

UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE
DEPARTAMENTUL CALCULATOARE



PROIECT DE DISERTAȚIE

Joc de tipul Tower Defense în realitate virtuală

Coordonator științific:

Prof. dr. ing. Alin Moldoveanu

Masterand:

Nicolae Jinga

BUCUREȘTI

Iunie 2019

Cuprins

1. Introducere	4
1.1. Structura lucrării	4
1.2. Motivarea alegerii temei	4
1.3. Prezentare generală	4
2. Stadiul domeniului și competiția	5
2.1. Cercetare	5
2.2. Competiția și comparație	5
2.3. Concept și dezvoltare inițială	6
2.4. Modificarea conceptelor mecanicilor de bază	7
3. Funcțiile jocului	7
3.1. Descrierea aplicației	7
3.2. Meniul aplicației	8
3.3. Nivelurile jocului	8
3.4. Tipurile de inamici	11
3.5. Tipurile de turnuri	14
3.6. Interfața jucătorului	18
4. Proiectare și implemenare	20
4.1. Scheme relaționale	20
4.2. Segmente de cod	21
5. Evaluare și îmbunătățiri	26
5.1. Chestionar și păreriile jucătorilor pentru îmbunătățirea jocului	26
5.2. Implementarea modificărilor pe baza sugestiilor jucătorilor	30
5.3. Propriile modificări finale	33
6. Concluzii	36
6.1. Îmbunătățiri viitoare	36
6.2. Ultim cuvânt	36
BIBLIOGRAFIE	37

1. INTRODUCERE

1.1 Structura lucrării

Lucrarea este împărțită în șase capitole: "Introducere", "Stadiul domeniului și competiția", "Funcțiile jocului", "Proiectare și implementare", "Evaluare și îmbunătățiri" și "Concluzii". În Introducere, vorbesc despre motivația mea în alegerea temei și a prezentării generale a jocurilor de tipul Tower Defense. În următoarele patru capitole vorbesc despre dezvoltarea proiectului. Acestea urmăresc evoluția aplicației de la stadiul de concept, până la finalizare, inclusiv evaluarea aplicației cu jucători ce au oferit părerea lor pentru îmbunătățirea acesteia. În final, în capitolul Concluzii vorbesc despre impresiile mele asupra proiectului și despre îmbunătățirile ce pot fi aduse în viitor.

1.2 Motivarea alegerii temei

Tema lucrării se intitulează "Joc de tipul Tower Defense în realitate virtuală" și este rezultatul curiozității mele intelectuale și al provocării de a implementa un astfel de joc în realitate virtuală.

Curiozitatea s-a format și dezvoltat în cadrul cursurilor universitare de "Introducere în Realitate Virtuală" din cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare, Universitatea Politehnica din București. Cursurile din domeniul realității virtuale m-au făcut să aspir în această direcție, ulterior documentându-mă singur din dorința de a afla mai mult și de a progresa și specializa pe acest domeniu. Împreună cu informațiile pe care le-am acumulat și lucrurile pe care le-am învățat, atât în cadrul cursurilor de "Proiectarea jocurilor video", cât și în afara cursurilor universitare, m-am decis să proiectez acest tip de joc în realitate virtuală cu provocarea de a-l face pe de-o parte accesibil prin a fi ușor de înțeles și jucat, iar pe de cealaltă parte jocul să reprezinte o provocare pentru jucător. Un alt motiv în alegerea dezvoltării acestei aplicații constituie atât evoluția seturilor de realitate virtuală din ultima perioadă, cât și accesibilitatea crescută de a deține unul de către consumatori.

1.3 Prezentare generală

Jocul l-am dezvoltat cu ajutorul motorului de joc Unity, folosind limbajul de programare C# pentru setul de realitate virtuală HTC Vive.

Proiectul implementat este un joc de tip tower defense. Scopul jocului este de a construi turnuri în scopul apărării unui obiectiv împotriva valurilor de inamici care pornesc dintr-un loc și urmăresc un traseu definit care duce la obiectiv. Jucătorul trebuie să oprească aceste valuri de inamici prin a construi diverse turnuri de-a lungul traseului în scopul de a opri înaintarea inamicilor. Jucătorul câștigă atunci când reușește să înfrângă toate valurile de inamici și pierde atunci când inamicii ajung să distrugă obiectivul.

2. STADIUL DOMENIULUI ȘI COMPETIȚIA

2.1 Cercetare

Pentru dezvoltarea jocului pe setul de realitate virtuală HTC Vive, dezvoltat de HTC în parteneriat cu Valve, am folosit SDK-ul SteamVR. Acesta oferă o interfață foarte ușor de folosit pentru setarea acțiunilor implementate de către dezvoltator pe butoanele manetelor. De asemenea, SDK-ul oferă acces și la sistemul de siguranță cunoscut sub numele de Chaperone, ce oferă informații despre delimitările spațiului din realitatea virtuală pentru a asigura că jucătorul nu lovește obiectele din jur în timp ce acesta este în realitatea virtuală, iar pe lângă aceasta, oferă și posibilitatea de a previzualiza proiectul dezvoltat în Unity direct pe dispozitivul de realitate virtuală. Pe lângă toate acestea, SDK-ul vine integrat și cu un număr suficient de scenarii și scene care să prezinte și să demonstreze funcționalitatea diverselor moduri de intrare de pe manete, de la butoane simple, la butoane de tip vector, ce monitorizează cât de mult acesta este apăsat, și "trackpad" ce funcționează atât ca un set de butoane, cât și ca un fel de panou tactil ce urmărește traiectoria parcursă de degetul jucătorului.

2.2 Competiția și comparație

În primă fază, pentru a crea un joc video de tipul Tower Defense pentru realitate virtuală, am analizat aplicațiile care fac parte din această categorie, din cele deja existente pe piață, cu scopul de a evita, pe cât posibil, repetiția, dar totodată păstrând elementele necesare pentru a fi recunoscut ca făcând parte din această categorie. Astfel că am decis să păstrez elementele de strategie deja foarte bine determinate pentru acest tip de joc, dar totuși incluzând altele noi. Așadar, poziționarea strategică a turnurilor este posibilă, dar am introdus, pentru jucător, și posibilitatea de a participa activ la eliminarea inamicilor, fără a face ca una din aceste două activități să fie mai importantă decât cealaltă, fiind nevoie de un echilibru în utilizarea acestora pentru a finaliza cu succes jocul. Această alegere, de a include și participarea jucătorului în eliminarea inamicilor folosind o armă, a fost făcută și datorită faptului că având acest element incorporat, jocul este mult mai activ, nu doar pur strategic, ceea ce acoperă un număr mult mai mare de persoane din publicul țintă care ar aprecia această activitate crescută pe care o necesită jocul. Deși, există jocuri de acest tip pentru realitate virtuală, niciunul dintre acestea nu îmbină cele două elemente mai sus menționate folosind o singură perspectivă și care să fie folosite concomitent de-a lungul întregului joc. În cazul jocului "In Your Face", de exemplu, turnurile trebuie construite înaintea începerii jocului, iar participarea jucătorului la eliminarea efectivă a inamicilor folosind o armă are loc după această planificare inițială.

Așadar, făcând parte din cercetarea pentru dezvoltarea acestui proiect, am studiat următoarele jocuri* din cadrul celor de tipul Tower Defense în realitate virtuală:

- Castle Must Be Mine [1]
- Evil Robot Traffic Jam [2]
- Kittypocalypse [3]
- In Your Face [4]
- Romans from Mars [5]
- Tribocalypse [6]

* Jocurile au pagina web a acestora menționată în bibliografie conform numerotării.

Castle Must Be Mine. Dintre toate cele menționate, acesta este cel mai finisat joc. Seamănă foarte mult cu Kingdom Rush, un joc de tipul tower defense dezvoltat pentru web și mobile. Comparativ cu jocul pe care îl dezvolt, acest joc se joacă doar în modul editare. Jocul permite adăugarea de soldați ce sunt controlați de către calculator și se bat unu la unu cu inamicii.

Evil Robot Traffic Jam și *Kittypocalypse*. Ca și jocul menționat anterior, și acestea au o perspectivă de sus a hărții, se construiesc turnuri împotriva inamicilor, obiectivul fiind acela de a opri mașinile de a ajunge la destinație.

In Your Face. Acest joc seamănă cel mai mult cu jocul pe care l-am implementat, deoarece conține ambele moduri de joc descrise mai sus, dar prezintă niște diferențe esențiale. Față de jocul video pe care l-am implementat, unde ambele moduri de joc sunt utilizate pe toată durata jocului, în aplicația "In Your face" jucătorul este pe teren tot timpul, dar construcția turnurilor se face doar înainte de începerea jocului, acesta nemaiputând utiliza acest mod de joc în momentul în care inamicii sunt prezenți pe teren.

Romans from Mars și *Tribocalypse*. Aceste două jocuri pun accentul pe modul "soldat pe teren" descris mai sus, iar nu există turnuri de construit. Inamicii care înaintează către obiectivul cheie trebuie apărat doar de către jucător dintr-o perspectivă first-person folosind armele și vrăjile puse la dispoziție.

Comparativ cu proiectul implementat de mine, primele trei jocuri menționate se concentrează mai mult pe partea de construire a turnurilor, iar ultimele trei pe partea interacțiunii directe dintre jucător și inamici.

2.3 Concept și dezvoltare inițială

În conceptul inițial al jocului, jucătorul avea două roluri în cadrul jocului. Primul rol ar fi fost acela de "soldat pe teren" în perspectiva de first-person-view (adică camera este amplasată în așa fel încât să creeze senzația că jucătorul reprezintă personajul) cu rolul de a se mișca pe hartă și de a interacționa direct cu inamicii având posibilitatea de a trage în ei și a folosi vrăji. Cel de-al doilea rol al jucătorului era acela de a interacționa direct cu harta, dintr-o perspectivă amplasată deasupra acesteia, prin a construi turnuri de apărare împotriva valurilor de inamici și prin a modelarea hărții, permițând astfel jucătorului să creeze dealuri și văi pentru a îngreuna avansul inamicilor.

Jucătorul tranzizionează între cele două moduri, în modul editare pentru construcția turnurilor, iar în modul "soldat pe teren" pentru a-și asista turnurile în apărarea obiectivului împotriva valurilor de inamici, scopul final fiind acela de a opri inamicii să atingă obiectivul. Echilibrul jocului constă în schimbarea între cele două moduri de joc, făcându-le să depindă una de alta, schimbarea între cele două moduri reprezentând mecanica de bază a jocului, nefiind posibilă terminarea jocului jucând doar într-un mod sau altul. (Jucând doar în modul "soldat pe teren" înseamnă că jucătorul nu va avea turnuri de partea sa, iar jucând în modul editare înseamnă că vor rămâne resurse pentru a construi noi turnuri, resurse ce pot fi procurate doar în celălalt mod menționat). Astfel putem spune că reprezintă o "simbioză" între cele două moduri de joc.

O altă mecanică esențială a jocului este cea de a edita terenul propriu-zis, impactând inamicii ce merg pe traseul lor către obiectivul cheie. Acest lucru avea loc din cadrul modului editare și permitea schimbarea geometriei hărții creând astfel dealuri și văi care impactau viteza de deplasare a inamicilor. Acest lucru este posibil prin a avea o grilă geometrică peste harta jocului, iar prin atingerea unui nod și prin mișcarea în sus sau în jos a acestuia, harta jocului se ținea după această grila modificând astfel relieful jocului și impactând avansul inamicilor.

2.4 Modificarea conceptelor mecanicilor de bază

Pe parcursul dezvoltării aplicației și implementării caracteristicilor esențiale ale jocului menționate mai sus, am fost nevoit să renunț cu totul la unele dintre acestea deoarece erau foarte supărătoare vizual și greu de înțeles și manipulat în cadrul jocului, astfel creând o experiență neplăcut jucătorului. Un alt motiv pentru alegerea de a renunța la aceste caracteristici a fost greutatea cu care avea de a face jucătorul în a le folosi, scopul meu fiind acela de a face jocul cât mai accesibil posibil, permițând astfel tuturor tipurilor de jucători să se bucure de această aplicație.

