



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У  
НОВОМ САДУ

---



Филип Младеновић

# Процес развоја рачунарске игре „Земља духова“

МАСТЕР РАД

- Мастер академске студије -


Нови Сад, (2022)

## КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, <b>РБР:</b>								
Идентификациони број, <b>ИБР:</b>								
Тип документације, <b>ТД:</b>	Монографска публикација							
Тип записа, <b>ТЗ:</b>	Текстуални штампани документ/ЦД							
Врста рада, <b>ВР:</b>	Мастер рад							
Аутор, <b>АУ:</b>	Филип Младеновић							
Ментор, <b>МН:</b>	Проф. др Драган Иветић							
Наслов рада, <b>НР:</b>	Процес развоја рачунарске игре „Земља духова“							
Језик публикације, <b>ЈП:</b>	Српски(ћирилица)/Српски (латиница)							
Језик извода, <b>ЈИ:</b>	Српски/Енглески							
Земља публикавања, <b>ЗП:</b>	Србија							
Уже географско подручје, <b>УГП:</b>	Војводина							
Година, <b>ГО:</b>	2022							
Издавач, <b>ИЗ:</b>	Ауторски репринт							
Место и адреса, <b>МА:</b>	Факултет Техничких Наука (ФТН), Д. Обрадовића 6, 21000 Нови Сад							
Физички опис рада, <b>ФО:</b> (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	16/39/12/0/41/0/0							
Научна област, <b>НО:</b>	Електротехничко и рачунарско инжењерство							
Научна дисциплина, <b>НД:</b>	Примењене рачунарске науке и информатика							
Предметна одредница/Кључне речи, <b>ПО:</b>	рачунарске игре, анимација, дизајнирање игара							
<b>УДК</b>								
Чува се, <b>ЧУ:</b>	Библиотека ФТН, Д. Обрадовића 6, 21000 Нови Сад							
Важна напомена, <b>ВН:</b>								
Извод, <b>ИЗ:</b>	У овом раду је приказан процес развоја рачунарске игре „Земља духова“. Описани су кључни елементи игре и објашњени су поједини имплементациони детаљи.							
Датум прихватања теме, <b>ДП:</b>								
Датум одбране, <b>ДО:</b>								
Чланови комисије, <b>КО:</b>	<table> <tr> <td>Председник:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Члан:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Члан, ментор:</td> <td>Др Драган Иветић, ред. проф.</td> </tr> </table>		Председник:		Члан:		Члан, ментор:	Др Драган Иветић, ред. проф.
Председник:								
Члан:								
Члан, ментор:	Др Драган Иветић, ред. проф.							
		Потпис ментора						

## KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, <b>ANO</b> :		
Identification number, <b>INO</b> :		
Document type, <b>DT</b> :	Monographic publication	
Type of record, <b>TR</b> :	Textual material, printed/CD	
Contents code, <b>CC</b> :	Master thesis	
Author, <b>AU</b> :	Filip Mladenović	
Mentor, <b>MN</b> :	Dragan Ivetić, PhD, full professor	
Title, <b>TI</b> :	The development process of the computer game „Ghost land“	
Language of text, <b>LT</b> :	Serbian (cyrillic script)/Serbian (latin script)	
Language of abstract, <b>LA</b> :	Serbian/English	
Country of publication, <b>CP</b> :	Serbia	
Locality of publication, <b>LP</b> :	Vojvodina	
Publication year, <b>PY</b> :	2010	
Publisher, <b>PB</b> :	Author reprint	
Publication place, <b>PP</b> :	Faculty of Technical Sciences, D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad	
Physical description, <b>PD</b> : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	16/39/12/0/41/0/0	
Scientific field, <b>SF</b> :	Electrical and computer engineering	
Scientific discipline, <b>SD</b> :	Applied computer science and informatics	
Subject/Key words, <b>S/KW</b> :	computer games, animation, games design	
<b>UC</b>		
Holding data, <b>HD</b> :	Library of the Faculty of Technical Sciences, D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad	
Note, <b>N</b> :		
Abstract, <b>AB</b> :	This paper presents the development process of the computer game „Ghost land“. The key elements of the game are described and some implementation details are explained.	
Accepted by the Scientific Board on, <b>ASB</b> :		
Defended on, <b>DE</b> :		
Defended Board, <b>DB</b> :	President:	
	Member:	
	Member, Mentor:	Dragan Ivetić, PhD, full professor
		Menthor's sign

	УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА 21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6	Број:
	ЗАДАТАК ЗА МАСТЕР РАД	Датум:

(Податке уноси предметни наставник - ментор)

СТУДИЈСКИ ПРОГРАМ:	РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА
РУКОВОДИЛЦ СТУДИЈСКОГ ПРОГРАМА:	Проф. др Милан Видаковић

Студент:	Филип Младеновић	Број индекса:	г2-6/2020
Област:	Процес развоја рачунарских игара		
Ментор:	Др Драган Иветић ред. проф.		
НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА ДИПЛОМСКИ – МАСТЕР РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА: <ul style="list-style-type: none"> <li>- проблем – тема рада;</li> <li>- начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна;</li> </ul>			

### НАСЛОВ МАСТЕР РАДА:

Процес развоја рачунарске игре „Земља духова“
---

### ТЕКСТ ЗАДАТКА:

Проучити видео игре класе лавиринта и на основу стечених сазнања развити видео игру која би визуелно и механиком одговарала данашњој генерацији играча.
---

Руководилац студијског програма:	Ментор рада:

Примерак за: <input type="checkbox"/> - Студента; <input type="checkbox"/> - Досије студента; <input type="checkbox"/> - Ментора;
---

## Spisak korišćenih skraćenica

<i>Skraćenica</i>	<i>Značenje skraćenice</i>
3D	<i>Three-dimensional</i>
2D	<i>Two- dimensional</i>
PC	<i>Personal Computer</i>

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Analiza konkurencije .....	2
3. Pozadinska priča - <i>Backstory</i> .....	5
4. Priča – <i>Story</i> .....	6
5. Sinopsis likova .....	8
6. Prvi utisci .....	11
7. Psihološki principi .....	12
7.1. Reagovanje na društvenu površinu .....	12
7.2. Atraktivnost .....	13
7.3. Efekat dečijeg lica .....	14
7.4. Stereotipovi .....	15
8. Animacija karaktera .....	18
9. Korisnički interfejs .....	20
10. Audio .....	24
11. Nivoi .....	25
12. Gameplay .....	27
13. Mehanika igre .....	28
14. Virtuelni kontroler .....	29
14.1. Teorijski pojmovi i definicije .....	30
14.2. Korišćeni alati .....	32
14.3. Arhitektura rešenja .....	32
14.4. Mašina stanja .....	33
14.5. Skup podataka .....	33
14.6. Treniranje modela .....	34
14.7. Evaluacija rešenja .....	35
15. <i>Game engine</i> i performanse .....	36
16. Zaključak .....	37

# 1. Uvod

Video igra predstavlja vrhunac interakcije čoveka sa računarom (ili nekim drugim uređajem). Koncept se ne razlikuje mnogo od platforme do platforme – čovek zadaje komande, neki grafički element prikazuje reakcije na zadate komande. U zavisnosti od tipa igre, okruženje i likovi reaguju u zavisnosti ili nezavisno od zadate komande. Postavlja se određeni cilj koji igrač treba da ispuni kao i u svakoj igri iz realnog života, samo što je u slučaju računarskih video igara, umesto ljudskog bića, sa druge strane mašina, odnosno, računar.

Video igra „Zemlja duhova“ je jedan od predstavnika žanra igara lavirinta. Pojam „igra lavirinta“ se koristi od 1980. kada su novinari u taj žanr svrstavali sve igre koje su za celo polje za igru imale lavirint. Reč je o 3D igri sa uglom gledanja iz ptičije perspektive, prevashodno razvijanoj za PC u *Unity* okruženju.

Igra „Zemlja duhova“ je dostojan naslednik svetskog klasika, arkadne igre *Pac-Man*. Igra poseduje jednu dimenziju više i potpuno novu priču koja će ljubitelje ovog klasika oduševiti i privući. Modernizovana i poboljšana grafika kao i sama činjenica da se igrica može igrati na bilo kom PC-u su najveće prednosti Zemlje duhova nad pomenutim legendarnim pretkom.

U igri će uživati svi oni koji vole da rešavaju lavirinte i vole da osećaju napetost, koja kasnije prelazi u uzbuđenje nakon pobede. Kompleksna priča detaljno opisuje problem u kojem se glavni junak nalazi i teži da uvede i motiviše igrača da učini da svetlo pobedi tamu. Većita borba dobra i zla obrađena na potpuno drugačiji način gde se akcenat stavlja na lukavstvo, brzinu i snalažljivosti samog igrača. Sama igra je dizajnirana tako da prašta greške, pa je igraču na raspolaganju ostavljeno tri pokušaja (tri života) da pobedi. To je urađeno sa ciljem da probudi inat kod igrača i poveća napetost momenta.

Ciljna grupa igrača je veoma široka budući da ne postoji starosna granica koja bi potencijalno smanjila broj zainteresovanih, kao ni geografskih ograničenja. Takodje, može jednako biti interesantna pripadnicima svih polova. Namenjena je ljubiteljima futurističkog dizajna i onima koji vole da rešavaju probleme. Podstiče maštu i razvija reflekse.

Iako je priča koja stoji iza igre kompleksna, kako bi privukla pažnju igračima koji vole da uživaju u dobroj priči, sama igra ima prilično jednostavan koncept. Njena težina srazmerno raste kroz nivoe. Tako je dizajnirana da bi igrač prvo dobio dozu samopouzdanja i time upao u zamku da misli kako je igra laka, međutim, već drugi nivo postaje teži i igrač se nalazi u čudu. Počinje da gubi i samim tim želi da nastavi da igra i pobedi. Igra igračima pruža doživljaj na više nivoa. Prilično je dinamična i estetski privlačna. Boje su svedene i kontrast je dobar. Muzika je pažljivo birana. Za početni meni je izabran brži ritam - motivišući zvuk. Sa druge strane, za prelaženje nivoa je odabrana tužna i nežna melodija koja doprinosi osećanju napetosti.

U narednim poglavljima može se pročitati više o analizi konkurencije video igre „Zemlja duhova“ (poglavlje 2), pozadinskoj priči i priči same igre (poglavlja 3 i 4), sinopsisu likova (poglavlje 5), zašto je bitan i kako ostaviti dobar prvi utisak (poglavlje 6), kako su se koristili psihološki principi za dizajniranje karaktera (poglavlje 7), upotrebljenim trikovima za animaciju karaktera (poglavlje 8), korisničkom interfejsu (poglavlje 9), upotrebljenom audio materijalu (poglavlje 10), nivoima u igri (poglavlje 11), *gameplay*-u same igre (poglavlje 12), o upotrebljenim trikovima u programiranju automatskog kretanja duhova prema glavnom junaku (poglavlje 13) i o okruženju u kome je video igra pravljena (poglavlje 14).

