mai compatibil, s-a introdus versionarea acestuia, fapt pentru care alte limbiage sunt indiferente. Ca rezultat al acestui lucru, programele scrise în alte limbiage au posibilitatea de a avea mai multe erori mult mai ușor. Aspectele directe influențate de această versiune, în C#, sunt legate de separarea modificatorilor *virtual* și *override*. În versiunile mai recente, acest limbaj a preluat și alte

paradigme de programare. Astfel sunt sprijinte și tehniciile de programare funcțională cum ar fi expresiile lambda[38].

Cele mai importante elemente de bază ale acestui limbaj sunt după cum urmează:

- Structura programului, ce este caracterizată de programe, tipuri de date, membrii, spațiile de nume și ansambluri;
- Tipurile și variabilele, care au la bază conceptele de declarare prin valoare, declarare prin referință;
- Expresiile, care sunt construite din operanzi și operatori. Expresiile produc valorile;
- Afirmațiile, ce sunt folosite pentru a se expune acțiunile unui program;
- Clasele și obiectele, unde clasele sunt tipurile fundamentale ale acestui program, iar obiectele sunt instanțe ale acestora. Fiecare clasă are diferiți membri, fie variabile, fie funcții. Acestea pot fi folosite doar în interiorul clasei, sau pot fi expuse pentru a fi folosite și în exterior;
- Tablourile sau vectorii, care sunt structuri de date formate din mai multe variabile, ce sunt accesate cu ajutorul unui indice;
- Interfețele, care sunt definite ca niște contracte ce vor fi implementate ulterior de alte clase. Interfața va conține doar un prototip, astfel nu va avea nicio implementare;
- Delegații, care sunt tipuri referință către metode cu o listă de parametri și un tip de returnare particular. Acest concept dă posibilitatea ca o funcție sau o metodă să fie folosită ca un parametru sau chiar să fie asignată unei variabile. Totodată un delegat poate fi asociat cu un pointer din celelalte limbiage, singura diferență fiind că un delegat este orientat obiect și are un tip sigur;
- Atributele, care dau informații referitoare la tipul, membrii sau alte entități dintr-un program.

Ca o mică trecere în revizie a istoriei acestui limbaj, a fost fondat în 2000 de un programator danez, Anders Hejlsberg. Acesta a luat parte la crearea unor instrumente de programare demne de încredere în cadrul companiei Microsoft, cum ar fi TypeScript sau Delphi, o înlocuire adecvată a limbajului Turbo Pascal. Pentru început acesta a fost denumit COOL (C-like Object Oriented Language) și a fost dezvoltat ca o componentă a framework-ului .NET. Totuși din cauza unor probleme legate de drepturile de autor s-a renunțat la numele inițial și s-a decis actualul nume C#.

Principalul scop al acestui limbaj de programare a fost să fixeze defectele altor limbiage de programare ca Java, C++ sau Delphi. Anders a spus că aceste probleme i-au dat posibilitatea de a lucra la CLR(Common Language Runtime), astfel începând procesul de proiectarea a limbajului de programare C#. Cu toate că scopul acestui limbaj de programare a fost bine definit, James Gosling, cel care a creat limbajul de programare Java, susține că nu este nicio diferență între aceste două limbiage de programare.

Capitolul 6

Concluzii

Dezvoltarea acestei aplicații a necesitat multe cunoștințe de modelare tridimensională și metode de abordare aşa încât să se pună accentul pe realismul spațiilor create, pentru a putea realiza scopul acesteia. Totodată au fost necesare cunoștințe legate de domeniul psihologiei, mai cu seamă cel al fobiilor. Toate aceste cunoștințe s-au acumulat înainte de începerea aplicației propriu-zise printr-un proces de documentare personală, dar mai ales pe parcursul dezvoltării acesteia.

Pe partea de modelare tridimensională am învățat să folosesc setul de instrumente Blender, care ajută la crearea și mai ales modelarea obiectelor și a spațiilor tridimensionale la un nivel foarte ridicat. În mod personal, l-am folosit pentru ajustarea anumitor aspecte legate de obiectele tridimensionale, precum și folosirea mecanismelor de creștere a performanței aplicației.

Pe partea de creare a spațiului concret am învățat să utilizez Unity, care este un mecanism de jocuri cu platformă multiplă, după cum am prezentat anterior. Pentru deprinderea abilităților de a crea spații concrete și finalizarea acestui proiect, m-am confruntat cu diferite probleme. Aceste probleme au fost datorate în principal lipsei mele de experiență cu această tehnologie, fapt ce a dus la organizarea dificilă a modului de dezvoltare a aplicației. De asemenea, atenția s-a îndreptat în nenumărate rânduri pe modelare tridimensională sau alte lucruri care nu erau atât de importante pentru acel moment.