Prima caracteristică la care a trebuit să renunț a fost aceea de a avea acele două moduri descrise mai sus. Iterând mult asupra schimbării dintre cele două moduri cu un impact cât mai mic vizual și un disconfort minimal pentru jucător, am ajuns la concluzia că poate duce în eroare jucătorul, iar interfața necesară devenea greu de înțeles. Astfel, modul de joc rămas este acela de "soldat pe teren", dar și cu abilitatea de a construi turnuri, împărțite pe cele două manete, unul folosit pentru a trage în inamicii, iar celălalt pentru a construi turnuri.

A doua caracteristică pe care a trebuit s-o revizuiesc a fost aceea de a edita harta prin creerea de dealuri și văi pentru împiedicarea avansului inamicilor. Lăsându-i astfel jucătorului această libertate, strica echilibrul jocului, fiind chiar imposibil de a găsi un echilibru în a fi utilă și distractivă în același timp. De asemenea, și această caracteristică îngreuna interfața utilizatorului foarte mult, astfel distrăgându-i atenția acestuia de la jocul propriu-zis. În locul acestei caracteristici, primul nivel al jocului a fost creat de așa natură încât pe traseul inamicilor de unde aceștia pornesc și către obiectivul la care aceștia trebuie să ajungă, să existe mici denivelări ale terenului.

3. FUNCȚIILE JOCULUI

3.1 Descrierea aplicației

Aplicația este alcătuită din trei scene. Prima scenă reprezintă meniul jocului din cadrul căruia se poate alege dificultatea, schimba numărul de manete cu care se va juca utilizatorul, și alegerea unuia din cele două niveluri implementate cu titlurile "Desert" și respectiv "Forest". Celelalte două scene sunt reprezentate de cele două niveluri propriu-zise. Logica selectării nivelurilor și modificarea opțiunilor se face prin intermediul unui segment de cod atașat controllerului, existent doar în scena meniului, numit "LevelSelector". În cadrul acestui segment de cod, filtrez prin obiectele cu care poate jucătorul poate interacționa și execut acțiunea necesară atunci când acesta ridică butonul "trigger" și raycast-ul intersectează un obiect de interes.

3.2 Meniul aplicației

La pornirea aplicației, jucătorul se află în meniul principal al jocului. (Figura 3.2.1). În cadrul meniului, acesta poate schimba dificultatea jocului. Imediat în fața jucătorului îi sunt prezentate cele două niveluri implementate, primul cu tematică de deșert, al doilea cu tematică de pădure. Pe partea stânga a nivelurilor, există un meniu în care jucătorul poate alege una din opțiunile de dificultate ale jocului. Există trei opțiuni de dificultate, ușor, mediu sau greu, cea implicit aleasă la pornirea aplicației este cea medie. Pe partea dreaptă a nivelurilor, există un meniu în care utilizatorul poate alege dintre variantele de a juca cu o singură manetă și de a juca cu două manete. La pornirea aplicației, o singură manetă este selectată implicit. Tot în Figura 3.2.1. se pot vedea valorile implicite ale setărilor și anume, dificultatea medie este aleasă și marcată cu o bifă în dreptul acesteia, iar numărul de manete este ales și marcat cu un cerc albastru ce înconjoară opțiunea.



Figura 3.2.1 – meniul aplicației

3.3. Nivelurile jocului

Cele două niveluri "Desert" și "Forest" diferă prin grafică (vizual arată diferit), elemente de joc amplasate diferit (locațiile unde se pot construi turnuri și locațiile unde se poate teleporta jucătorul), traseul propriu-zis pe care inamicii trebuie să-l urmeze și numărul și compoziția valurilor de inamici este diferit.

Nivelul "Desert" (Figura 3.3.1) are o tematică cu deșert, mult nisip, iar harta este înconjurată de apă. Relieful nu este unul plan datorită diverselor dune de nisip, iar traseul inamicilor este marcat cu ajutorul unor bucăți de lemn. Platformele pe care jucătorul stă și se teleportează sunt din piatră, iar bazele turnurilor pe care jucătorul construiește sunt marcate prin platforme joase, de lemn.

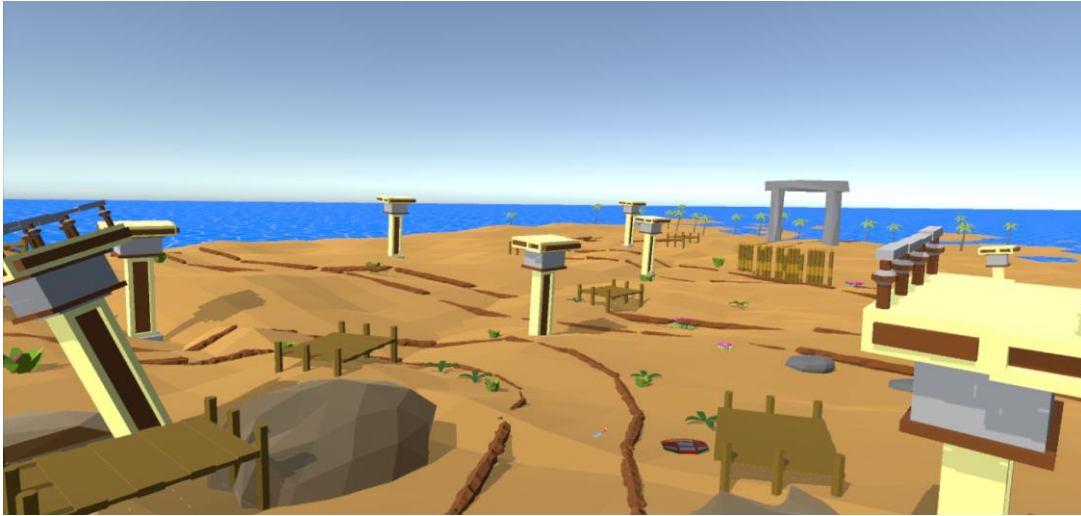


Figura 3.3.1 – O perspectivă first-person a jucătorului asupra nivelului "Desert" în care se pot observa platformele pe jucătorul se poate teleporta, platformele "TowerBase" pe care acesta poate construi turnuri, drumul pe care inamicii trebuie să-l urmărească și poarta de piatră din zona mai îndepărtată a nivelului de unde apar inamicii.

În Figura 3.3.2 se observă harta primului nivel printr-o perspectivă de sus a acesteia, iar triunghiul galben marcat în această figură reprezintă poziția și direcția în care s-a uitat jucătorul la momentul în care s-a efectuat captura de ecran marcată în figura de mai sus (Figura 3.3.1).

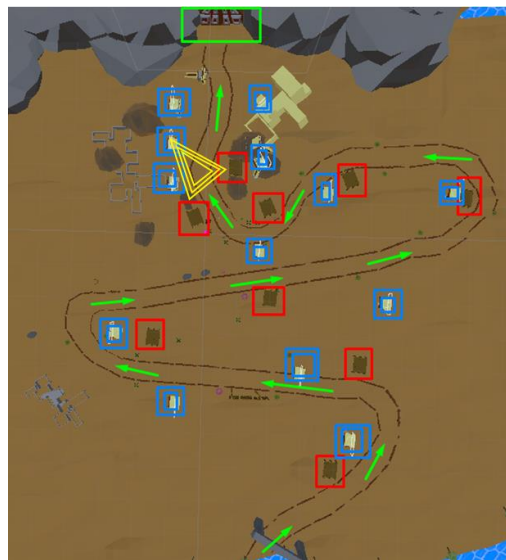


Figura 3.3.2 – O perspectivă de sus asupra nivelului "Desert" în care se pot observa toate elementele de joc

Nivelul "Forest" (Figura 3.3.3) are o tematică de pădure, culoarea care predomină este verde, terenul având o textură de iarbă, și multe tipuri de copaci diverși pictează nivelul dându-i un aspect de natură. Drumul inamicilor este desemnat printr-o potecă din lemn, platformele pe care stă și se poate teleporta jucătorul sunt acele platforme înalte de piatră, identice cu cele din nivelul "Desert", însă platformele pe care jucătorul construiește turnurile, de această dată, sunt desemnate printr-o bucată de pământ ridicată cu iarbă deasupra acestora.



Figura 3.3.3 – O perspectivă de sus asupra nivelului "Forest" în care se pot observa toate elementele de joc

În Figura 3.3.4 se observă harta celui de-al doilea nivel printr-o perspectivă de sus a acesteia, și din nou, triunghiul galben marchează poziția și direcția jucătorul în care acesta se uită în momentul în care s-a efectuat captura de ecran marcată în figura de mai sus (Figura 3.3.3)

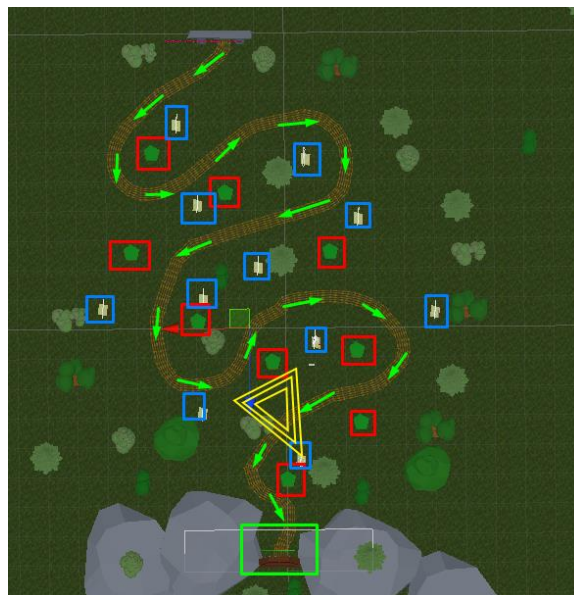


Figura 3.3.4 – O perspectivă de sus asupra nivelului "Forest" în care se pot observa toate elementele de joc

În figurile cu perspectivă de sus asupra nivelurilor (Figura 3.3.2 și Figura 3.3.4), observăm cum sunt poziționatele diferitele elemente ale jocului în cadrul fiecărui nivel. Obiectele evidențiate cu chenare albastre reprezintă locațiile în care jucătorul se poate teleporta, elementele marcate cu chenare roșii reprezintă locațiile în care jucătorul poate construi turnuri ("TowerBase"), săgețile verzi indică traseul pe care inamicii trebuie să-l urmărească pentru ca în final să ajungă la obiectiv (în figuri este marcat cu un chenar verde). Obiectivul este o poartă pe care inamicii trebuie să o distrugă pentru ca jucătorul să piardă jocul. Inamicii încep să atace poarta odată ce au ajuns în dreptul acesteia, și o vor ataca în continuu până când fie poarta pică sau jucătorul îi va înfrânge.

3.4 Tipurile de inamici

Există trei tipuri de inamici numiți: "Imp", "Firelord", "Guardian". Fiecare dintre aceștia arată diferit și au atribute precum viața și viteza de mișcare diferită.

Tipul de inamic denumit "Imp" are ca și caracteristici de bază o viteză de parcurgere a traseului destul de mare. O altă caracteristică a acestuia este reprezentată de un număr mediu de puncte de viață. Viteza de deplasare a acestuia este 6, iar numărul de puncte de viață este 180. (Figura 3.4.1).



Figura 3.4.1 – modelul 3D al inamicului "Imp"

Al doilea tip de inamic denumit "Firelord" este un inamic înalt, ce se deplasează cu o viteză medie și are un număr de puncte de viață sub medie. Viteza de deplasare este 4,5 și viața este de 120 de puncte. (Figura 3.4.2). Acest inamic strict inferior celorlalte două tipuri de inamici, decizie de design deși pare foarte nenaturală, este una conștientă, motivul pentru care am ales să iau această decizie fiind acela de a garanta jucătorului o sursă ușor realizabilă de gold.