## 2. Analiza konkurencije

Kao što je već napomenuto u uvodu, igra „Zemlja duhova“ je inspiraciju dobila od čuvene arkadne igre *Pac-Man* koja se danas naziva i *Pac-Man Original* (slika 2.1). *Pac-Man* je akciona video igra jurenja u lavirintu. Igrač kontroliše istoimeni lik kroz zatvoreni lavirint. Cilj igre je da se pojedetu sve tačke postavljene u lavirintu, izbegavajući četiri duha u boji koji jure *Pac-Man*-a. Kada *Pac-Man* pojede sve tačke, igrač prelazi na sledeći nivo. Nivoi su označeni ikonama voća na dnu ekrana. Između nivoa su kratke scene u kojima se pojavljuju *Pac-Man* i jedan od duhova u duhovitim, komičnim situacijama. Ako *Pac-Man*-a uhvati duh, izgubiće život. Igra se završava kada su svi životi izgubljeni.



Slika 2.1. - *Pac-Man Original*

Kako je *Pac-Man* doživeo veliki uspeh njegovi tvorci su nastavili u istom stilu da proizvode njegove nastavke. Za arkadne igre to su bili naslovi: *Ms. Pac-Man*, *Pac-Man Plus*, *Mr. & Mrs. Pac-Man*, *Baby Pac-Man*, *Super Pac-Man*, *Pac & Pal Professor Pac-Man*, *Jr. Pac-Man*, *Pac-Land*, *Pac-Mania*, *Pac-Man Arrangement*, *Pac-Man VR*, *Pac-Man Battle Royale*, *Pac-Man Chomp Mania*, *World's Largest Pac-Man*. Kako su se pojavljivale nove platforme tako je igra prilagođavana tim platformama ili su pravljene novi nastavci: *Pac-Attack*, *Pac-Man 2: The New Adventures*, *Pac-In-Time*, *Pac-Man World*, *Ms. Pac-Man Maze Madness*, *Pac-Man: Adventures in Time*, *Ms. Pac-Man: Quest for the Golden Maze*, *Pac-Man All-Stars*, *Pac-Man Fever*, *Pac-Man World 2*, *Pac-Man Vs.*, *Pac-Pix*, *Pac-Man Pinball Advance*, *Pac 'n Roll*, *Pac-Man World 3*, *Pac-Man World Rally*, *Pac-Man Championship Edition*, *Pac-Man Championship Edition DX*, *Pac-Man Party*, *Pac-Man and the Ghostly Adventures*, *Pac-Man and the Ghostly Adventures 2*, *Pac-Man 256*, *Pac-Man Championship Edition 2*, *Pac-Man Mega Tunnel Battle*, *Pac-Man 99*, *Pac-Man World Re-Pac*. Vremenom kako je igra postala kulturna ljudi su počeli da prave i nekomercijalne verzije *Pac-Man* video igre tako da je lista nastavaka ove video igre zapravo daleko duža.

Poslednja zvanična verzija *Pac-Man*-a za PC je objavljena maja 2022. godine i to je *Pac-Man Museum +*. U ovoj igri *Pac-Man* se nalazi u muzeju arkadnih igara gde svaka arkadna mašina sadrži jednu od zvaničnih verzija (nastavaka) *Pac-Man*-a. Igra koja se tu može pronaći, a po svom izgledu možda najviše podseća na „Zemlju duhova“ je *Pac-Mania* (slika 2.2). Ovaj nastavak *Pac-Man*-u uvodi novu dimenziju (igra više nije 2D, sada je 3D) i novije postavke lavirinta, dok pravila ostaju nepromenjena. Novitet u ovom nastavku je takođe sposobnost heroja da skoči, odnosno da preskoči duha koji ga juri.

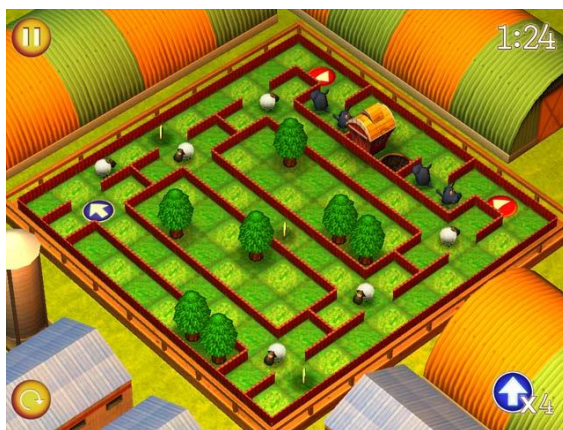


Slika 2.2. – *Pac-Mania*

*Bomber Mario* (slika 2.3) je strateška igra lavirinta pravljen za *Nintendo*. Cilj igre je da se raznesu neprijatelji koji se vide na svakom nivou. U igri postoji nekoliko vrsta bombi. Sa odmicanjem nivoa postoji mogućnost nadograđivanja bombi. Počinje se sa manjim bombama koje se koriste za osrednje neprijatelje pre nego što se dobije mogućnost korišćenja većih bombi koje bi trebalo da nanese značajnu štetu većim neprijateljima, posebno onim koji dolaze pred kraj igre. Kada se prolazi kroz zamke, atmosfera postaje mračnija. Ponekad je teško videti kuda se ide dok se prolazi kroz nivo. Da bi se razneo neprijatelje, moraju se postaviti bombe. Takođe, potrebno je pomeriti *Maria* od bombi pre nego što eksplodiraju. Ako se u tome ne uspe, heroj može da bude raznesen i onda se nivo počinje od početka.

Slika 2.3. – *Bomber Mario*

Igra *Running sheep* (slika 2.4) je mozgalica koja se sastoji od malih lavirinata koji su ispunjeni raznim preprekama. Najopasnije su vukovi i jame. Nailazeći na njih, igrač će izgubiti ovce. Cilj igrača je da bezbedno vodi ovce kroz lavirinte. Da bi to uradio, on mora da postavi strelice na polje na koje će ovca zakoračiti da bi krenula u pravom smeru. Potrebno je odvesti ovce do svojih domova gde će biti spašene. Broj strelica je ograničen, pa da bi trajale celo putovanje moraju se obrisati korišćene strelice i ponovo položiti.



Slika 2.4. – *Running sheep*

### 3. Pozadinska priča - *Backstory*

U dalekoj dimenziji smeštenoj u vakuumu vremena postoji sedam bogova koji svoje vreme vole da provode rešavajući lavirinte. Dogovorili su se da svakog dana u nedelji jedan bog ima zadatak da napravi lavirint, koji bi tog dana ostali bogovi rešavali. Shvatili su da im je za tako nešto potreban prostor pa su rešili da to bude jedna mala zemlja na prelazu svetlosti u tamu, na tamnoj strani – Zemlja duhova. Međutim, bogovi nisu mogli ni pretpostaviti da će izgradnja lavirinta privući pažnju stanovnika Sunčane zemlje koji su se masovno interesovali da učestvuju u malom projektu bogova. Stanovnici Sunčane zemlje (izaslanici svetlosti) i duhovi se nisu preterano voleli, ali su želeli da sarađuju.

Ceo proces je lepo tekao. Bogovi su imali svoju zabavu, a izaslanici svetlosti i duhovi su počeli da uživaju u društvu jedni drugih. Nevolja je bila u tome što je sedmi bog bio prilično loš u igri. Nikada nije pobedio i drugi bogovi su zbijali šale na njegov račun. Jednog dana, sedmi bog, posmatravši Sunčanu zemlju uviđa da kada izaslanik svetlosti umre iza sebe ostavlja tragove svetlosti što mu daje zastrašujuću ideju. Odlučuje da baci kletvu na duhove koja povećava mržnju prema izaslanicima svetlosti.

Nakon nekog vremena njegov zlokobni plan urodi plodom – Duhovi su počeli da kidnapuju izaslanike svetlosti i da ih ubijaju u izgrađenim lavirintima tako ostavljajući bogovima osvetljene puteve za rešavanje lavirinta. To je bogovima upropastilo igru. Bili su nezadovoljni i odlučuju da potraže neku drugu zanimaciju ostavljajući iza sebe ukletu Zemlju duhova i kaos.

Sedmom bogu je ipak bilo žao što je bacio kletvu na duhove, ali nije smeo da je povuče zato što bi to otkrilo ostalim bogovima da je on odgovoran za nastale probleme. Kako bi očistio svoju savest delićima svetlosti u lavirintima je dao poseban blagoslov i ostavio poruku uklesanu na ulazu u lavirint koja glasi: „Mržnja nije postojana, mržnja je data – skupi sve deliće svetlosti i obasjaj put za svog drugara“.