Un alt impediment întâlnit a fost legat de realitatea virtuală, fiind pentru prima dată în context atât de direct cu ea. Partea de realizare a unui spațiu în care realitatea să fie expusă cât mai corect și totodată evitarea răului de mișcare (cybersickness), care este atât de întâlnit de cei ce utilizează realitatea virtuală, au fost cu adevărat o provocare pentru mine. Toate acestea m-au expus la diferite stări, de la încântare deplină pentru ideea avută inițial, la bucuria de a avea posibilitatea să învăț atâtea lucruri și până la panică și stres. Însă toate aceste emoții consider că au fost normale, și cu mult interes am reușit să le depășesc și să ajung la finalul acestei aplicații. Tin să evidențiez că aceasta este prima mea aplicație completă în această tehnologie, care bineînțeles folosește și realitatea virtuală.

Lăsând la o parte provocările, am reușit să înțeleg și să mă las fascinată de tot ce reprezintă această lume virtuală. Prin această aplicație am reușit să îmbin aspecte din psihologie, jocuri, modelare 3D, dar mai cu seamă realitate virtuală. Rezultatul acestei aplicații îndeplinește în principiu scopurile propuse inițial:

- asimilarea cunoștințelor necesare conceperii unui spațiu virtual
- asimilarea cunoștințelor necesare modelării tridimensionale
- realizarea spațiilor tridimensionale necesare tratamentului prin expunere
- realizarea unei simulări a tratamentului prin expunere pentru acrofobie
- utilizarea dispozitivelor necesare realității virtuale cu aplicația realizată

- abilitatea de organizare mult mai eficientă, în cazul unui viitor proiect la fel de complex

Pentru a atesta validitatea aplicației, am primit câteva sfaturi foarte importante de la doamna Nadia Gorduza, medic psihoterapeut, certificat în Terapie prin Expunere la Realitatea Virtuală, fondator ID Therapy Bespoke Treatment Center. Aceste sfaturi sunt mai degrabă pașii în realizarea unei aplicații valide. Aceste sfaturi au fost deja luate în considerare, dar mai pot fi adăugate îmbunătățiri. Ca și pași necesari în realizarea unei aplicații selfhelp, ce nu necesită asistența unui terapeut specialist, pot fi evidențiați următorii:

1. Este importantă evaluarea gradului fobiei. De obicei acesta se poate afla în urma unui test special, care sunt protejate de drepturile de autor, dar pot fi accesate online și chiar folosite. Rezultatul se primește atât imediat pe pagina site-ului pe care se realizează, cât și în e-mail dacă acesta este cerut.

Ca aplicare a acestui fapt, am adăugat în lucrarea scrisă cât și în aplicație acest sfat de a se trece mai întâi prin testul exemplificat mai sus.

2. Este bine a se adăuga spații intermediare și de acomodare atât cu realitatea virtuală, cât și cu conceptele de bază referitoare la fobii.

Ca aplicare, există spațiile introductory prezentate anterior, care respectă aceste cerințe.

3. Exercițiile de respirație diafragmatică sunt recomandate și făcute în prezența unui specialist. Dacă acest lucru nu se poate realiza, este indicată folosirea aparatelor speciale pentru a măsura ritmul respirator și cardiac, pentru a se putea depista o respirație executată incorrect. Aceasta poate fi existentă în stare de anxietate și poate determina tahicardie sau hiperventilație, ce în loc să ajute, poate agrava starea de rău.

În acest scop, s-au adăugat sfaturile și informațiile necesare pentru a preveni orice consecință nedorită. Însă responsabilitatea cade în mâna utilizatorului.

4. Spațiile concrete de expunere ar trebui să realizeze această expunere gradual, având minim 5 expuneri graduale.

Acest aspect nu a fost pus în practică, dar poate fi considerată o bună îmbunătățire, pentru a transforma această simulare de tratament într-un tratament real.

În viitor, această aplicație poate fi îmbunătățită pe parte de performanță dar și pe partea de modelare a spațiilor create. Se poate adăuga cât mai multe detalii pentru fiecare spațiu creat, sau chiar adăugarea de spații noi. Pe de altă parte se poate realiza colaborarea cu un cabinet de psihologie, care să arate nevoile exacte ale pacienților. Se poate crea spații personalizate fiecărui individ și fiecare tratament fiind salvat pentru a se putea vedea progresul. Se poate realiza o procedură de scanare a bătăilor inimii și a tensiunii arteriale pentru individ, outputurile fiind adăugate într-un ecran ce poate fi vizualizat de utilizator, și care poate fi salvat și inspectat ulterior de un terapeut specialist.

Un alt lucru interesant ar fi realizarea anumitor studii cu ajutorul acestei aplicații. Acest lucru fiind pus la dispoziția celor ce fac anumite cercetări, orice tipuri de cerințe putând fi implementate ulterior.