Figura 3.4.2 – modelul 3D al inamicului "Firelord"

Al treilea tip de inamic denumit "Guardian" este cel mai puternic inamic pe care jucătorul îi v-a trebui să-i facă față. Deși are o viteză de deplasare relativ mică, compensează cu un număr mare de puncte de viață. Viteza acestora este de 3, iar numărul punctelor de viață este 250 (Figura 3.4.3). Un număr de puncte de viață de două ori mai mare decât cel al "Firelord"-ului și o viteză de deplasare de două ori mai mică decât cea a "Imp"-ului.



Figura 3.4.3 – modelul 3D al inamicului "Guardian"

Inamicii apar în "valuri", iar un val este format din grupări de inamici. Astfel am modularizat direct din interfața editorului Unity ce inamici apar, în ce ordine și cât timp durează între apariția inamicilor din aceste grupări, respectiv între valuri.

Inamicii odată ce au ajuns la poartă (obiectivul pe care jucătorul trebuie să-l apere), aceștia încep să atace poarta până când o distrug. La distrugerea acesteia, jocul se termină, iar jucătorului îi este afișat un mesaj de terminare a jocului. Fiecare inamic lovește poarta o dată pe secundă iar per atac acesteia îi

scade un punct de viață. Dacă jucătorul înfrânge toți inamicii, acestuia va câștiga jocul și îi va fi afișat un mesaj corespunzător.

Toate cele trei tipuri de inamici au un următorul set de animații: animație pentru când acesta este eliminat de către jucător, animație de deplasare pentru înaintea pe traseu către obiectivul cheie, animație de atac pentru a ataca o obiectivul.

Punctele de viață ale inamicilor sunt influențate de către dificultatea aleasă din cadrul meniului de către jucător, dar și de către numărul valului de inamici actual. Formula după care se calculează punctele de viață ale inamicilor este următoarea (Formula 1):

$$HP + (WN \times HAF) \quad , \quad (1)$$

unde: HP reprezintă numărul punctelor de viață ale inamicului,
WN reprezintă numărul valului curent,
HAF reprezintă factorul de amplificare bazat pe dificultatea aleasă

Acest factor de amplificare HAF este un scalar influențat de către dificultatea aleasă, de către jucător, astfel:

Pentru dificultatea "Easy" – dificultatea cea mai mică a jocului, acest factor de scalare este 0, astfel în formula de mai sus viața inamicilor nu se va schimba pe parcursul jocului, odată cu creșterea numărul de valuri. Pentru dificultatea "Medium" – dificultatea de mijloc a jocului, factorul de scalare este 8, iar pentru dificultatea "Hard" – cea mai grea dificultate de care dispune jocul, factorul de scalare este de 15.

Exemplu:

Pentru inamicul Guardian, care are viața de început de 250, jucând pe dificultatea "Medium" și odată ajunși la valul numărul 6, viața acestor inamici în cadrul valului 6, după formula prezentată, va fi:

$$250 + (6 \times 8) = 250 + 48 = 298.$$

Pentru inamicul Imp, care are viață de început de 180, jucând pe dificultatea "Easy" și odată ajunși la valul numărul 3, viața acestor inamici în cadrul valului 3, după formulă, va fi astfel:

$$180 + (3 \times 0) = 180 + 0 = 180.$$

Pentru inamicul Firelord, care are viață de început 120, jucând pe dificultatea "Hard" și ajunși la valul numărul 10, viața acestor inamici în cadrul respectivului val, după formulă va fi astfel:

$$120 + (10 \times 15) = 120 + 150 = 270.$$

Diferențele caracteristicilor inamicilor și cum viața acestora evoluează în funcție de dificultate și de numărul curent al valului se observă foarte ușor în Tabelul 1:

Tipul inamicului	Viteză de deplasare	Viața de bază	Viața în cadrul valului 5, dificultatea "Medium"	Viața în cadrul valului 5, dificultatea "Hard"
Imp	6	180	240	255
Firelord	4.5	120	160	195
Guardian	3	250	290	325

Tabelul 1

3.5 Tipurile de turnuri

Jucătorul poate construi trei tipuri de turnuri, fiecare cu funcționalitate și caracteristici diferite. Cele trei turnuri se numesc "Cannon Tower", "Nova Tower" și respectiv "Tesla Tower". Atunci când jucătorul elimină inamici, câștigă "gold" cu care poate construi turnuri. Toți inamicii acordă un "gold" jucătorului. Turnurile odată construite, pot fi îmbunătățite prin a plăti "gold" ca să devină mai bune, crescându-le atributele, precum viteza de tras, zona de efect și cât de departe ajung proiectilele acestora. Vizual, acestea dobândesc o stea galbenă deasupra lor. Turnurile se pot construi doar în anumite locuri desemnate (marcate cu chenar roșu în Figura 3.3.4 menționată anterior), iar aceste locuri sunt considerate bazele turnurilor "Tower Base".

"Cannon Tower" - este turnul de bază pe care jucătorul îl poate construi (Figura 3.5.1). Acesta aruncă un proiectil sub formă de bilă către un inamic o dată pe secundă. Proiectilul se va ține după inamic până când acesta va fi lovit. Acest turn va lovi întotdeauna inamicul care se află cel mai aproape de a ajunge către obiectivul cheie pe care jucătorul trebuie să-l apere, pe traseul pe care inamicul îl urmează. Un turn foarte accesibil pentru începutul jocului, având distanța de tragere asupra inamicilor foarte mare, va asigura că și chiar cei mai rapizi inamici vor fi doborâți datorită sistemului de urmărire a proiectilelor pe care turnul le trage.



Figura 3.5.1 – modelul 3D al turnului "Cannon"

Caracteristile turnului "Cannon" sunt următoarele:

- Mecanica turnului: aruncă un proiectil către cel mai apropiat inamic, iar proiectilul urmărește inamicul până la impact cu acesta
- Distanța la care poate trage turnul este de 70.
- Viteza de tras a turnului este de o secundă.
- Numărul punctelor de viață pe care turnul le scade inamicilor este de 20 per proiectil.
- Costul construcției turnului este de 3 gold.
- Costul îmbunătățirii turnului este de 9 gold.
- În urmă îmbunătățirii acestuia, viteza de a tras crește de la un proiectil pe secundă la un proiectil la fiecare 0.65 secunde.

"Nova Tower" (Figura 3.5.2) – un turn ce emite un puls de energie în jurul acestuia, lovind toți inamicii care intră în contact cu acest puls. Viteza de emisie a pulsurilor este mică în comparație cu turnul Cannon, însă compensează prin a avea o zonă de efect mare și un număr mare de puncte de viață pe care le scade inamicilor. Acestor turn este cel mai eficient atunci când este amplasat de către jucător pe bazele turnurilor în jurul cărora traseul inamicilor se află cât mai mult timp în zona de efect (Figura 3.5.3). Un turn cu o viteză de emisie a pulsurilor foarte înceată, dar cu efect puternic, poziționarea eficientă a acestuia va aduce rezultate optime jucătorului împotriva inamicilor de care trebuie să apere obiectivul cheie.



Figura 3.5.2 – modelul 3D al turnului "Nova"

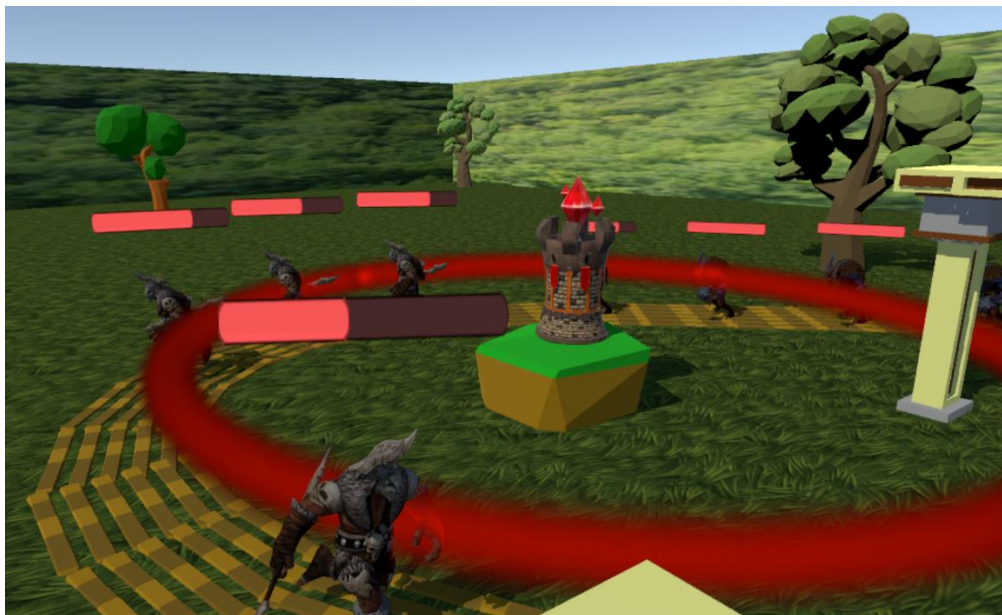


Figura 3.5.3

Turnul Nova emite un puls de energie roșie care atunci când intră în contact cu inamicii, le scade un număr semnificativ din punctele acestora de viață.

Caracteristicile turnului "Nova" sunt următoarele:

- Mecanica turnului: emite un puls în jurul acestuia.
- Distanța pe care pulsul o parcurge este de 30.
- Turnul emite un puls o dată la 4 secunde.
- Numărul de puncte pe care îl scade din viața inamicilor este de 25
- Costul construcției turnului este de 7 gold
- Costul îmbunătățirii turnului este de 11 gold
- În urmă îmbunătățirii turnului, turnul va emite un puls o dată la 2.5 secunde

"Tesla Tower" (Figura 3.5.4) este un turn caracterizat prin abilitatea de a ține ținta pe un inamic, acest lucru fiind reprezentat vizual sub forma unor fulgere care urmăresc inamicul pe tot parcursul traseului care intră în zona de efect al turnului, scăzându-i puncte de viață în mod continuu. Acest turn își va schimba ținta pe inamicul care se află cel mai aproape de către turn (Figura 3.5.5). Un turn special care are eficacitatea maximă atunci când trage în inamici care sunt "izolați" de restul inamicilor pentru a trage constant în aceștia



Figura 2.5.4 – modelul 3D al turnului "Tesla"



Figura 3.5.5

Turnul Tesla atacă un inamic cu fulgere, luându-i progresiv din punctele de viață

Caracteristicile turnului "Tesla" sunt următoarele:

- Mecanica turnului: curentează inamici cu fulgere, luându-le progresiv din viață
- Distanța maximă a turnului de a curenta inamici este de 30
- Curentează inamici o dată la 0.1 secunde
- Un singur fulger ia inamicului 2 puncte de viață, ținând cont de cât de des curentează inamicii, turnul le ia 20 de puncte de viață pe secundă.
- Costul construcției este de 5 gold.
- Costul de îmbunătățire este de 10 gold.
- În urmă îmbunătățirii turnului, acesta va curenta o dată la 0.07 secunde

Jucătorul începe jocul cu 15 gold, și acumulează câte 1 gold pentru fiecare inamic înfrânt. Acesta trebuie să-și eficientizeze apărarea prin a construi turnurile în locurile optime pentru a obține o zonă de efect cât mai mare pentru fiecare turn și să pună în echilibru fiecare decizie pe care o ia, de exemplu dintre a construi un nou turn sau a îmbunătăți unul deja existent. Aceste lucru de care jucătorul trebuie să țină cont, adaugă un element de strategie jocului. Pe lângă construcția turnurilor, este posibilă și vânzarea acestora, obținând înapoi o parte din costul construcției.

Pe lângă turnurile care atacă inamicii, și jucătorul este înarmat cu o arbaleta cu care și el la rândul lui poate ataca inamicii, astfel contează unde se poziționează jucătorul pe hartă pentru a îi fi cât mai ușor de a trage în inamici. Fiecare săgeată trasă cu arbaleta le scade inamicilor 4 puncte de viață. Numărul săgeților este infinit, iar jucătorul trebuie să se concentreze pe a nimeri inamicii pentru a eficientiza apărarea. Astfel pe lângă elementele de strategie, există și acest element de precizie.