## 4. Priča – *Story*

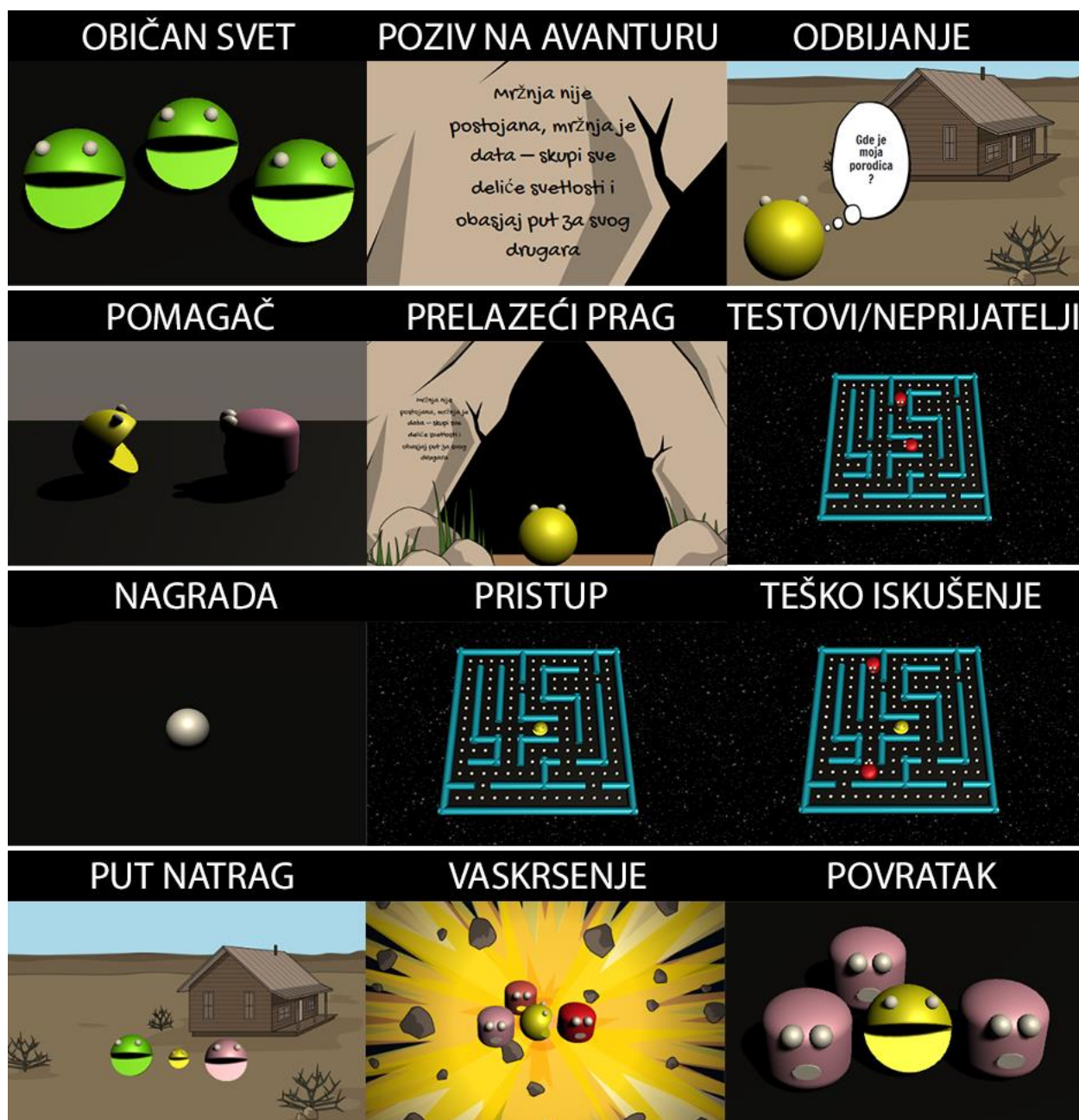
Vekovi su prolazili i narod Sunčane zemlje je sve više stradao. Siroti sedmi bog nije uzeo u obzir da je mržnja stvar koja vremenom postaje sve veća. Nada je bila izgubljena sve do jedne večeri kada se nasmejani, družuljubivi dečaci iz Sunčane zemlje uputio duž granice tame i svetlosti u nadi da će pronaći nove drugare i upoznati svet. Kako se odaljavao od lavirinta tako je kletva, a samim tim i mržnja bivala sve slabija, a duhovi sa drugog kraja Zemlje duhova bivali sve druželjubiviji. U tom trenutku naš pričljivi heroj shvata da bi legenda uklesana na ulazu u lavirint zapravo mogla biti istinita i odlučuje da svoj život posveti tome da se sprijatelji sa svim duhovima. Vratio se u svoje rodno mesto odlučan da započne avanturu, međutim, zatiče situaciju kojoj se uopšte nije nadao.

Saznaje da su mu duhovi oteli roditelje i da planiraju da ih ubiju. To je počelo da budi mržnju i bes u našem mladom heroju. Videvši to sedmi bog je odlučio da se umeša još jedan poslednji put. Prikazao se našem pričljivom drugaru u vidu prijateljski nastrojenog duha koji mu obećava da njegovoj porodici ništa neće biti i da nastavi put kojim je rešio da ide. Sa tim saznanjem naš pričljivi heroj odvažno stupa u lavirint čime otpočinje svoju avanturu.

Lavirinti mu nisu bili poznati. Teško je bilo tumarati dugim hodnicima sam. U jednom trenutku uviđa svetlucave deliće svetlosti. Počinje da shvata da mu ti delići svetlosti održavaju osmeh na licu i podižu samopouzdanje. Nakon nekog vremena nailazi na duha koji kao da nije bio pri sebi. S obzirom da su bili u lavirintu, kletva je tu ipak bila najjača. Duh je počeo da juri našeg pričljivog heroja koji nije stvari prepuštao slučaju već se dao u beg. Dok je tražio poslednje deliće svetlosti nailazi na još jednog izgubljenog duha. Te dve utvare uspevaju da sateraju našeg heroja u ćorsokak, ali on zahvaljujući njegovoj spretnosti ipak uspeva da pobegne. Konačno pronalazi poslednji deo svetlosti i uspeva da razbije kletvu.

Nakon što je kletva pala duboka tama se pretvorila u prijatno veče. Duhovi se oslobađaju kandži mržnje i vraćaju roditelje našem heroju uz iskreno izvinjenje. Od tog trenutka nije bilo većih prijatelja od duhova i izaslanika svetlosti. Legenda kaže da naš pričljivi heroj i dalje stiče svoje prijatelje duhove.

*Storyboard* je prikazan na slici 4.1.



Slika 4.2. - Storyboard

## 5. Sinopsis likova

Psiholog Karl Gustav Jung je razvio mnoge pravce psihologije upotrebio je koncept arhetipova u svojoj teoriji o ljudskoj psihi. Jedna od njegovih revolucionarnih ideja bila je 12 Jungovih arhetipova ličnosti. Arhetipovi predstavljaju osnovne ljudske motive.

**Nevin** – Optimista i uvek traži sreću. U svemu vidi nešto dobro, stoga često deluje naivno. Ima snažnu želju da se prilagodi svetu oko sebe, udovolji drugima i oseća kao da „pripada“. Sanjar kome je cilj da svi jednostavno budu srećni, što postiže tako što će se svojim adutima – verom i neumornim optimizmom boriti za ispravne stvari. Na slici 5.1 je junak koji odgovara opisu.

- Sinopsis lika:
  - Ime: Srećko.
  - Poreklo: Poreklom iz Sunčane zemlje – Izaslanik svetlosti.
  - Uzrast: Karakter je tinejdžerskog doba.
  - Fizičke karakteristike: Izaslanike svetlosti krasi loptast oblik sa izraženim očima.
- Vizuelne karakteristike: Žuta boja kojom je obojen glavni lik predstavlja njegove mlade godine i svetlost koju isijava.
- Razvoj lika: Neverovatna želja da prevaziđe probleme vremena u kome se nalazi. Razbija okvire stereotipa koji ga sputavaju i želi da proširi svoj krug ljudi i da sazna više. Upušta se u avanturu rizikujući svoj život i živote svojih bližnjih kako bi spasio druge i svom svetu doneo mir koji je vekovima bio izubljen.
- Pokret: Animacija koja je dodeljena glavnom junaku izražava njegovu komunikativnost, prikazuje da uvek priča i da širi pozitivnu energiju.

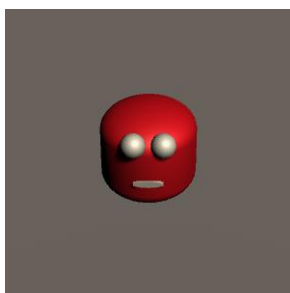


Slika 5.1. - Glavni junak

**Vladar** – Vladar je klasični vođa. Veruje da bi on trebao zavesti red u svakoj situaciji, kao i da je za to i te kako sposoban. Vladar je stabilan, teži uspehu i želi da svi slede njegov primer, a obično ima puno veština i sposobnosti zbog kojih je to i moguće. Ovaj arhetip je povezan sa moći. Međutim, u želji da drugima nametne svoju volju kao lider, lako može postati tiranin, ukoliko ga zavede prevelika moć. Voli da drži konce u svojim rukama, a to mu najčešće i ide od ruke. Na slici 5.2 je junak koji odgovara opisu.

- Sinopsis lika (izdvaja se kao tipičan primer):
  - Ime: Zločko.
  - Poreklo: Poreklom iz Zemlje duhova – duh.
  - Uzrast: Nepoznat.

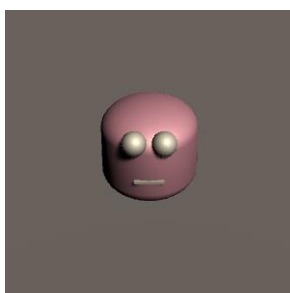
- Fizičke karakteristike: Duhovi imaju oblik kapsule. Oči su pozicionirane tako da njihov pogled može daleko da dosegne.
- Vizuelne karakteristike: Crvena boja je namenjena za začarane, zle duhove i ona reprezentuje opasnost.
- Razvoj lika: Duhovi koji su pomagali u izgradnji lavirinta su bili najteže pogođeni kletvom. Mržnja koju su osećali prema Izaslanicima svetlosti je bila toliko da su mnogi izgubili svoju ličnost i bili obuzeti mržnjom. Želeli su po svaku cenu da pokore i unište čitav jedan narod sa kojim su vekovima živeli u skladu.
- Pokret: Animacija koja im je dodeljena izražava njihovo vikanje i besomučno jurenje ka svakom izaslaniku svetlosti koji im uđe u vidokrug.



Slika 5.2. – Začarani duh

**Regularan tip** – Najdublja želja je jednostavno da pripada i da se poveže sa drugim bićima. Smatra da su svi jednaki, vrlo je prizemljen i racionalan. S obzirom da najviše teži ka tome da se uklopi u društvo, strahuje od toga da bude izostavljen ili da se izdvaja iz gomile. Stoga, često ume da izgubi sebe i svoju jedinstvenost, u nastojanju da se druži, dopadne drugima, uklopi ili radi površnih odnosa. On je realista, dobar građanin i komšija. Na slici 5.3 je junak koji odgovara opisu.

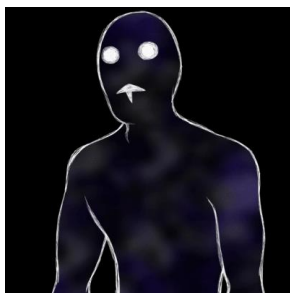
- Sinopsis lika (izdvaja se kao tipičan primer):
  - Ime: Dobrica.
  - Poreklo: Poreklom iz Zemlje duhova – duh.
  - Uzrast: Nepoznat.
  - Fizičke karakteristike: Oblik kapsule.
- Vizuelne karakteristike: Roza boja ovih likova predstavlja ljubav, mir i nežnost.
- Razvoj lika: Duhovi koji nisu bili pod uticajem kletve su po prirodi vro dužuljubivi i prijatni. Ne vole da se izdvajaju i uživaju da budu deo jednog velikog kolektiva. Ta karakteristika je umnogome i naterala bogove da baš na tom mestu grade lavirint, zato što su znali da će imati pomoćnike i vredne radnike.



Slika 5.3. – Duh

**Stvaralac** – ima duboku želju za slobodom, jer voli novinu. Voli da transformiše stvari kako bi napravio nešto potpuno novo. Inteligentan i često dovoljan sam sebi. Uvek teži ka ostvarivanju i izražavanju neke svoje vizije kroz maštu i kreativnost. Najviše se plaši manjka kreativnosti, ideja, nemogućnosti da ih sprovedu u delo ili toga da bude osrednji ili prosečan, jer je perfekcionista. Na slici 5.4 je junak koji odgovara opisu.