Bibliografie

- [1] Bridget Poetker. The very real history of virtual reality (+a look ahead), septembrie 2019. [Online; accesat la 17-aprilie-2020].
- [2] Jeremy Norman. Pygmalion's spectacles, probably the first comprehensive and specific fictional model for virtual reality. [Online; accesat la 17-aprilie-2020].
- [3] Giulio Di Vico (Youtube). Ivan sutherland - head mounted display. [Online; accesat la 17-aprilie-2020].
- [4] Sophie Thompson. Vr applications: 21 industries already using virtual reality, martie 2019. [Online; accesat la 17-aprilie-2020].
- [5] Wikipedia. Fobie — wikipedia, enciclopedia liberă, 2018. [Online; accesat la 27-martie-2020].
- [6] Wikipedia. Agorafobie — wikipedia, enciclopedia liberă, 2019. [Online; accesat la 30-martie-2020].
- [7] Dana Horvathova. Phobia treatment with the help of virtual reality, 2015. [Online; accesat la 30-martie-2020].
- [8] Robert Segal M.A. Melinda Smith, M.A. and Ph.D. Last Jeanne Segal. Phobias and irrational fears, 2019. [Online; accesat la 30-martie-2020].
- [9] Hiekkalinna T. Paunio T Misiewicz, Z. A genome-wide screen for acrophobia, 2016. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [10] Ardelenau Loredana. Acrofobia, frica de inaltime, 2015. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [11] Carlos Coelho, Allison Waters, Trevor Hine, and Guy Wallis. The use of virtual reality in acrophobia research and treatment, 2009. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [12] Wikipedia. Behaviorism — wikipedia, enciclopedia liberă, 2019. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [13] Anne Swinbourne Rebekah Boynton. Health check: why are some people afraid of heights?, 2017. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [14] Berkeley Wellness. Coping with fear of heights, ianuarie 2016. [Online; accesat la 31-martie-2020].
- [15] Tomasz și Wiak Sławomir și Tikk Toomas și Haamer Rain și Avots Egils și Helmi Ahmed și Ozcinar Cagri și Anbarjafari Gholamreza Kamińska, Dorota și Sapiński. Virtual reality and its applications in education: Survey, octombrie 2019. [Online; accesat la 16-aprilie-2020].

- [16] Feng TIAN Yang LI, Jin HUANG. Gesture interaction in virtual reality, 2018. [Online; accesat la 4-aprilie-2020].
- [17] Sol Roger. Virtual reality: The learning aid of the 21st century, martie 2019. [Online; accesat la 16-aprilie-2020].
- [18] Eric Krokos, Catherine Plaisant, and Amitabh Varshney. Virtual memory palaces: immersion aids recall, iunie 2018. [Online; accesat la 16-aprilie-2020].
- [19] Matthew Chapman. Sculptura in vr, martie 2018. [Online; accesat la 10-may-2020].
- [20] Pune India Department of Psychiatry, Armed Forces Medical College. Virtual reality applications in mental health: Challenges and perspectives, 2014. [Online; accesat la 14-aprilie-2020].
- [21] Dongguan Shi Jianping Shi Zongjun Tian Jiguan Yang Xingsong Wang Qing Jiang Lan Li, Fei Yu. Application of virtual reality technology in clinical medicine, septembrie 2017. [Online; accesat la 15-aprilie-2020].
- [22] Sae-Jin Kim Barbara O. Rothbaum Jessica L. Maples-Keller, Brian E.Bunnel. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders, mai 2018. [Online; accesat la 16-aprilie-2020].
- [23] ID Therapy în colaborare cu Asociația Americană de Psihiatrie. Evaluarea severitatii fobiilor specifice – adult, 2020. [Online; accesat 09-Iunie-2020].
- [24] Jon Brodkin. How unity3d became a game-development beast, iunie 2013. [Online; accesat la 16-may-2020].
- [25] Eric Peckham. How unity built the world's most popular game engine, octombrie 2019. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [26] Peter Cohen. Ambrosia releases gooball game, martie 2005. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [27] John Haas. How unity3d became a game-development beast. [Online; accesat la 16-may-2020].
- [28] Unity Technologies. Unity technologies delivers unity 3, septembrie 2010. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [29] Unity Technologies. Unity 4.0. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [30] Unity Technologies. Unity 4.3. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [31] Wikipedia contributors. Unity (game engine) — Wikipedia, the free encyclopedia, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [32] Paul Skidmore. Why unity is so popular with 3d rendering companies & cad firms, februarie 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [33] Wikipedia contributors. Blender (software) — Wikipedia, the free encyclopedia, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].

- [34] Blender. Blender - about, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [35] Blender. Blender's history, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [36] Wikipedia contributors. Path tracing — Wikipedia, the free encyclopedia, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [37] Finances online. Blender review, 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].
- [38] Microsoft. A tour of c# language, februarie 2020. [Online; accesat 16-Mai-2020].