Atunci când turnurile sunt îmbunătățite, pe lângă obținerea efectului descris în cazul turnului construit, vizual acestuia i se desemnează și o stea de culoare galbenă pentru ca jucătorul să vadă foarte ușor ce turnuri sunt deja îmbunătățite și ce turnuri nu sunt deja îmbunătățite.

Diferențele caracteristicilor turnurilor, pe care le poate amplasa jucătorul, se pot vedea în următorul tabel (Tabelul 2):

Tipul turnului	Cannon	Nova	Tesla
Distanța maximă de efect	70	30	30
Frecvența atacurilor în secunde	1	4	0.1
Puncte scăzute din viața inamicilor per atac	20	25	2
Costul necesar construirii	3	7	5
Costul necesar îmbunătățirii	9	11	10
Rezultatul îmbunătățirii: frecvența atacurilor	1s -> 0.65s	4s -> 2.5s	0.1s -> 0.06s

Tabelul 2

3.6 Interfața jucătorului

Interfața jucătorului este compusă din mai multe elemente, dar în linii mari, le vom împărți în două categorii, prima categorie reprezentând interfața "imediată" disponibilă a jucătorului adică cea care este poziționată pe manetele acestuia (Figura 3.6.1), în care își poate vedea gold-ul curent, viața actuală a obiectivului pe care trebuie să-l apere, precum și turnul pe care îl are selectat și costurile pentru construcție a acestuia. Această interfață imediată, este "atașată" de manete, astfel indiferent cum jucătorul mișcă manetele, și interfața îi va păstra poziția relativă față de manetele jucătorului, fiind tot mereu prezentă și ușor accesibilă. În interfața jucătorului de pe manete, este prezentată interfața turnurilor inițial implementată pe maneta din stânga, iar pe maneta din dreapta a jucătorului, poziționată în stânga acesteia, sunt prezente două numere, primul de culoare verde, reprezentând viața obiectivului pe care jucătorul trebuie să-l apere, iar cel de-al doilea, de culoare galbenă, reprezentând gold-ul actual al jucătorului.



Figura 3.6.1 - Interfața imediată implementată inițial a jucătorului

Cea de-a doua categorie de interfață este cea "îndepărtată" adică cea care îi oferă jucătorului informații prin text ce apare în cadrul hărții în care se joacă. În Figura 3.6.2 se poate observa textul, poziționat deasupra porții de piatră de unde apar inamicii, ce îi comunică jucătorului în cât timp va începe să apară următorul val de inamici, dar și textul "+1G" atunci când un inamic este înfrânt ce semnifică faptul că jucătorul a obținut un gold de pe urma acestuia. În interfața "îndepărtată" se observă sub forma unor dreptunghiuri roșii poziționate deasupra fiecărui inamic, reprezentând viața curentă a acestuia, aceste bari începând să se micșoreze proporțional cu cât de multă viață rămasă mai au inamicii. Tot în interfața din cadrul jocului, există și un dreptunghi verde poziționat deasupra obiectivului, pe care jucătorul trebuie să-l apere, pentru a indica viața curentă a acestuia.



Figura 3.6.2 - Interfața îndepărtată a jucătorului, comunicându-i în câte secunde va începe să apară valul 4 și că a câștigat un gold pe urma unui inamic pe care l-a înfrânt

4. PROIECTARE ȘI IMPLEMENTARE

În acest sub-capitol voi prezenta relațiile dintre diversele componente ale aplicației și voi explica segmente de cod ce implementează diverse anumite mecanici

4.1 Scheme relaționale

În Figura 4.1.1, observăm diversele componente ale aplicației precum și interacțiunea dintre acestea. În linii mari, există un obiect GameManager ce reprezintă obiectul de bază și are control asupra diverselor elemente din joc. Pe lângă acesta există structurile de inamici ce conțin ca obiecte cele trei tipuri de inamici, fiecare inamic când este instanțiat de către WaveManager din GameManager, va fi instanțiat cu EnemyHealth ce reprezintă viața inamicilor și cum își pierde punctele de viață în funcție de turnurile care îi atacă sau de jucător. FollowPath este un script atașat inamicilor pentru a urmări traseul care pornește de unde aceștia încep să apară și se termină în dreptul obiectivului jucătorului. Jucătorul încapsulează obiectele RightHand și LeftHand ce reprezintă cele două manete cu care interacționează. Pe maneta din mâna dreaptă, avem codul ce controlează arbaleta, și săgețile acesteia, ale jucătorului, iar pe maneta din mână stânga, avem codul ce controlează întregul proces de creere a turnurilor și în tot ce constă acesta, de la afișarea interfeței turnurilor pe manetă, vânzarea acestora, îmbunătățirea, turnurile semi-transparente ce indică unde poate construi jucătorul turn și care dintre cele trei turnuri le va construi în urma ridicării butonului de construire a turnurilor. Structura turnurilor, cuprinde cele trei turnuri, iar fiecare turn cuprinde scriptul ce exercită calcule, animații și interacțiuni, iar turnurile Cannon și Nova au un script atașat proiectilelor pe care acestea le emit, și anume bila cu care turnul Cannon trage, numită HomingMissile, respectiv pulsul pe care turnul Nova o emite având chiar același nume: Nova. Pentru turnul Tesla, nu există cod atașat fulgerului propriu-zis, calculele acestuia făcându-se direct în codul turnului.

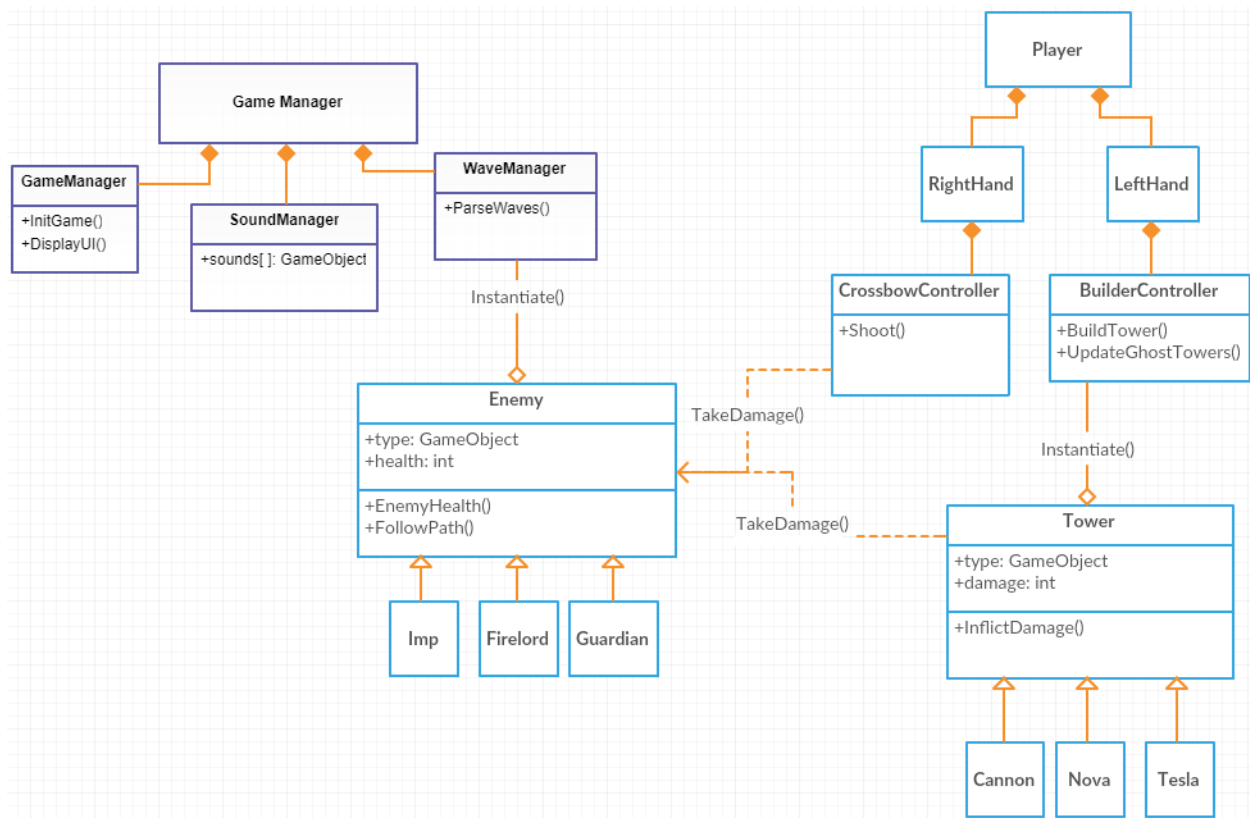


Figura 4.1.1

4.2 Segmente de cod

În cadrul acestui sub-capitol voi vorbi despre cum am ales să implementez valurile de inamici și construcția turnurilor.

Un nivel are mai multe valuri de inamici, un val de inamici are mai multe "grupări de inamici", iar o grupare de inamici reprezintă câți inamici de același fel vor apărea. Între grupările de inamici și valurile de inamici există și un timp de așteptare până când vine următoarea grupare, respectiv următorul val.

Astfel, am creat două structuri ce implementează gruparea respectiv valul de inamici. Pentru structura grupării de inamici avem următorul cod:

```

1  public class NrOfEnemy
2  {
3      public GameObject typeOfMonster;
4      public int numberToSpawn;
5      public float spawnInterval;
6      [HideInInspector] public int numberSpawned = 0;
7      [HideInInspector] public float untilNextSpawn;
8      [HideInInspector] public bool currentSetOfEnemiesStarted = false;
9      [HideInInspector] public bool isEnemyAlive = true;
10 }
  
```

Fiecare variabilă din cadrul structurii reprezintă:

- "typeOfMonster" (de tipul GameObject) = obiectul ce încapsulează inamicului efectiv, adică ce monstru va fi instanțiat
- "numberToSpawn" = numărul de inamici care vor apărea în cadrul acestei grupări
- "spawnInterval" = intervalul între inamici din cadrul grupării
- "numberSpawned" = numărul de inamici care au apărut deja.
- "untilNextSpawn" = cât timp a trecut de la ultima instanțiere
- "currentSetOfEnemiesStarted" = starea grupării, dacă a început sau nu
- "isEnemyAlive" = dacă inamicul este încă în viață

După cum am menționat anterior, un val poate conține mai multe "grupări de inamici", astfel observăm mai jos că structura "Wave" conține o listă cu structura "NrOfEnemy".

```
1  public class Wave
2  {
3      public int waveInterval;
4      public List<NrOfEnemy> enemies = new List<NrOfEnemy>();
5      [HideInInspector] public float untilNextWave;
6      [HideInInspector] public bool currentWaveStarted = false;
7  }
```

De altfel, putem observa că și structura ce încapsulează valurile de inamici, are trei variabile (waveInterval, untilNextWave, currentWaveStarted), variabile care sunt prezente și în structura ce reprezintă "gruparea de inamici" pentru a ști cât durează până când începe următorul val, cât timp a trecut de când a început valul precedent, respectiv dacă valul curent a început sau nu.

În final avem o listă de valuri:

```
1  public List<Wave> waves = new List<Wave>();
```

Astfel expusă în editorul Unity, putem modifica cu ușurință integritatea valurilor, respectiv grupărilor de inamici, câte valuri/grupări să existe, după cât timp acestea să apară, câți inamici de același tip să apară, ordinea de apariție a acestora. În Figura 4.2.1 observăm cum arată această implementare și cât de ușor se poate modifica compoziția valurilor de inamici fără a mai modifica codul sursă. Elementele încadrate în chenar roșu reprezintă valurile de inamici, iar elementele încadrate în chenar galben reprezintă grupările de inamici care formează valurile.