- Sinopsis lika:
  - Ime: referencira se kao Sedmi bog.
  - Poreklo: Nepoznato.
  - Uzrast: Nepoznat.
  - Fizičke karakteristike: Niko ga nikad nije video u svom pravom obliku.
- Razvoj lika: Sa svojim prijateljima bogovima odlučuje da gradi lavirint. Zbog želje da se istakne i ne bude ismevan čini neviđeno zlo prema stanovnicima Sunčane zemlje i Zemlje duhova. Ironično je što se u ovom slučaju bog igra boga, ali se kaje zbog svojih akcija i pokazuje samilost i odlučuje da pomogne. Stvara legendu i u jednom trenutku se prikazuje glavnom junaku kako bi mi pružio potrebnu podršku.



Slika 5.4. – Sedmi bog



## 6. Prvi utisci

Igrač prvi put dolazi u dodir sa video igrom. Osmišlja se šta je to što želimo da igrač prvo vidi kada dođe u dodir sa našom igrom. Potrebno je da to ostavi dovoljno jak utisak na njega da poželi da vidi šta je sledeći korak. Loš prvi utisak može biti veoma teško prevazići, pa je svesno rukovođenje svakog prvog susreta važno. Socijalni psiholozi su posvetili mnogo studija na temu formiranja prvog utiska i kako to funkcioniše među ljudskim bićima.

Potrebno je obratiti pažnju na nekoliko ključnih stvari: atrakcija, stereotipovi, efekat „dečijeg lica“ [1]. Takođe, potrebno je obratiti pažnju i na nekoliko praktičnih osobina: druželjubivost, dominacija i personaliti. Ove ključne tačke prate i određena pravila.

Potrebno je što više karaktera napraviti atraktivnim. U većini igara karakteri, čak i negativci imaju atraktivne karakteristike. To kod ljudi izaziva pozitivna osećanja tokom igranja igre. Nije poželjno mnogo naružiti negativce zato što to odbija igrače. Potrebno je motivisati što pozitivnija osećanja u svakom aspektu.

Stereotipovi su odličan način da se iskoriste stvari koje igrač već zna, sugerišući kako reagovati na lik. Zato su u video igri „Zemlja duhova“ izabrani duhovi kao negativci iz razloga što je opšte prihvaćeno da su duhovi nešto negativno i zastrašujuće.

Efekat „dečijeg lica“ je u nekoj meri primenjen na glavnog junaka koji ima loptasti oblik. Na taj način se dodatno ističu njegove blage i pozitivne osobine.

Dakle, kreator video igre treba imati na umu psihologiju prvog utiska i da izanalizira zašto likovi kod konkurenata privlače ili ne privlače pažnju igrača. Pri analizi svakako treba imati na umu navedene osobine.

## 7. Psihološki principi

Ljudska bića automatski i instinktivno primenjuju interpretativne strategije u trenutku kada se susretnu sa drugom osobom. Igrači rade isto sa likovima u igri. Poznavanje kako i zašto društvena površina funkcioniše pomaže dizajnerima da naprave pravi izbor za fizički izgled lika kao i njegovo rano ponašanje u igri.

Ovo poglavlje opisuje neke moćne društvene predrasude koje mogu uticati na prvi utisak igrača o likovima. Površinski efekti o kojima se govori u ovom poglavlju uključuju: atraktivnost, efekat „dečijeg lica“ i stereotipove, sa ilustracijama njihove upotrebe u video igri „Zemlja duhova“.

### 7.1. Reagovanje na društvenu površinu

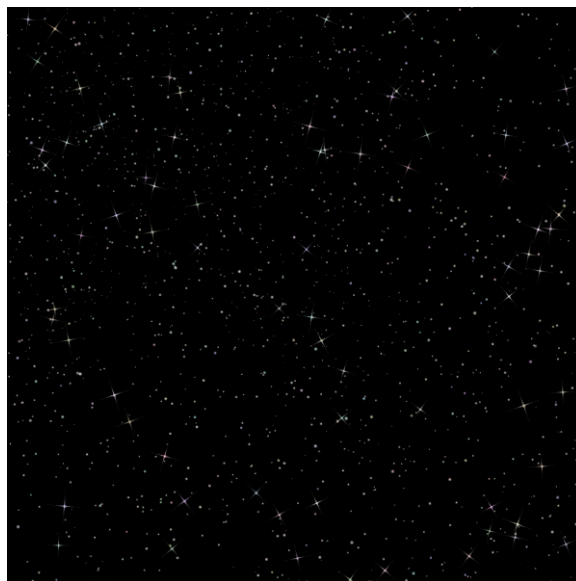
Izgled duboko utiče na to kako će osobu doživljavati i tretirati druge osobe. Ova, ponekad neprijatna, istina je tema bezbrojnih dela [2, 3, 4]. Ljudi ne mogu, a da ne reaguju na osnovu socijalne površine druge osobe. To ponašanje je predvidljivo i iznenađujuće tačno, čak i kada se čovek suoči sa kontradiktornim informacijama koje proizilaze iz tekućih interakcija. Izreka „lepota je u očima posmatrača“ ne bi postojala da ljudi ne misle da je ta pristrasnost subjektivna.

Zbog opisanog razloga glavni karakter u video igri „Zemlja duhova“ ima vizualne osobine vrlo slične Suncu (može se videti na slici 7.1). Od davnina čovek se divi Suncu, teži ka njemu i posvećuje mu posebnu pažnju. U drevnom Egiptu je čitavo verovanje usmereno ka Suncu gde je njihov vrhovni bog, bog sunca pod nazivom „Ra“. U staroj Grčkoj mitologiji postoji legenda o Ikaru i Dedalu koji su pokušali da lete ka suncu. Ovo su samo neki od primera koji pokazuju koliko su ljudi pažnje posvetili ovom nebeskom telu. Sa tim znanjem, heroj je po nekim opštim standardima kreiran kao privlačan sa stanovišta socijalne površine.



Slika 7.1. – Poredjenje glavnog karaktera sa Suncem

Korak dalje u dizajnu je napravljen sa okruženjem u koje se heroj smešta. Za pozadinu koja prati čitavu igru odabrana je crna slika sa belim tufnicama koja asocira na noćno nebo ili na svemir (slika 7.2). Iskorišćen je još jedan trik – slika se konstantno pomera u kružnim pokretima što dovodi do efekta da cela platforma na kojoj se karakteri nalaze putuje svemirom. Zbog tako jakog kontrasta loptasti junak još više dolazi do izražaja i privlači poglede igrača. Podseća na Sunce u svemiru koje naučnici istražuju već vekovima i može se reći da je karakter stavljen i u svoje prirodno okruženje.



**Slika 7.2. – Pozadinska slika**

Kako bi se negativni karakteri učinili neprijatnim, ali ne i suviše odbojnim za igrače odlučeno je da oni budu u obliku kapsule (slika 7.3). Svaki čovek je nekada u životu bio bolestan i išao kod lekara koji bi mu prepisao lek koji bi mu pomogao. Ti lekovi su često u obliku kapsula i mogu da asociraju na neke negativne trenutke u životu. Kod dece se javlja i problem da imaju odbojnost prema kapsulama i da ih ne vole zbog činjenice da ih je potrebno progutati. Iz tog razloga se veruje da kapsule izazivaju negativna osećanja kod ljudi. Međutim, ti lekovi ipak u mnogome pomažu, pa čak u nekim trenucima i spašavaju živote ljudi. Zbog navedenih razloga prirodno je da igrač ima nagon da beži od lekova ali u isto vreme ne bi trebalo da predstavlja nešto što će ga u potpunosti odvratiti od igre jer iza svega postoji i pozitivna konotacija.



**Slika 7.3. – Poređenje negativnih karaktera sa lekovima**

## 7.2. Atraktivnost

Čini se da pogled na bilo koji holivudski filmski poster naglašava moć privlačnosti - čak i kada je tema surova ili svakodnevna životna situacija. Članovi glumačke ekipe su izuzetno atraktivni. Studije su pokazale da se mnogi kvaliteti pripisuju ljudima sa privlačnim osobinama—to se naziva oreol efekat [5]. Ovakvu osobu se smatra toplijom, ljubaznijom, jačom, osetljivijom, otvorenijom, društveno ubedljivijom i dominantnijom, pa čak i pametnijom od drugih. Čak je i slučaj da privlačni ljudi dobiju blaže kazne na

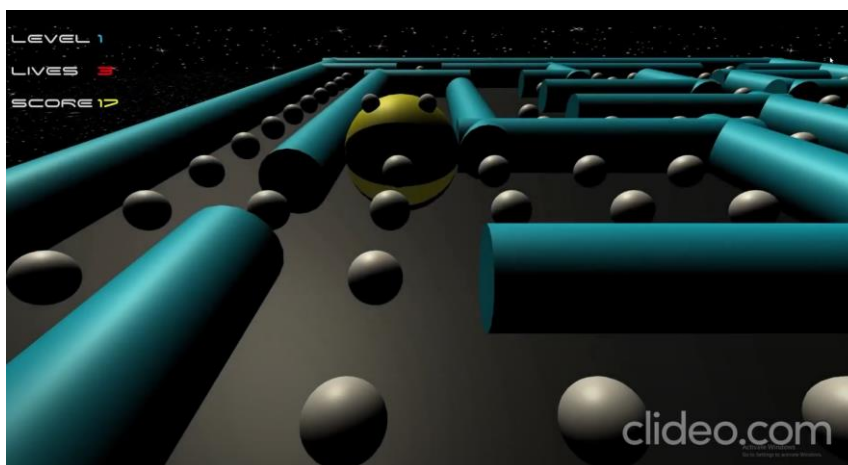
sudu. Takođe, oni mogu dobiti prednost u odlukama o zapošljavanju. Ovi efekti se ne javljaju samo kod supermodela ili filmskih zvezda, već i kod običnih ljudi sa „privlačnim” karakteristikama.

Da bi video igra imala bolje atraktivne osobine dizajniran je logo (slika 7.4) koji na prvi pogled izgleda opasno, ali ujedno i izaziva igrača da pristupi video igri i proba da pobedi. U prvom planu na logu je duh u obliku robota koji ima izražen mozak koji igračima daje do znanja da su duhovi pametni i da će im biti potrebne određene veštine i lukavstvo kako bi uspeali da ih nadmudre. Izabrani font je futurističkog dizajna koji odgovara celom narativu igre.



Slika 7.4. – Logo

Pored navedenog loga, odrađen je i *trailer* igre u kome je glavni karakter prikazan iz drugačijeg ugla (slika 7.5). Na ovaj način se igraču predstavljaju sve vizualne osobine glavnog junaka kao i njegova animacija stavljena u okruženje igre.



Slika 7.5. – Slika iz *trailera*

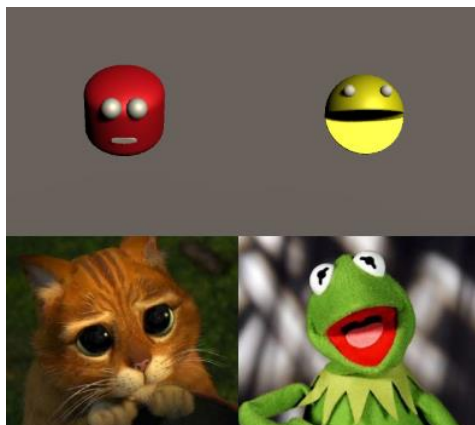
### 7.3. Efekat dečijeg lica

Ako neko ima klasične karakteristike dečijeg lica: velike oči i zenice, malu bradu, visoke obrve i čelo, mali nos, pune usne i obraze, ljudi će pretpostaviti da je ta osoba toplija i od poverenja, ali takođe mogu biti manje nezavisne, manje odgovorne i povodljivije (lakše se mogu manipulirati). Psiholozi to nazivaju preteranom generalizacijom – pripisivanje osobina deteta odraslima sa dečjim osobinama lica [6]. Pokazalo se da pristrasnost dečijeg lica utiče na procene ljudi od detinjstva do starosti. Efekat “dečijeg lica” prevazilazi kulturološke, pa čak i linije vrsta — ljudi smatraju bebe životinje isto tako slatke

i nežne kao i bebe ljudi. Zašto je to tako? Kao i kod privlačnosti, neki istraživači smatraju da su u igri moćne evolucione sile — veoma je važno negovati bebe, tako da su se ljudi prilagodili da imaju moćne i trenutne reakcije na osobine bebe koje ih podstiču da brinu o bebama i da spreče bilo kakvu agresiju prema bebi. Istraživanja na prevremeno rođenoj novorođenčadi, onoj koja su rođena sa manjim očima i manje buc mastim obrazima, su pokazala da su impulsi za negovanje i brigu o njima manji nego kada se gleda u lice zdravog deteta [7]. U svakom slučaju, postoji dokumentacija u različitim kulturama koja pokazuje da osobe dečijeg lica izazivaju više negovanja i poverenja i lakše se oslobađaju odgovornosti. Ovo se proteže čak i na odobravanje blažih kazni ljudima sa dečijim licem u krivičnim presudama [8].

Mnogi likovi iz igre imaju preterano velike glave i izražene delove lica. Rani dizajneri video igara su koristili proporcije tako da igrači i dalje mogu da razaznaju lice na ekranu, uprkos ograničenoj rezoluciji. Ali ovi dizajni su opstali i u eri 3D okruženja sa velikim brojem poligona i boljim kvalitetom slike. To može biti zato što takvi likovi koriste efekat „dečijeg lica“, izazivajući dodatne simpatije i toplinu igrača i smanjujući očekivanja.

Inspiracija za dizajniranje karaktera video igre „Zemlja duhova“ je nađena u jednom poznatoj igranoj seriji pod nazivom „The Muppet Show“ i u animiranom filmu „Mačak u čizmama“. Karakteristike dečijeg lica su većinom preuzete iz pomenutih, veoma uspešnih, naslova što se na slici 7.6 može uvideti.



Slika 7.6. – Inspiracija za karaktere

## 7.4. Stereotipovi

Ljudi u velikoj meri donose odluke na osnovu stereotipova — šema ili prototipova u njihovom sećanju koji povezuje obrazac znakova sa tipičnim skupom kvaliteta u osobi [6]. Ovi znaci mogu uključivati oblačenje, građu, držanje, doterivanje, godine, pol, rasu, stil govora i kretanja, kao i društvo u kojem se osoba vidi. Stereotipi su osetljiva tema i sa dobrim razlogom. Oni su moćna društvena oruđa koja vode nesvesne odluke koje mogu da podrže nepravednu situaciju. Jednom kada se stereotip „ugradi“ u nečiji um, osoba ima tendenciju da traži i ,uglavnom, vidi kvalitete u osobama koje podržavaju taj stereotip, zanemarujući kvalitete koji se ne uklapaju. Ovo se dešava u podsvesti. U istraživačkim okruženjima primećeno je, na primer, da neki ljudi koji kažu da nisu uopšte rasisti (i ne misle o sebi kao rasistima na svesnom nivou) ipak mogu imati rasno pristrasne, stereotipno vođene, nesvesne reakcije [1]. Uprkos svojim nedostacima, stereotipovi služe važnoj svrsi — pomažu ljudima da bže procene, tako da ne moraju da procenjuju svaku osobu potpuno „od nule“. Nesvesni proces poređenja onoga što se vidi sa prototipovima koji su već u umu, a zatim korišćenjem skica da bi se napravile pretpostavke o toj

osobi, štedi vreme i trud. Ovo je važno, imajući u vidu kratak vremenski period koji je obično dostupan kada upoznajete neku novu osobu. Stereotipovi takođe pomažu da svakodnevni društveni susreti budu udobnije predvidljivi. Ako mi i drugi usvojimo dati stereotipni kod u našem odevanju i ponašanju, možemo biti prilično sigurni da ćemo biti „pročitani“ onako kako smo planirali.

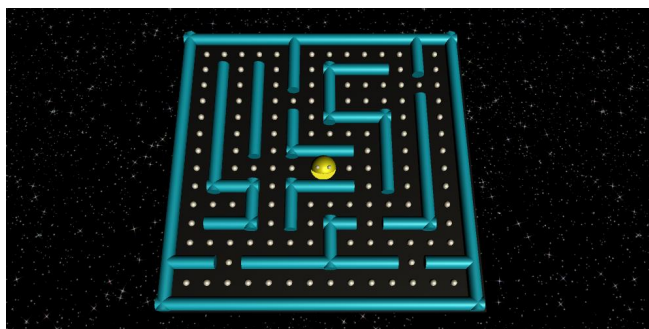
Dizajneri likova za igre se u velikoj meri oslanjaju na stereotipove, što je činjenica koja je izazivala kritike [1]. Ipak, u okruženju igre sa brzim tempom, igraču može biti od pomoći da se oslanja na stereotipove kako bi procenio namere i verovatne radnje lika. Na primer, beskrajne gomile neprijatelja u mnogim igrama funkcionišu jer kapitalizuju ljudsku tendenciju da dodeljuju zajedničke osobine onima koji pokazuju slične znakove. Neke igre koriste stereotipove, dok ostaju sveže za igrače, uvozom malo verovatnih tipova u okruženje za igre. Dodeljivanjem komične vrednosti i privlačnosti koristeći kulturološki stereotip je takođe odličan trik. Dobri dizajneri grade likove za pamćenje uzimajući dobro istrošene stereotipove i stvarajući likove koji imaju nekoliko osobina koje se protive tipu.

Da bi glavni junak što više ličio na Sunce koristio se trik stereotipova. Odlučeno je da karakter bude ceo žut i okrugao. Od malena deca Sunce boje žutom bojom i crtaju ga okruglo kao što se na slici 7.7 može videti. Ovaj oblik i boja igraču pomaže da brzo uoči svog heroja u lavirintu. Kontrole potom dolaze vrlo intuitivno iz razloga što igrač želi da proveriti šta sve može da radi sa svojim herojem. Veza između igrača i video igre se na ovaj način brzo ostvaruje jer se igrač oslanja na svoja već stečena znanja i iskustva.



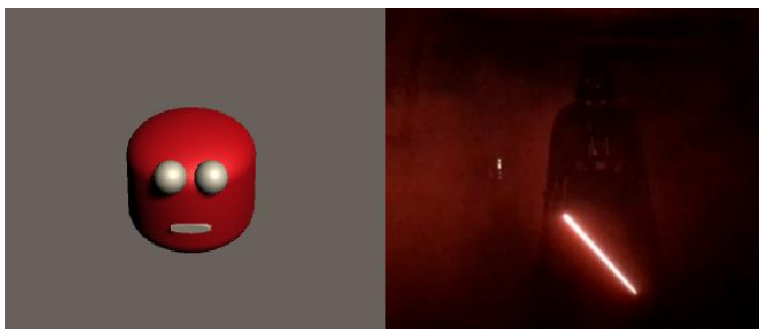
Slika 7.7. – Dečija vizija sunca

Kada čovek vidi lavirint logičan sled događaja je da proba da pobegne iz njega ili da ga, žargonski rečeno, „reši“. U okruženju heroja se mogu videti bele loptice (slika 7.8), koje kada se pakupe ostvaruju povećanje poena. I bez uputstva ili poznavanja priče, zahvaljujući stereotipovima, igrač može da pretpostavi da je cilj da se pakupe sve bele loptice (koje se u priči referenciraju kao „delići svetlosti“), kako bi prešao na sledeći nivo.



Slika 7.8. – Prvi nivo igre „Zemlja duhova“

U daljim nivoima igrač se susreće sa duhovima (anti-herojima) koji su se takođe oslanjaju u velikoj meri na stereotipove. Crvene su boje. Ta boja se javlja u svim aspektima života i predstavlja opasnost. Najupečatljivija upotreba crvene boje je u saobraćaju. U video igri „Zemlja duhova“ nije tako očigledno ali, izgled duhova se može povezati i sa objektom iz, sada već, legendarnog serijala filmova „Star wars“ (slika 7.9).



**Slika 7.9. – Upoređivanje duha sa svetlosnom sabljom**

Zbog pomenutih razloga i zahvaljujući stereotipovima igraču je jasno da glavnog junaka treba da pomera što dalje od duhova kad se nađe u drugom nivou (slika 7.10) ili bilo kom sledećem.



**Slika 7.10. – Drugi nivo igre „Zemlja duhova“**



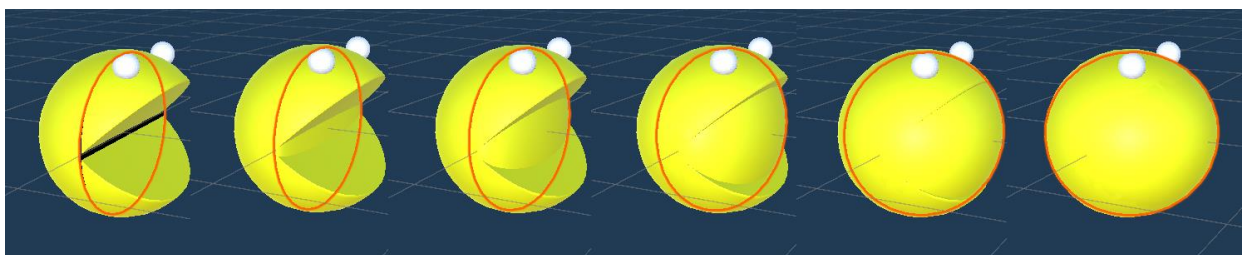
## 8. Animacija karaktera

Animacija je iluzija života. Vara publiku ili igrača da poveruje da je nešto živo kada je to samo serija slika koje se brzo kreću [9]. Cilj svakog animatora je da natera gledaoca da veruje da je lik ili predmet stvaran i živ.