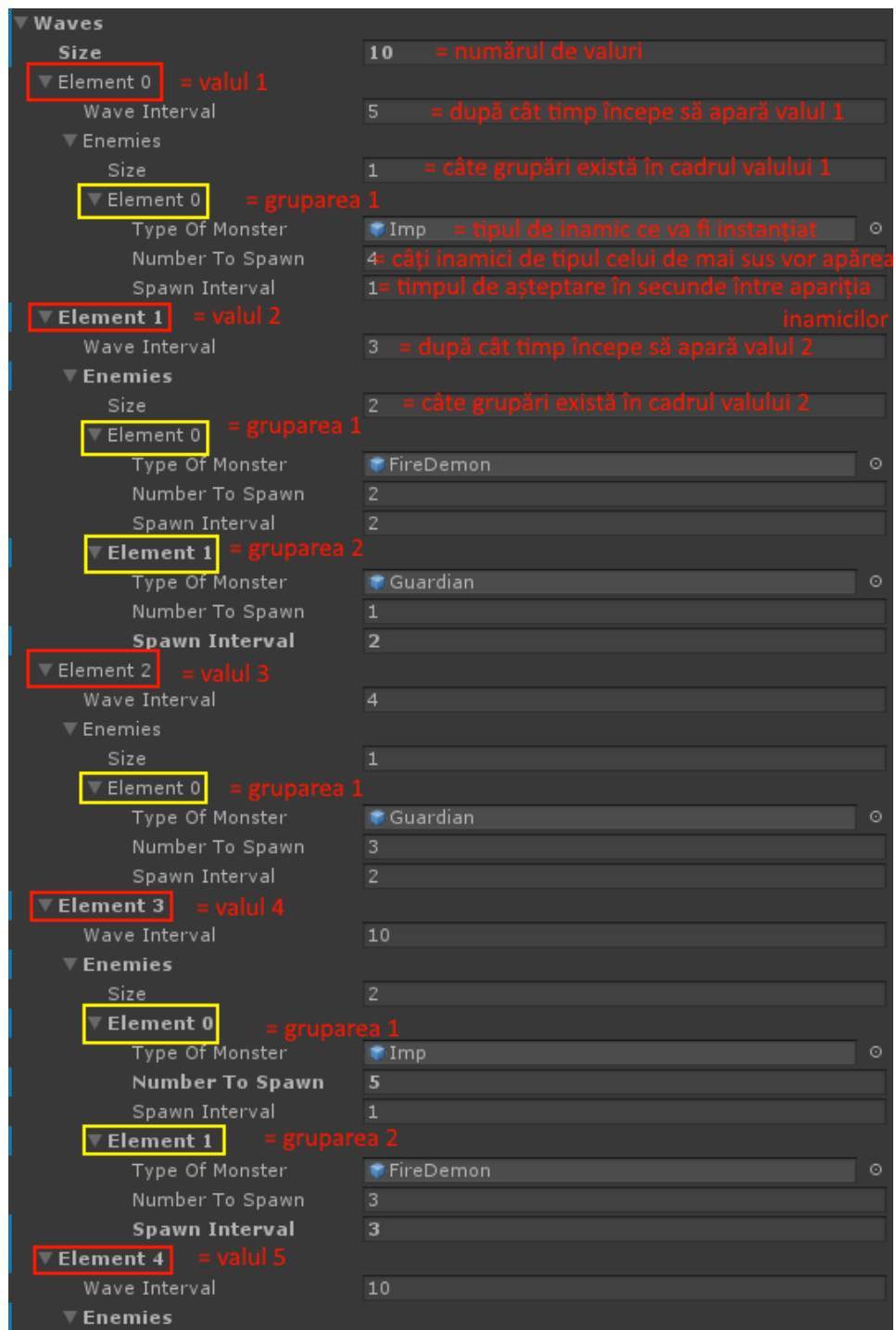


Figura 4.2.1
Interfața codului sursă în cadrul editorului Unity cu
explicațiile în culoare roșie pentru fiecare câmp

Construcția turnurilor se face pe aceste baze de turnuri "TowerBase" menționate și în capitolul anterior. Atunci când ținem butonul de construcție apăsat, facem un raycast în față pornind de la maneta jucătorului, iar dacă raycastul intersectează vreun "TowerBase" înseamnă că se poate construi un turn acolo. Dacă butonul este ridicat în acel moment, se va face construcția turnului dacă necesarul de gold este îndeplinit. Pentru a ajuta jucătorul, am implementat și un sistem de a-i oferi informație prin afișarea unui turn semi-transparent atâta timp cât acesta ține butonul apăsat pentru a ști ce turn va construi și unde îl va construi. În Figura 4.2.2 se observă acest lucru. Pe lângă existența acestor turnuri semi-transparente pentru a informa jucătorul din punct de vedere vizual unde despre starea butonului de construire (fiind apăsat), pe ce "TowerBase" și ce turn are selectat pentru a construi, există și indicii sub forma unor săgeți albastre care arată în direcția bazei turnurilor pe care jucătorul poate să construiască turnuri, indicându-i acest lucru. La construirea unui turn pe un "TowerBase", această săgeată albastră va dispărea din dreptul bazei turnului unde a fost construit, fiind doar prezente pe bazele pe care se pot construi turnuri unde nu sunt deja construite turnuri.

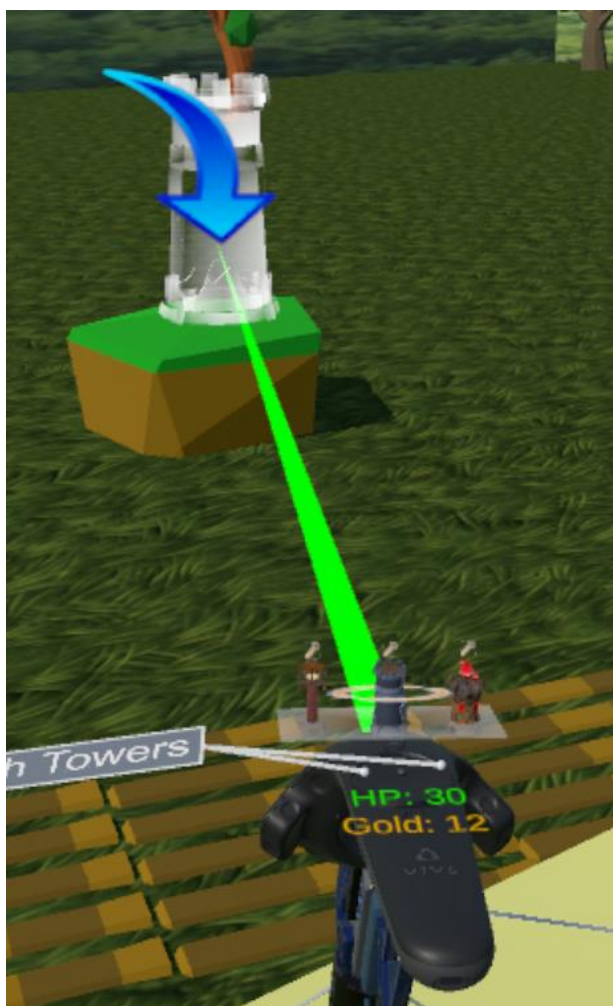


Figura 4.2.2

Maneta jucătorului este îndreptată către un TowerBase cu butonul de construire apăsat, astfel vedem un turn-semi transparent ce ne indică ce turn și unde va fi construit.

Codul pentru această implementare este:

```
1  if (hit.collider.transform.CompareTag("TowerBase"))
2  {
3      GameObject TSL = hit.collider.transform.Find("TowerSpawnLocation").gameObject;
4      if (TSL.GetComponent<TowerBuiltOnTowerBase>().towerBuilt == false
5          && sellingTower == false)
6      {
7          lineRenderer.startColor = new Color(0, 255, 0, 50);
8          towerGhosts[(int)towerIndex].transform.position = TSL.transform.position;
9          towerGhosts[(int)towerIndex].SetActive(true);
10         if (towerUp.GetStateUp(handByInput) &&
11             (gameManager.GetComponent<GameManager>()
12              .TowerGoldCost[towers[(int)towerIndex].tower.name]
13              <= gameManager.GetComponent<GameManager>().gold))
14         {
15             GameObject instantiatedTower =
16                 Instantiate(towers[(int)towerIndex].tower,
17                             TSL.transform.position,
18                             towers[(int)towerIndex].tower.transform.rotation);
19             OnTowerBuilt?.Invoke(towers[(int)towerIndex].tower.name, false,
20                                   instantiatedTower.GetInstanceID());
21             gameManager.GoldPopup(TSL.transform.position + upgradeIconOffset, "-")
22                 + gameManager.GPLoseGoldByTowerBuild(
23                     GetTowerNameByIndexForDictionaries((int)towerIndex, true), false));
24             TSL.GetComponent<TowerBuiltOnTowerBase>().towerBuilt = true;
25             instantiatedTower.transform.parent = TSL.transform;
26             towerBuiltSource.PlayOneShot(sm.towerBuilt, sm.volume[sm.towerBuilt]);
27             Instantiate(buildEffect, TSL.transform.position,
28                         buildEffect.transform.rotation);
29         }
30         else if (gameManager.GetComponent<GameManager>()
31                 .TowerGoldCost[towers[(int)towerIndex].tower.name]
32                 >= gameManager.GetComponent<GameManager>().gold &&
33                 towerUp.GetStateUp(handByInput))
34         {
35             gameManager.GoldPopup(TSL.transform.position + upgradeIconOffset,
36                                   (gameManager.GetComponent<GameManager>()
37                                    .TowerGoldCost[towers[(int)towerIndex].tower.name] -
38                                    gameManager.GetComponent<GameManager>().gold).ToString(), false, true);
39             OnNoGold?.Invoke();
40         }
41     }
```

Linia 1 verifică dacă raycastul intersectează obiecte din scenă ce au eticheta "TowerBase", în caz pozitiv, pe linia 2 se memorează în variabila TSL, locația desemnată în obiectele TowerBase pentru a crea turnul exact în acel loc. Condiția de pe linia 3 și 4 verifică dacă există deja un turn construit pe acel TowerBase și dacă suntem în modul de vânzare a turnurilor. În cazul în care nu suntem în starea de vânzare a turnurilor și TowerBase-ul este liber, adică la momentul actual nu este construit niciun turn pe acesta, pe linia 7 schimbăm culoarea raycast-ului din roșu în verde pentru a semnifica că este posibilă construcția, pe linia 8 și 9 se poziționează turnul semi-transparent pentru informarea jucătorului și respectiv se activează acest obiect. Atenție, până acum suntem încă în starea în care butonul de construcție al turnurilor este încă apăsat. Condiția de pe liniile 10-13 verifică dacă am butonul de construcție este ridicat și dacă avem suficient gold pentru a construi turnul, caz în care pe liniile 15-27 se fac setările necesare construcției turnului precum turnul efectiv, efectul de construcție al turnului, sunetul de construcție al

turnului, se marchează TowerBase-ul ca fiind construit un turn pe acesta, se trimite eveniment către toate componentele care s-au subscris evenimentului "OnTowerBuilt". Condiția de pe liniile 29-32 verifică dacă butonul s-a ridicat și gold-ul jucătorului este insuficient pentru a construi un turn, în final pe liniile 34-38, se instăiază un text în spațiul global ce indică jucătorului că mai are nevoie gold, și de cât gold mai are nevoie acesta, și respectiv se trimite evenimentul "OnNoGold" tuturor componentelor subscribe la acesta.

Acest segment de cod face parte dintr-un segment mai mare de cod, ce tratează și cazurile în care jucătorul țintește către un turn deja construit, caz în care turnul trebuie să se îmbunătățească dacă jucătorul are suficient gold. Celălalt caz este cel de vânzare al turnurilor, când jucătorul ridică butonul de "vânzare turnuri" pe un turn construit (neîmbunătățit) sau pe un turn deja îmbunătățit, pentru a face deinițializările corecte și a-i oferi jucătorului gold-ul conform turnului, îmbunătățit sau nu, pe care îl vinde.