Animacija postoji više od jednog veka. Vremenom je postala samo razrađenija i lepša. Veoma uspešni filmovi i TV emisije napravljeni su pomoću animacije. Neki moderni blokbasteri sa živom radnjom koriste animaciju kao način da poboljšaju svoju sposobnost da ispričaju svoju priču. Što je najvažnije, industrija video igara je napredovala zahvaljujući napretku u animaciji. Bez animacije, video igre kakve danas poznajemo ne bi bile moguće. Likovi kao što su Mario i Sonic nikada ne bi nastali da animacija nije ključni deo industrije video igara.

Danas, uz korišćenje softvera za 3D animaciju, igre mogu stvoriti ogromne i divne priče i osvojiti maštu miliona ljudi. Animacija je učinila mnogo da pomogne napredovanju oblasti razvoja igara. Sada je jedno od najboljih polja, za koje se animator može opredeliti, dizajn video igara. Dva medija, igra i animacija, povezani su zajedno i pomažu jedni drugima da guraju jedan drugog u novim i uzbudljivim pravcima.

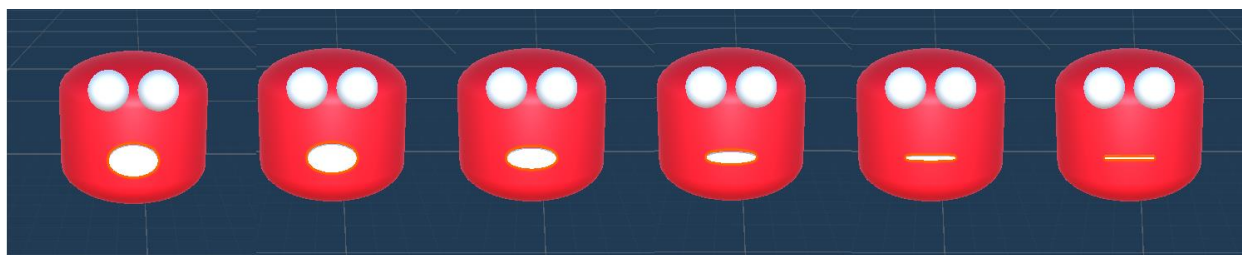
Međutim, animacija ne mora da bude složena i kompleksna da bi privukla pažnju publike. Igra „Zemlja duhova“ sadrži animaciju dva karaktera – glavnog heroja i anti-heroja. Animacija glavnog heroja pruža utisak da karakter konstantno govori. Na taj način je karakter dodatno povezan sa pričom koja prati video igru, jer je glavni junak, u priči, komunikativan i društven. Animacija se odnosi na jednu sveru koja je u početku pljosnati krug. Taj krug je na početku animacije sakriven u samom telu glavnog junaka. Kroz vreme pljusnatoj sveri se povećava širina do trenutka kada se ne izjednači sa veličinom tela glavnog junaka. Od tog trenutka svera pravi tranziciju nazad u krug smanjivanjem svoje širine. Kada se animacija pušta „u krug“ karakter ostvaruje pomenuti utisak pričanja. Animacija glavnog karaktera se može videti na slici 8.1.



Slika 8.1. – Animacija glavnog karaktera u video igri „Zemlja duhova“

Kada je reč o anti-herojima u video igri „Zemlja duhova“ - duhovima, oni imaju sličnu animaciju koja ih, takođe, povezuje sa pričom. Duhovi se kreću kroz lavirint vičući. Taj efekat je postignut tako što se na prednjoj strani duha nalazi pljosnati valjak koji predstavlja njegova usta. Menja se širina tog objekta sve do momenta kada je njegova širina jednaka nuli. U tom valjku je sakriven kvadar, iste visine kao i valjak, koji u jednom trenutku postane vidljiv, usled nestanka valjka (kada je širina valjka jednaka nuli). Kvadar onda predstavlja zatvorena usta. Kada se animaciju pusti „u krug“ i ubrza na izled deluje kao da duh konstantno otvara i zatvara usta. Kružni oblik usta često se u izradi animiranih likova koristi kada je potrebno da se postigne efekat vike. Animacija negativnog karaktera se može videti na slici 8.2.





Slika 8.2. – Animacija negativnog karaktera u video igri „Zemlja duhova“

## 9. Korisnički interfejs

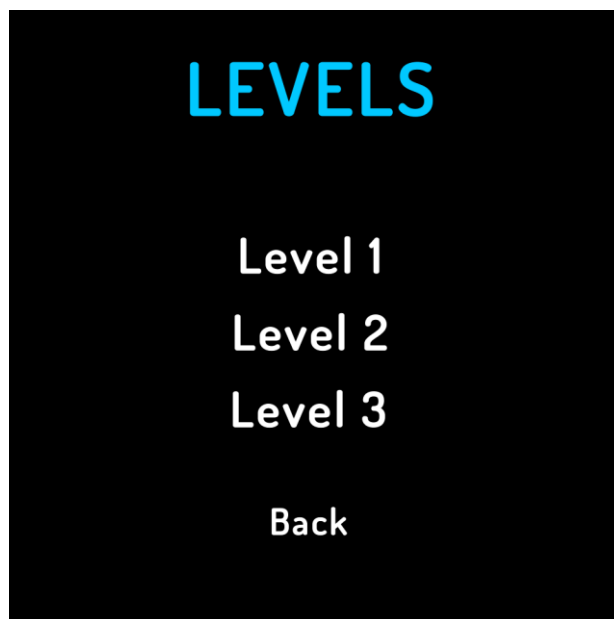
Korisnički interfejs u igri „Zemlja duhova“ je dizajniran tako da ima futuristički izgled. Bez obzira na tu činjenicu, same opcije su izlistane na prilično standardan način.

Odmah pri pristupu igri mogu se videti početni meni, kao i logo igre koji su prikazani na slici 9.1.



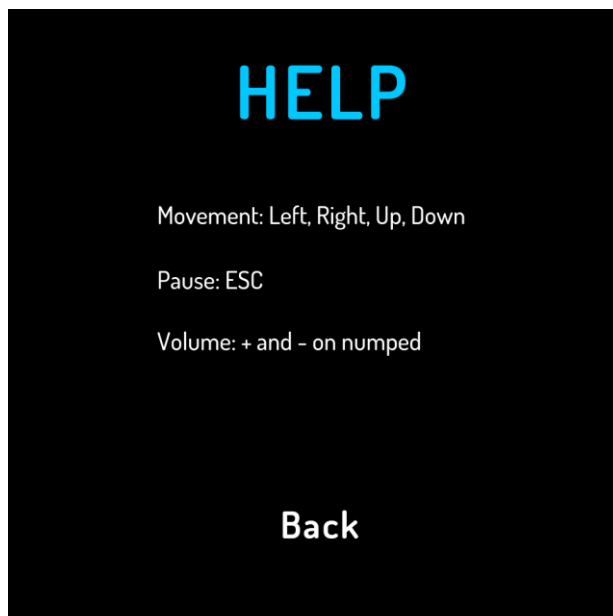
Slika 9.1. – Početni meni

Klikom na opciju *LEVELS* pristupamo meniju iz koga možemo izabrati bilo koji od postojećih nivoa. Meni je prikazan na slici 9.2.



Slika 9.2. – *Levels* meni

Klikom na opciju *HELP* pristupa se uputstvima o mogućim unosima sa tastature. Za pomeranje karaktera se koriste strelice (gore, dole, levo, desno), za pojačavanje i smanjivanje zvuka u igri koriste se plus i minus (+/-) na numeričkom delu tastature i pauza se može pozvati pritiskom na dugme *ESC* (često se nalazi u krajnjem gornjem levom delu tastature). Meni je prikazan na slici 9.3.



Slika 9.3. – Pomoćni meni

Odabirom opcije *EXIT* se izlazi iz igre, a odabirom opcije *START* se otpčinje igra od prvog nivoa. Kada se pristupi bilo kom od nivoa, u gornjem levom uglu se prikazuje opis trenutnog stanja u kome se igra nalazi. Igrač na raspolaganju ima, za početak, tri života, nula poena i u zavisnosti od nivoa, prikazuje se broj nivoa. Nakon sakupljanja delića svetlosti povećavaju mu se poeni. Jedan opis stanja je prikazan na slici 9.4.



Slika 9.4. – Opis trenutnog stanja

Za komunikaciju sa korisnikom se koriste i dialozi koji se prikazuju na sredini ekrana ukoliko:

1. Korisnik pređe trenutni nivo
2. Korisnika uhvati duh (izgubi život)
3. Korisnik izgubi sva tri života
4. Korisnik pozove pauzu (*ESC*)
5. Korisnik pređe igru

Kada korisnik pređe trenutni nivo (a nivo nije poslednji) prikaže se dialog na slici 9.5. Pruža mu se mogućnost da pređe u sledeći nivo klikom na dugme *CONTINUE* ili da se vrati u početni meni klikom na dugme *EXIT*.



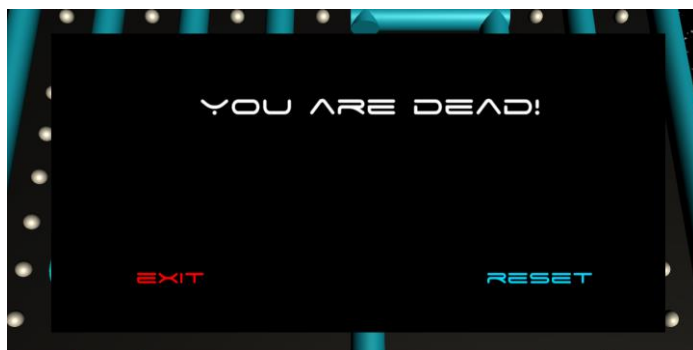
Slika 9.5. – Dialog za prelazak u sledeći nivo

Kada korisnika uhvati duh prikazuje mu se dialog koji mu omogućava da ponovo pristupi trenutnom levelu sa onim brojem poena koji je imao kada je prethodni level završio (u slučaju da je prvi level taj broj bi bio jednak nuli) i da izgubi jedan život. To mu se omogućava klikom na dugme *OKAY*. Klikom na dugme *EXIT* se vraća u početni meni. Opisani dialog se može videti na slici 9.6.



Slika 9.6. – Dialog za potvrdu o izgubljenom životu

Kada korisnik izgubi sva tri života pruža mu se mogućnost da počne ponovo igricu od prvog nivoa sa tri života (klikom na dugme *RESET*) ili da se vrati u početni meni (klikom na dugme *EXIT*). Opisani dialog se može videti na slici 9.7. Interfejs za opis stanja u tom trenutku izgleda kao na slici 9.8.