5. EVALUARE ȘI ÎMBUNĂTĂȚIRI

5.1 Chestionar și părerile jucătorilor pentru îmbunătățirea jocului

Odată ce am finalizat aplicația din punct de vedere al funcționalității și design-ului am început să conduc o demonstrație a jocului cu prietenii, colegii de facultate și profesorii pentru a afla părerile acestora despre proiect și ce îmbunătățiri pot aduce proiectului înainte de a-l considerat complet. Pe lângă informațiile pe care mi le-au transmis direct, le-am adresat și un chestionar ce conține două părți, primul cu notare de la 1 la 5, 1 însemnând cel mai puțin, iar 5 însemnând cel mai mult, iar a doua parte întrebări adresate direct ce necesită propria părere.

Prima parte a chestionarului conține următoarele întrebări, iar rezultatul din dreptul acestora reprezintă media răspunsurilor jucătorilor. În Figurile 5.1.1 – 5.1.5 observăm graficul proporțiilor răspunsurilor jucătorilor:

- Cât de mult v-a plăcut jocul? 4.4 / 5.0
- Cât de mult v-a plăcut grafica? 3.8 / 5.0
- Cât de mult v-a plăcut mecanica de joc? 5.0 / 5.0
- Cât de mult v-a plăcut interfața de utilizator? 4.2 / 5.0
- Cât de ușor vi se pare jocul? 4.0 / 5.0

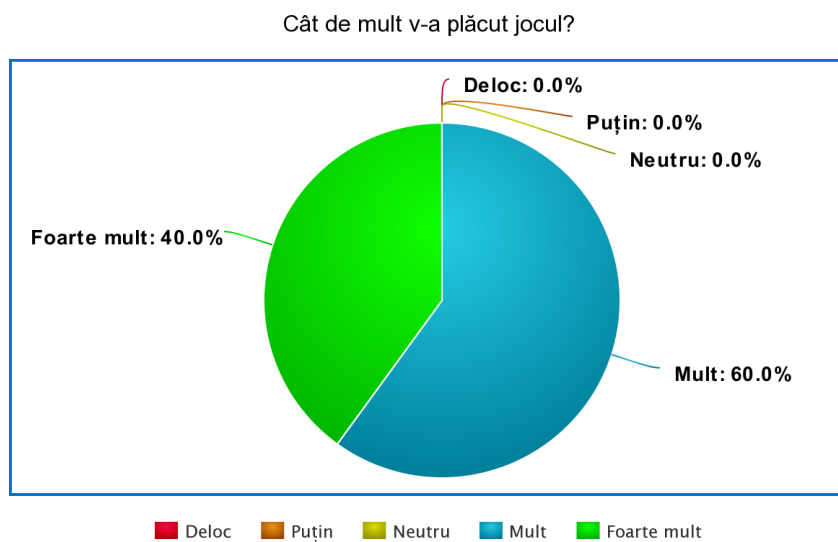


Figura 5.1.1

Cât de mult v-a plăcut grafica?

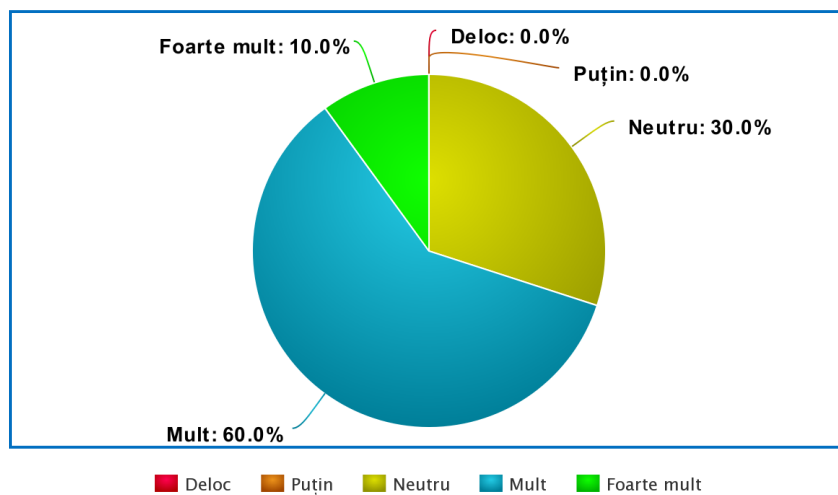


Figura 5.1.2

Cât de mult v-a plăcut mecanica de joc?

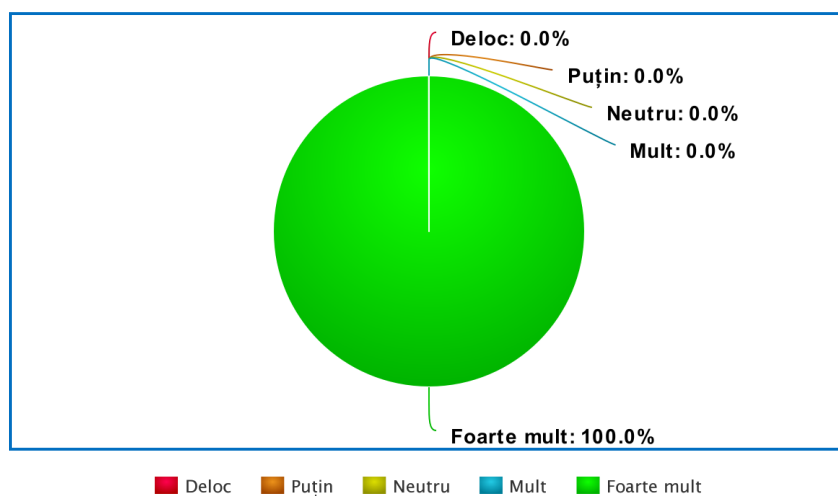


Figura 5.1.3

Cât de mult v-a plăcut interfața de utilizator?

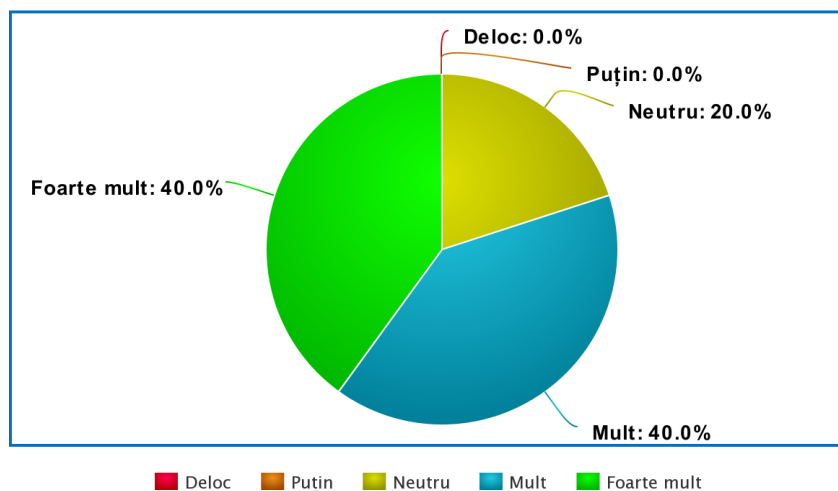


Figura 5.1.4

Cât de ușor vi se pare jocul?

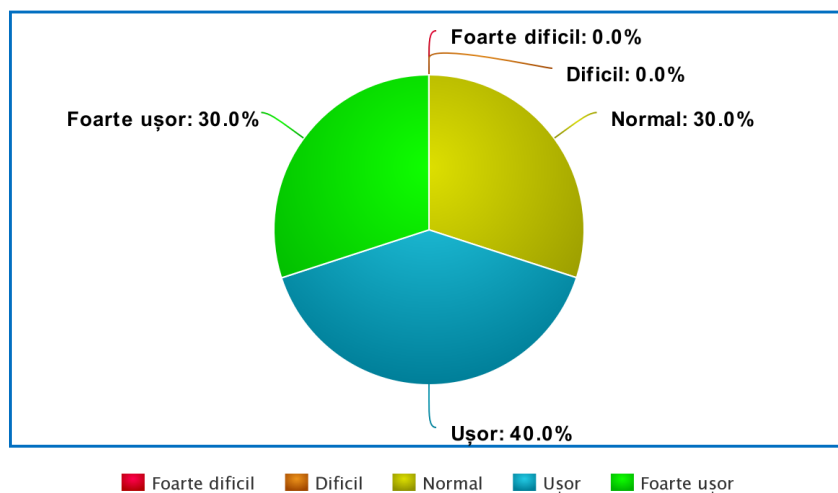


Figura 5.1.5

Aceste rezultate sunt în urma demonstrației a primei versiuni a jocului, astfel prin urmarea acestor rezultate, în special interfața jucătorului și dificultatea jocului, să fie ulterior schimbate.

Cea de-a doua parte a chestionarului a constatat în răspunsurile jucătorilor la următoarele întrebări. Am sintetizat răspunsurile jucătorilor la aceste întrebări și am obținut următoarea listă, în urma căreia am luat decizia să implementez acele modificări ce oferă o experiență mai bună jucătorului și acele modificări ce cresc calitatea jocului.

- "Ce aspecte v-au plăcut cel mai mult?"
 - Perspectiva 3D a unui joc de tipul Tower Defense
 - Nivelul de interactivitate al jocului deoarece, pe lângă poziționarea strategică a turnurilor, jucătorul se poate teleporta și poate participa activ la eliminarea inamicilor prin folosirea arbaletelor.
 - Reprezentările vizuale ale indiciilor care au scopul de a-l ajuta pe jucător să afle care sunt locațiile posibile de plasare a turnurilor și de teleportare.
- "Ce aspecte v-au displicut?"
 - Poziționarea jucătorului pe platforme astfel încât perspectiva pe care o are jucătorul asupra jocului să fie de mai sus.
 - Interfața de selectare a turnurilor este prea mare și informațiile nu sunt ușor vizibile
 - Copacii din cadrul celui de-al doilea nivel obstruzionează câmpul vizual al jucătorului datorită dimensiunilor acestora
- Ce sugestii de îmbunătățire aveți?
 - Posibilitatea de a putea folosi o singură manetă
 - În cazul în care construirea unui turn este imposibilă din cauza unui număr insuficient de gold, textul afișat cu scopul de al anunța pe jucător de o nevoie suplimentară de gold, ar trebui să conțină, pe lângă mesajul "No gold" deja implementat, și numărul de gold de care jucătorul ar mai avea nevoie pentru a construi sau îmbunătăți turnul.
 - Existența unor reprezentări vizuale care simbolizează finalizarea construirii sau îmbunătățirii unui turn.
 - Posibilitatea de a vedea direct pe turnurile deja construite, cu ajutorul unei reprezentări vizuale, care dintre acestea se pot îmbunătăți

Următorul pas, în urma completării de către jucători a acestui chestionar, a constatat în analiza răspunsurilor acestora cu scopul de a elabora și schematiza noile concepte pentru ca acestea să fie ulterior implementate în joc, astfel încât să fie în concordanță cu sugestiile prezente în chestionar.

Pentru a finaliza proiectul și pentru a-l duce într-o formă completă ca să reprezinte o experiență unică și accesibilă de joc, am implementat toate modificările relevante pe baza sugestiilor jucătorilor în urma chestionarului oferit acestora în capitolul anterior, dar am venit și cu propriile adăugări finale sub forma de indicii, ce îndrumă jucătorul, prezente în interfața jucătorului imediată de pe manete, explicându-i ce efect și ce acțiune va avea fiecare buton pe care acesta îl va folosi în cadrul jocului.

5.2 Implementarea modificărilor pe baza sugestiilor jucătorilor

Modificările implementate ca urmare a analizei părerilor aduse de către jucători sunt următoarele:

- O nouă interfață de construire a turnurilor.