Slika 9.7. – Dialog sa porukom da je korisnik izgubio



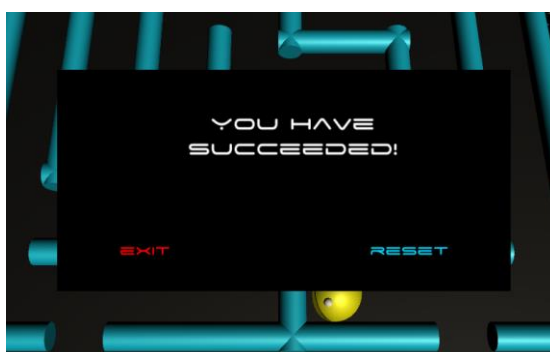
Slika 9.8. – Opis trenutnog stanja kada je korisnik izgubio

Pritiskom na dugme *ESC* korisnik pauzira igricu i prikazuje mu se dialog sa slike 9.9. Na tom dialogu korisnik može da restartuje (pritiskom na dugme *RESET*) trenutni nivo. U ovom slučaju se korisniku vraćaju izgubljeni životi u tom nivou i poništavaju osvojeni poeni.



Slika 10.9. – Pauza

Ako korisnik uspe da odoli svim izazovima i da pređe poslednji nivo pokazuje mu se dijalog koji ga obaveštava da je pobedio i omogućava mu da počne nivo od početka (klikom na dugme *RESET*) ili da se vrati na početni meni (klikom na dugme *EXIT*). Primer dijaloga se može videti na slici 9.10.



Slika 9.10. – Pobeda

Boja korišćena za potvrdne akcije je ista kao boja koja je korišćena za logo igrice i koja je dominantna na ekranu. Za odrične akcije korišćena je standardna crvena boja.

Dominantni font je *space age*, a font korišćen za početni, *HELP* i *LEVELS* meni je *DOSIS-MEDIUM* preuzet iz besplatnog *UI asset*-a – Slim UI.

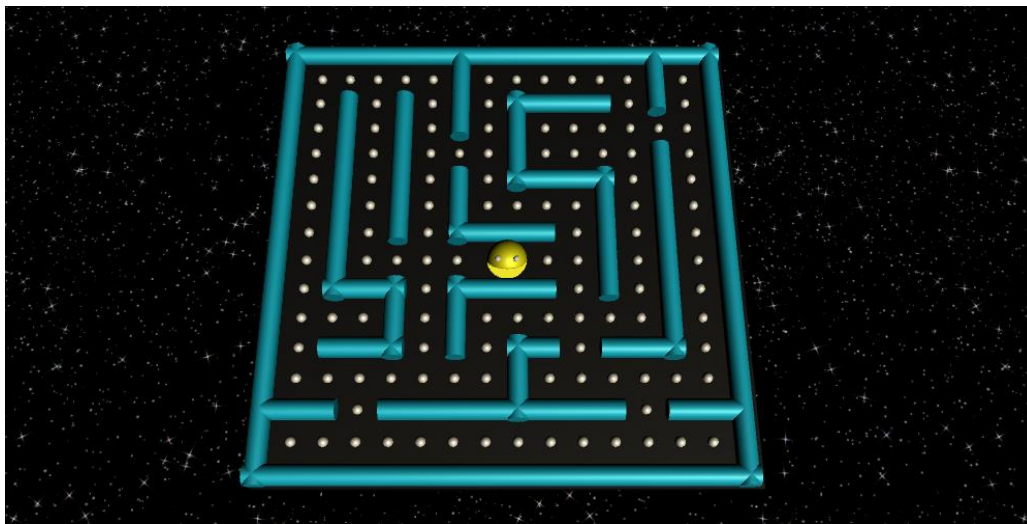
## 10. Audio

Instrumentali koji prate igricu su preuzeti iz poznate japanske animirane serije Naruto. Za početni (glavni), *HELP* i *LEVELS* meni je izabrana pesma pod nazivom *The Raising Fighting Spirit* koja je dinamična i budi želju kod korisnika da što pre pristupi igrici. Ohrabruje ga i motiviše. Tokom prelaženja nivoa u pozadini se može čuti pesma *Sorrow and Sadness* koja je spora i izaziva osećanje tuge i povećava napetost.

## 11. Nivoi

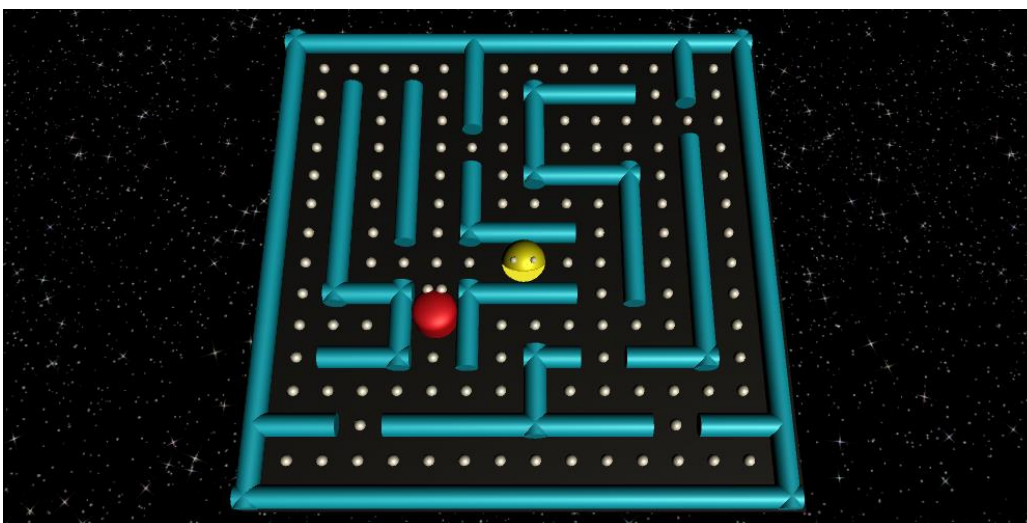
Igrica se sastoji od tri nivoa. Oni su dizajnirani tako da svaki sledeći nivo sa sobom donosi nove izazove.

Prvi nivo (prikazan na slici 11.1) služi da se igrač upozna sa samom igricom, njenim ciljem i samim komandama. Nije moguće izgubiti život u prvom nivou i lako se zaključuje da je potrebno prikupiti sve deliće svetlosti (obići ceo lavirint) kako bi se prešlo u sledeći nivo.



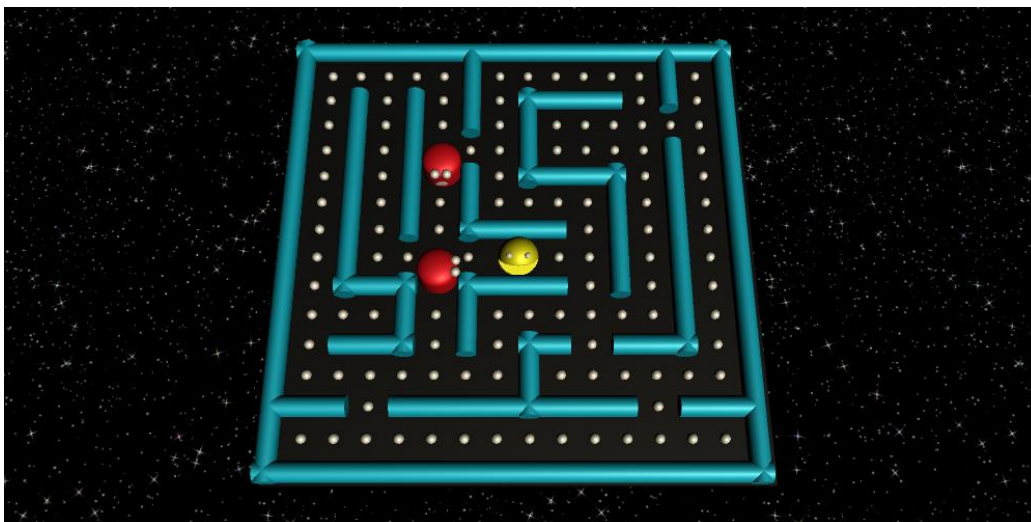
Slika 11.1. – Prvi nivo

Nakon što igrač ispuni zadatak predviđen prvim nivoom, on dobija mogućnost da pređe na drugi nivo. U drugom nivou je dodat jedan duh koji pokušava da ga uhvati. Od igrača se očekuje da opet prođe kroz lavirint, samo ovog puta duh ne sme da ga uhvati, pa samim tim i igra postaje znatno teža. Drugi nivo je prikazan na slici 11.2.



Slika 11.2. – Drugi nivo

Nakon drugog nivoa igrač prelazi u treći i poslednji nivo (prikazan na slici 11.3). U tom nivou se nalaze dva duha koji pokušavaju da ga uhvate. Potrebna je izuzetna spretnost i snalažljivost da se pobjegne dvojici duhova. Nivo je dizajniran da bude prilično težak kako ne bi mogao svako da pređe igricu.



Slika 11.3. – Treći nivo



## 12. Gameplay

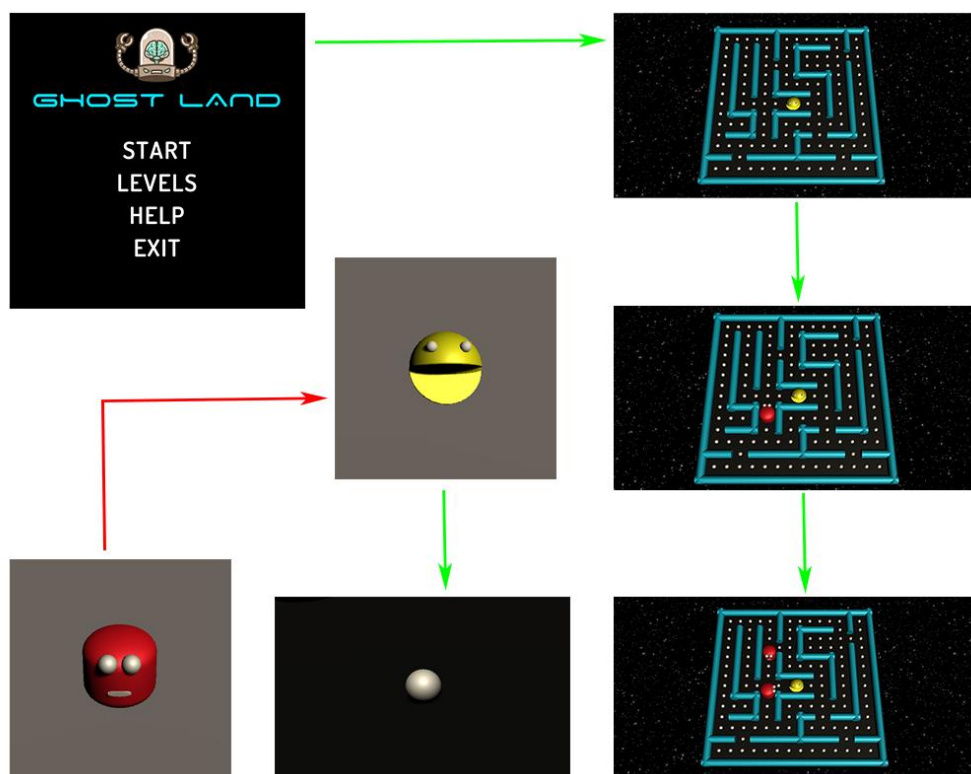
Igrač svoju avanturu počinje iz početnog menija. Pristupa prvom nivou i upoznaje se sa lavirintom, glavnim likom i sa ciljevima igre. Skuplja deliće svetlosti i primeću da se brojač, koji pokazuje koliko je delića svetlosti prikupio, povećava.