Primul motiv pentru care am schimbat interfața este faptul că vechea interfață a jucătorului (Figura 5.2.1) ocupa foarte mult spațiu din câmpul vizual al jucătorului, lucru care îngreuna jocul din cauza suprapunerii ineficiente a interfeței cu restul elementelor prezente în joc, de care jucătorul trebuie să țină cont, cum ar fi poziția inamicilor și a platformelor unde acesta se poate teleporta și a bazelor de construire a turnurilor. Astfel ca pentru noua interfață am implementat modificările necesare în privința poziției și dimensiunilor acesteia pentru a minimiza acest efect sau chiar pentru a îl exclude întrutotul. Din punct de vedere al poziției, noua interfață nu se află în stânga manetei, ci este suprapusă peste maneta în partea superioară a acesteia, iar din punct de vedere al dimensiunilor, noua interfață este mult mai mică.



Figura 5.2.1 – Vechea interfață a jucătorului

Al doilea motiv pentru această schimbare este faptul că folosind vechea interfață, nu era posibilă decât vizualizarea a câte unui singur turn la un moment dat, astfel că jucătorul nu avea o viziune de ansamblu asupra tuturor opțiunilor de turnuri care puteau fi construite, el fiind nevoit să apese pe butonul de stânga și butonul de dreapta de pe "trackpad" pentru ca acesta să treacă prin toate opțiunile și pentru a lua o decizie finală în privința turnului pe care acesta dorește să îl construiască. Astfel ca pentru noua interfață (Figura 5.2.2) se pot observa toate cele trei opțiuni de turnuri cu posibilitatea jucătorului de a alege turnul dorit într-un timp mult mai scurt decât în cazul utilizării interfeței vechi, datorită analizei mult mai rapide de către jucător a opțiunilor posibile de turnuri ce pot fi construite.



Figura 5.2.2 – Noua interfață a jucătorului

Pentru a ușura și mai mult procesul prin care jucătorul trece pentru a alege turnul pe care acesta dorește să îl construiască, pentru noua interfață (Figura 5.2.2) am inclus un element vizual, reprezentat de o imagine cu un ciocan. Această imagine se află deasupra turnurilor pentru care numărul de gold este suficient pentru a putea fi construite. Am implementat această schimbare deoarece, folosind interfața veche (Figura 5.2.1), jucătorul trebuia să analizeze pentru fiecare turn numărul de gold necesar pentru construirea lui și să îl compare cu numărul de gold pe care acesta îl are în acel moment pentru a afla dacă poate fi construit sau nu. Acest lucru nu era deloc eficient și jucătorul consuma prea mult timp pentru a determina dacă turnul poate fi sau nu construit. Astfel, cu ajutorul acestei reprezentări vizuale sub forma unui ciocan, amplasată deasupra turnurilor, atât pentru cele deja construite pe "teren", cât și pentru cele din interfața vizuală, jucătorul poate vedea ce turnuri pot fi sau nu pot fi construite sau îmbunătățite, ceea ce este mult mai rapid și mai eficient. Jucătorul poate schimba între turnurile afișate prin apăsarea butoanelor stânga, respectiv dreapta de a cicla lista de turnuri, iar inelul galben din jurul turunului din mijloc indică jucătorului ce turn este la momentul actual selectat.

- Utilizarea unei singure manete sau a două manete

În prima fază de dezvoltare a jocului, jucătorul era obligat să folosească două manete în desfășurarea diverselor activități din cadrul jocului, cum ar fi construirea sau îmbunătățirea turnurilor, teleportarea jucătorului, eliminarea inamicilor folosind arma etc. Ulterior, după ce jocul a fost testat de către jucători și ținând cont de impresiile acestora după ce au testat jocul utilizând cele două manete, am luat decizia de a adăuga și posibilitatea de a juca întregul joc folosind doar o singură manetă. Cu mențiunea că opțiunea de a juca jocul folosind două manete nu a fost complet îndepărtată, se poate opta în continuare pentru această variantă din cadrul meniului.

În cadrul opțiunii de a juca cu două manete, activitățile pe care le poate avea jucătorul în cadrul jocului sunt desemnate unei anumite manete. Cu maneta din mână stângă a jucătorului, acesta poate alege, poate construi și poate îmbunătăți turnuri, iar folosind maneta din mână dreaptă a jucătorului, acesta se poate teleporta pe platformele desemnate și poate trage cu arbaleta în inamici.

În schimb, în cadrul opțiunii de a juca jocul cu o singură manetă, acesta poate realiza toate aceste activități folosind o singură manetă. Am ales să păstrez ambele opțiuni deoarece sunt de părere ca acest lucru poate ține strict de preferințele pe care le pot avea jucătorii. Unii jucători ar putea alege să joace jocul folosind ambele manete pentru a putea fi mai eficienți, astfel că, dacă aceștia au atenție distributivă, pot construi turnuri cu o manetă, iar în același timp, cu cealaltă manetă ar putea să tragă în inamici cu arbaleta. În schimb alți jucători pot să fie derutați de această separare a activităților folosind două manete și astfel să aleagă opțiunea de a juca folosind o singură manetă.

- Efect ce simbolizează finalizarea construcției sau îmbunătățirii turnurilor

O altă modificare care a avut loc în urma analizării răspunsurilor oferite de către jucători, se referă la nevoia de confirmare, pentru jucător, a faptului că au fost finalizate construcția sau îmbunătățirea turnurilor. În acest sens, pentru a îndeplini această cerință, am adăugat acestor turnuri un efect sub forma unui sistem de particule, ce simbolizează acest lucru și anume finalizarea construirii sau îmbunătățirii turnului.

- Înălțarea platformelor pe care poate sta jucătorul

În prima versiunea a jocului, cu care am susținut demonstrația jocului și care a fost testată de câțiva jucători, platformele pe care jucătorul poate sta și unde se poate teleporta erau la un nivel mai jos, iar în urma completării chestionarului, jucătorii au menționat ca acest lucru era deranjat din cauza faptului ca perspectiva asupra jocului nu era una optimă. Pentru a rezolva această problemă, în a doua versiune a jocului, în care au fost implementate toate modificările necesare în urma analizării sugestiilor oferite de către jucători în chestionar, toate aceste platforme pe care jucătorul poate sta au fost înălțate. Aceste platforme, fiind poziționate mai sus, conferă o viziune mai bună asupra elementelor jocului, în special asupra inamicilor ce merg pe traseu către obiectiv și a bazelor turnurile unde se pot construi turnuri, deci o perspectivă mai bună asupra a ceea ce se întâmplă în cadrul jocului.

- Afișarea necesarului de gold

În prima versiune a jocului, există, pentru situația în care un jucător nu avea suficient gold să construiască un turn, un mesaj informativ "No gold" care să îi aducă la cunoștință jucătorului că acesta mai are nevoie de gold suplimentar pentru a construi acel turn. Jucătorii care au completat chestionarul au sugerat să fie introdus în acest mesaj afișat și numărul de gold de care jucătorul mai are nevoie pentru a realiza acțiunea de construire a turnului. Astfel că, a doua versiune a jocului, include această modificare a mesajului afișat, care conține și această informație suplimentară legată de numărul de gold de care jucătorul ar mai avea nevoie.

În prima versiune, jucătorul nu putea ști cât gold mai are nevoie pentru construirea turnurilor decât printr-o analiză a situației goldului și anume prin verificarea numărului de gold pe care îl are și compararea acestuia cu numărul de gold specificat pentru turnul care ar avea nevoie să fie construit sau îmbunătățit. Astfel încât, singurul mod prin care jucătorul putea afla care este numărul de gold de care ar mai avea nevoie pentru construirea sau îmbunătățirea unui turn, era prin efectuarea unui calcul mental reprezentat de scăderea dintre numărul total de gold necesar pentru turn și numărul total de gold al jucătorului în acel moment.

În a doua versiune, jucătorul este scutit de efectuarea acestui calcul mental care ar consuma din timpul de joc și astfel, în momentul în care jucătorul îndreaptă maneta către o bază unde se poate construi un turn sau către un turn deja construit pe care ar dori să îl îmbunătățească, mesajul afișat conține și numărul de gold necesar afișat astfel: "Need X more gold", unde x reprezintă numărul de gold necesar pentru construcția sau îmbunătățirea turnului.

- Niveluri de dificultate

În urma evaluării rezultatului scorului la întrebarea "Pe o scară de la 1 la 5, cât de ușor vi se pare jocul?" – unde 1 înseamnă că jocul este foarte greu și 5 înseamnă că jocul este foarte ușor, media scorurilor date de jucători a fost de 4. Astfel că am decis să implementez un sistem de dificultate pentru ca jocul să fie mai plăcut și pentru jucătorii care și-ar dori ca jocul să prezinte o provocare prin a fi mai greu.

Sistemul de dificultate pe care l-am implementat este reprezentat de trei opțiuni de dificultate, acestea fiind: Easy (ușor), Medium (mediu), Hard (greu)

În cadrul acestor opțiuni de dificultate, ceea ce diferă este factorul de creștere al punctelor de viață ale inamicilor pe tot parcursul jocul, ținând cont și de numărul valului curent de inamici.

5.3 Propriile modificări finale

Pe lângă modificările în urma sugestiile jucătorilor din cadrul chestionarului și demonstrației jocului avute, am adus și câteva modificări finale pentru a îmbunătăți experiența de joc a utilizatorului și accesibilitatea aplicației.

Prima modificare adusă, deși una foarte simplă, cu un impact foarte mare pentru jucătorii care joacă pentru prima dată jocul, este de a nu porni valurile de inamici imediat cum acesta intră în joc, ci prin așteptarea unui eveniment din partea jucătorului, acest eveniment fiind acela de a construi un turn, în urma căruia valurile de inamici vor începe să apară. Acest lucru este marcat și în interfața "îndepărtată" a jucătorului, mai exact pe indiciul text deasupra porții prin care vin inamicii, menționând "Build to start" (Figura 5.3.1).

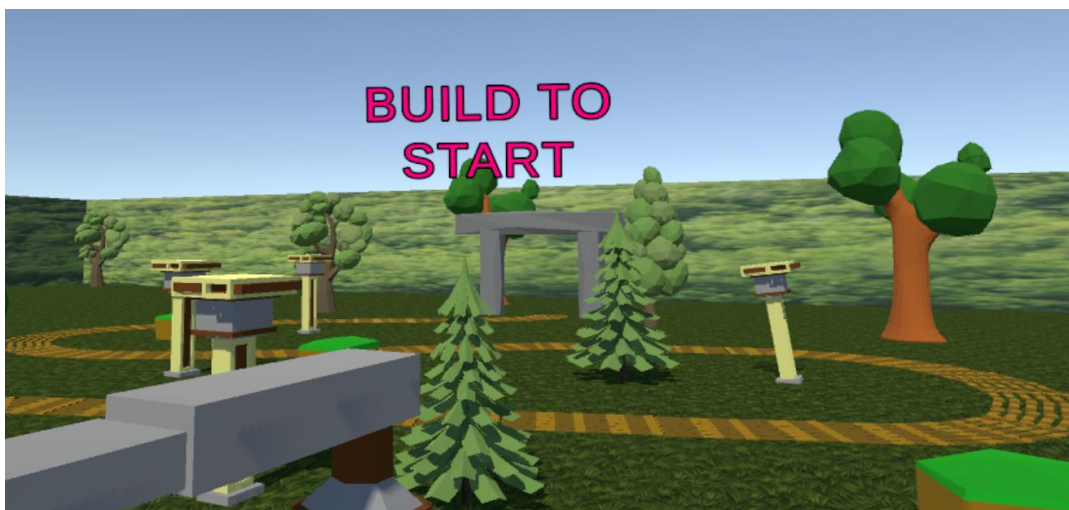


Figura 5.3.1 – Indiciul text ce îi menționează jucătorului că trebuie să construiască primul turn pentru a începe jocul

A doua modificare adusă, reprezintă adăugarea unor indicii sub formă de text în interfața de pe manetele jucătorului pentru a-i explica despre fiecare buton ce acțiune va avea în cadrul jocului. Acest lucru se observă în Figura 5.3.2.

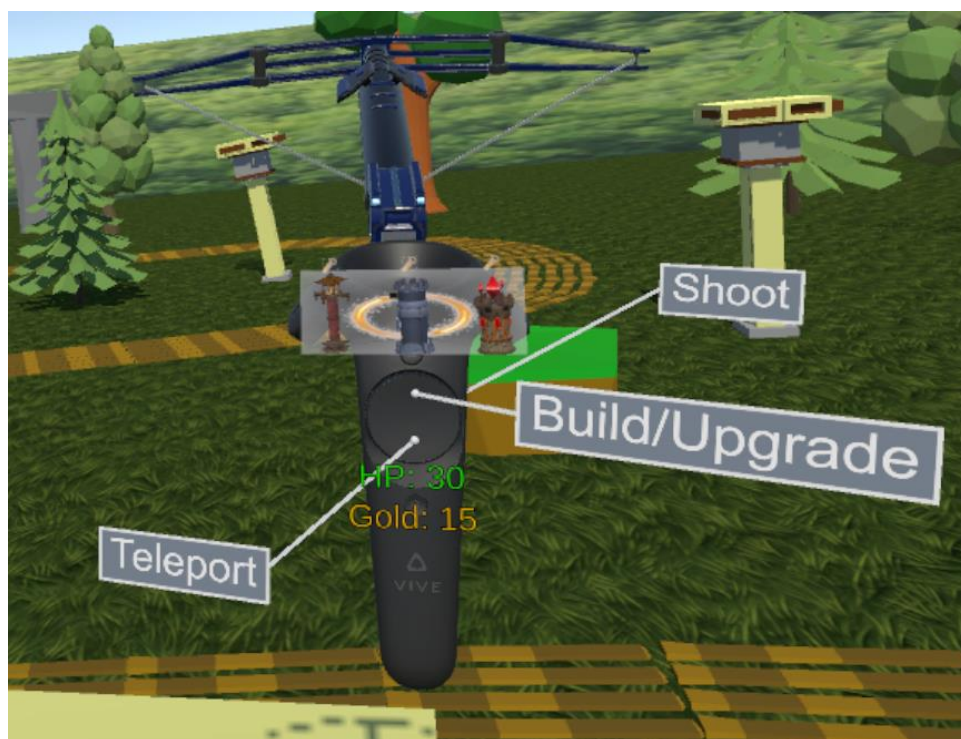


Figura 5.3.2 – Indiciile text plasate pe maneta jucătorului pentru a-i arăta unde trebuie acesta să apese pentru a face acțiunea menționată în indiciile text.

Aceste indicii, au două caracteristici esențiale pentru a nu perturba imersivitatea jucătorului și de a-i bloca câmpul vizual asupra elementelor jocului pe care acesta trebuie să se concentreze. Prima caracteristică esențială este aceea că niciodată nu sunt afișate toate indiciile butoanelor, pentru a nu-l "aglomera" pe jucător cu foarte multă informație deodată. Astfel, introducându-i progresiv acțiunile pe care acesta poate să le facă, îi este și jucătorului mai ușor să înțeleagă și să memoreze ce face fiecare buton al manetei.

Cea de a doua caracteristică esențială de care beneficiază aceste indicii, este ce-a de a nu fi indiciile prezente tot mereu pe parcursul jocului, deoarece, din același motiv menționat mai sus, fiind prezente în permanență, va obstrucționa câmpul vizual și perspectiva jucătorului asupra elementelor pe care acesta trebuie să se concentreze. Astfel, aceste indicii vor dispărea la un moment dat, însă ele nu dispar în funcție de timpul ce a trecut de când sunt active, deoarece există o șansă ca jucătorul să rateze aceste indicii dacă acesta nu se uită la manetă. Deci, metoda de a ascunde eventual indiciile nu este bazată pe vreun cronometru, ci pe evenimente, adică când se îndeplinește o anumită acțiune legată de un indice, acesta va dispărea.

Fiecare indiciu este atașat de un eveniment pentru atunci când va dispărea, iar unele indicii sunt atașate și de evenimente pentru apariția acestora. În lista următoare prezint toate indiciile oferite jucătorilor, și evenimentele de ascunde a acestora, dar și de apariție pentru cele menite să apară mai târziu în joc.

- Indiciul "Shoot" indică jucătorului că trebuie să apese pe butonul din spate „trigger”-ul, manetei pentru a trage cu arbaleta. Acest indiciu apare odată cu începerea jocului și dispare după ce jucătorul trage de cinci ori cu arbaleta
- Indiciul "Teleport" indică jucătorului că trebuie să apese pe butonul de jos al "trackpad"-ului manetei pentru ca acestuia să-i apară raza de teleportare pe care o poate îndrepta către unul dintre platformele înalte de piatră pentru a se teleporta pe acestea. Acest indiciu apare și el odată cu începerea jocului, și dispare atunci când jucătorul se va teleporta pentru prima dată.
- Indiciul "Build/Upgrade" indică jucătorului că trebuie să apese pe butonul de sus al "trackpad"-ului pentru a construi un turn nou sau a îmbunătăți unul deja existent. Ca și celelalte două indicii menționate mai sus, și acesta apare odată cu începerea jocului. Dispare atunci când jucătorul construiește primul turn, eveniment ce face să înceapă să apară și valurile de inamici. Practic acest buton dă startul jocului.
- Indiciul "Switch Tower" indică jucătorului că poate alege ce turn acesta poate construi prin apăsarea butoanelor stânga, respectiv dreapta a "trackpad"-ului. Apare după ce jucătorul a construit deja primul turn, și dispare după ce jucătorul construiește ce-l de-al doilea turn.
- Indiciul "Sell" indică jucătorului că are posibilitatea de a vinde turnuri. Acest indiciu apare atunci când jucătorul încearcă să construiască un turn nou sau să îmbunătățească unul deja existent și nu reușește din cauza lipsei de gold. Indiciul dispare după ce a fost construit sau îmbunătățit cu succes un turn sau după ce a fost vândut un turn.

Aceste indicii reprezintă practic un "tutorial", în sensul că, ghidează jucătorul la începutul jocului, pentru ca acesta să știe ce are de făcut și cum să manevreze acțiunile de intrare de pe manetă. Am simțit nevoia să adaug această modificare, de introducere a indiciilor pentru exemplificarea butoanelor, deoarece pe parcursul demonstrațiilor de joc, eram nevoit să explic de fiecare dată pentru fiecare jucător butoanele, ceea ce a însemnat că această modificare era una obligatorie pentru ca viitori utilizatori să nu aibă nevoie de cineva să le fie explicat pe ce butoane ale manetei trebuie acesta să apese ca să rezolve o acțiune sau un eveniment. Absența acestui tutorial era dezastruos în combinație cu lipsa evenimentului de a da startul valurilor, prin a face prima construcție a turnului, menționat anterior. Până când instruiam utilizatorul cu controlul manetei, inamicii deja parcurgeau jumătate din traseu, mai ales că utilizatorii care puneau pentru prima dată casca de realitate virtuală, înainte de toate, stăteau un pic și se uitau împrejur și admirau decorul nivelurilor.

Astfel prin implementarea celor două modificări, aplicația se poate folosi și fără ca cineva să o explice, iar pentru cei care doresc să admire decorul nivelurilor înainte ca jocul să înceapă, prin implementarea acelei simple așteptări a începerii valurilor, în varianta actuală a aplicației, acest lucru este acum posibil.

6. CONCLUZII

În concluzie consider că dezvoltarea acestui tip de joc de Tower Defense în cadrul realității virtuale, a reprezentat o provocare atât pe partea programării, cât și pe partea design-ului. Am iterat foarte mult asupra jocului din punct de vedere al design-ului. Chiar de la bun început au fost eliminate cele două concepte ce defineau inițial jocul, din urma cărora am învățat că acele concepte ce au impact foarte mare asupra mecanicilor de joc, pot adesea perturba experiența jucătorului, dar și ritmul jocului. Cele două concepte de schimbare între cele două moduri, respectiv modelarea 3D a hărții, interveneau cu o surplus de interfață ce trebuia exemplificată jucătorului și distrăgea atenția acestuia de la jocul de bază, și anume cel de Tower Defense.

Am introdus elementul de strategie, prin a combinația elementelor și mecanicilor de joc simple, ce atunci când sunt puse împreună reprezintă o provocare pentru jucător, fără ca aceste elemente să perturbe ritmul jocului, un ritm foarte activ ce necesită în mod constant atenția jucătorului pentru ca acesta să răspundă valurilor de inamici în mod eficient pentru a apăra obiectivul jocului.

6.1 Îmbunătățiri viitoare

Aplicația deși funcțional este completă, îmbunătățiri sub forma conținutului și ale altor aspecte, ce ar crește accesibilitatea acesteia, se mai pot implementa. Jocul are două niveluri, trei tipuri de inamici și trei tipuri de turnuri în prezent. Inamici și turnuri noi se pot implementa foarte ușor datorită modularității sistemelor de inamici, respectiv de turnuri. Acest lucru ar crește numărul de strategii posibile și combaterea noilor provocărilor pe care jocul le poate oferi, în urma adăugării de noi inamici și turnuri. Posibilitatea de a îmbunătăți turnurile mai mult de o singură dată, poate de asemenea să crească complexitatea jocului, dând și mai mult de gândire jucătorului în legătură cu deciziile pe care le poate lua.

Un sistem de scor, este o altă posibilă îmbunătățire. Acesta poate fi implementat în funcție de cât de repede jucătorul elimină inamicii și la finalul jocului în funcție de cât de multă viață mai are obiectivul pe care îl apără. De preferat și cu o tabelă de scoruri, vizibilă din cadrul meniului jocului.

Modele 3D ale scenei, de la teren, la copaci, la nisip, la platforme, la poarta pe care trebuie să o apere jucătorul, la arbaletă, turnuri și inamici, toate acestea au fost luate de pe Unity Asset Store. Astfel combinarea lor nu este una optimă datorită faptului că inamicii au un aspect realist din punct de vedere vizual, iar restul jocului are un aspect fantezist, iar acest lucru poate impacta imersivitatea jucătorului. De preferat, îmbunătățirea pe acest plan ar fi prin găsirea sau creerea unor modele cu aspect vizual fantezist pentru inamicii jocului.

6.2 Ultim cuvânt

Consider că realitatea virtuală este de viitor, deși a avut un start mai greu, datorită costurilor mari ale setului de realitate virtuală, dar și al unui calculator suficient de performant care să poată rula aplicațiile în cadrul acesteia, cu trecerea timpului, aceste costuri vor scădea, iar seturile de realitate virtuală vor fi din ce în ce mai răspândite printre consumatori.

Experiența dezvoltării acestui proiect a fost una plăcută și memorabilă și mă bucur că am putut contribui cu o aplicație domeniului realității virtuale.

Doresc să mulțumesc tuturor jucătorilor care au avut răbdarea de a-mi testa jocul, răspunde la chestionar și oferi părerea lor pentru a îmbunătăți aplicația și pentru a o face cât mai bună posibilă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] https://store.steampowered.com/app/542770/Castle_Must_Be_Mine/ - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [2] https://store.steampowered.com/app/404390/Evil_Robot_Traffic_Jam_HD/ - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [3] <https://store.steampowered.com/app/451010/Kittypocalypse/> - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [4] https://store.steampowered.com/app/564330/In_Your_Face_TD/ - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [5] https://store.steampowered.com/app/719240/Romans_From_Mars_360/ - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [6] https://store.steampowered.com/app/520510/Tribocalypse_VR/ - accesat pe 5 Ianuarie 2018
- [7] <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> - accesat pe 16 Iunie 2019
- [8] <https://assetstore.unity.com/> - accesat pe 16 Iunie 2019
- [9] <https://steamcommunity.com/games/250820/announcements/detail/1696059027982397407> - accesat pe 16 Iunie 2019
- [10] <https://freesound.org/> - accesat pe 17 Mai 2019