Nakon što sakupi sve deliće svetlosti prikazuje mu se dijalog koji ga pita da li želi da nastavi sa igrom. Ukoliko igrač pristane da nastavi sa igrom učitava se sledeći nivo. Ukoliko odbije, vraća se u početni meni.

U drugom nivou igrač se prvi put susreće sa njegovim neprijateljem u igrici. Ukoliko ga neprijatelj uhvati prikazuje mu se dijalog koji ga obaveštava da je izgubio jedan život i u isto vreme ga pita da li želi da nastavi sa igrom ili želi da se vrati u početni meni. Ukoliko izabere da nastavi sa igrom trenutni nivo mu se ponovo učitava, oduzima mu se život i oduzimaju mu se osvojeni poeni (prikupljeni delići svetlosti) koje je sakupio u trenutnom nivou.

Ako korisnik uspešno sakupi sve deliće svetlosti u drugom nivou dijalog ga ponovo pita da li želi da pređe u sledeći nivo. Ukoliko korisnik pristane učitava mu se treći nivo koji u sebi sadrži dva neprijatelja. Korisnik ima vrlo malo vremena da odreaguje u datom nivou kako bi uspeo da pobegne od neprijatelja. Ukoliko izgubi sva tri života (neprijatelj ga tri puta „uhvati“) korisniku se prikazuje dijalog gde mu se ostavlja mogućnost da počne igricu od prvog nivoa ili da se vrati u početni meni. Ako igrač ipak uspe da pređe poslednji nivo pokazuje mu se dijalog koji ga obaveštava da je pobedio i pruža mu se mogućnost da bira da li želi da igra igricu iz početka ili da se vrati na početni meni.

*Gameplay* je prikazan na slici 12.1.

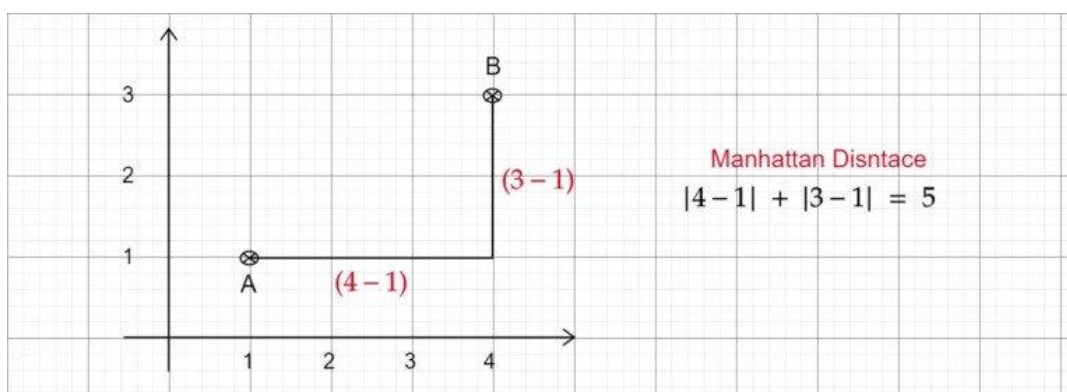


Slika 12.1. – *Gameplay*

### 13. Mehanika igre

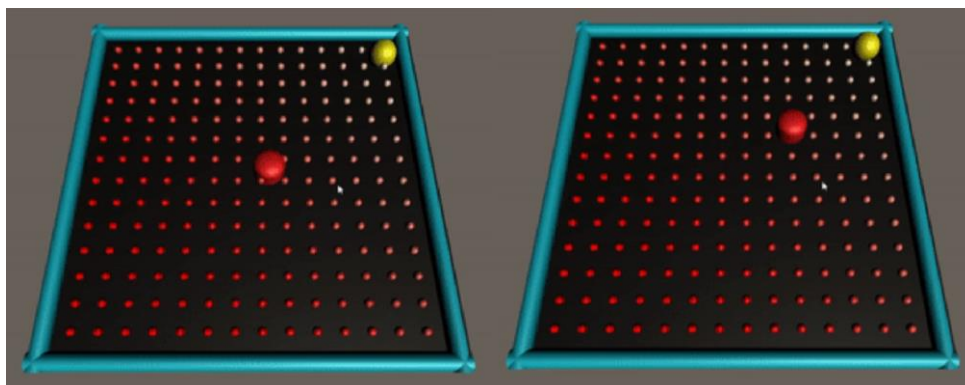
Kao što je već napomenuto, cilj igre „Zemlja duhova“ jeste da glavni junak sakupi sve deliće svetlosti. Međutim, mehanika igre za deliće svetlosti vezuje još jedan jako bitan koncept. Interno u igri vrednost delića svetlosti se konstantno ažurira i duhovi se kreću uz pomoć tih vrednosti.

Kada glavni junak sakupi delić svetlosti on i dalje postoji u igri samo se ne prikazuje igraču. U tom trenutku ažurira se interna vrednost svih delića svetlosti (i sakupljenih i nesakupljenih) u lavirintu na vrednost koja se dobija kao *manhattan* rastojanje (slika 14.1) između svakog pojedinačnog delića svetlosti i glavnog junaka.



Slika 13.1. – *Manhattan* rastojanje

*Manhattan* distanca je izabrana zato što prirodno modeluje pravougla kretanja. Lavirint je dizajniran tako da je moguće skretati (praviti rotacije) samo pod uglom od  $90^\circ$ . Pozicija glavnog junaka u lavirintu se prati očitavanjem internih vrednosti delića svetlosti. Deliće svetlosti oko njega će imati manje vrednosti, a oni dalji od njega veće. Duhovima preostaje da teže da minimizuju sumu sakupljenih delića svetlosti. Na slici 14.2 se mogu videti interne vrednosti delića svetlosti. Oni sa manjim internim vrednostima su predstavljeni svetlijom, a oni sa većom tamnijom crvenom bojom.



Slika 13.2. – Ažurirane vrednosti delića svetlosti i kretanje duha

Duh ima svoje „vidno“ polje koje je namešteno da bude tačno toliko da ne može da vidi preko zida lavirinta. Na taj način je sprečeno da duhovi žele da preskoče zid. Od onih delića svetlosti koje duh vidi bira da se kreće prema onoj sa najmanjom vrednošću i na taj način se kreće prema glavnom junaku.

## 14. Virtualni kontroler

Važno pitanje za istraživanje video igara je: Kako okarakterisati iskustvo video igre? Jedno uobičajeno gledište naglašava da su igrači kognitivno sposobni da operišu svetom igre kao iskustvenom referentnom tačkom koja vodi do stanja „uranjanja“, „prostornog prisustva“ ili „angažovanja“. Drugačiji stav je da je igrač takođe otelotvoren i situiran u stvarnom svetu, što podrazumeva da iskustvo video igrice takođe uključuje fizičke preduslove kao što je hardver za igranje.

Jedan aspekt koji nije jasno tematizovan i analiziran je doprinos kontrolera video igrice. Kontroler ne predstavlja samo ulazni uređaj koji omogućava igraču da deluje u video igrici, već omogućava igraču da uđe u svet igre i da se samim tim uživi u ulogu karaktera sa kojim trenutno upravlja. Ima dvostruki karakter – zahteva od igrača da deluje u stvarnom svetu istovremeno pružajući igraču vezu ka video igrici. Ovaj dualitet je sličan znakovima, što omogućava i daje plodnu analizu uparivanja igra-kontrolor.

Video igre su složeni sistemi u kojima igrač, video igra i hardver komuniciraju jedni sa drugima. Fundamentalna pitanja koja proizilaze iz činjenice da se javlja međusobna interakcija, a pritom vrlo bitna za istraživanje video igara:

- Kako činjenica da imamo interaktivan sistem dovodi do interaktivnog karaktera video igara?
- Koje su opšte karakteristike doživljaja video igara?
- Koji su uslovi za komunikaciju?

U raspravi o ovakvim pitanjima izneta su dva različita stava. S jedne strane, iskustvo igre je uokvireno u smislu kognitivne sposobnosti igrača da se zadubi u video igru i da tako operiše svetom igre kao svojom primarnom referentnom tačkom. Ova iskustvena neposrednost je opisana pojmovima kao što su „uranjanje“, „prostorno prisustvo“ i „kognitivni tok“. S obzirom na to da igrač već ima funkcionalno kompetentnu sposobnost da igra, pitanje šta to čini mogućim je manje istraženo. Umesto toga, uzeto je zdravo za gotovo kao nešto što se dešava manje-više automatski. U igranju igre, igračevo iskustvo je okarakterisano kao stanje „razdvojenog“ ili „proksimativnog otelovljenja“ koje uključuje i stvarni i virtuelni svet. Ciljanjem recipročnog i spojenog odnosa između video igre i igrača, primećeno je da je iskustvo video igre omogućeno, oblikovano i formirano materijalnim preduslovima poput specifičnog hardvera sa određenim ulaznim uređajem. Po Keogovim rečima: „Otelotvoreno angažovanje igrača sa materijalnom formom video igre prethodi (i opaža) bilo kakvom interpretativnom angažmanu sa virtuelnim sadržajem video igre.“

Setimo se našeg upoznavanja sa računarom. Moramo priznati da je bilo komplikovano navići se na kontrolere (tastature, džojstike...). Proces prilagođavanja na njih je zahtevao neko vreme pre nego što bi korisnik uopšte mogao da uživa u izabranoj igri. Veliku popularnost mobilnim igrama je donelo to što su intuitivne i interaktivne. Mogu se upravljati u pokretu i u prostoru.

Problem sa kojim se ovde susrećemo je, danas, moguće prevazići zahvaljujući naprednim metodama obrada fotografija. Kada se tome doda i neko pametno prepoznavanje znakova koje bismo mi pokazivali na tim fotografijama, deluje kao nešto što se može iskoristiti kao kontroler. Ovaj projekat se upravo time bavi.

Izdvojeno je četiri znaka koje računar putem kamere, u realnom vremenu, može da prepozna, zahvaljujući neuronskoj mreži. Nakon što se prepozna položaj šake on se mapira na komandu u igrici. Konkretno, komande su podešene za video igru „Zemlju duhova“. Pravljen je i mašina stanja (*state machine*) za mapiranje prepoznatih položaja na komande sa tastature.

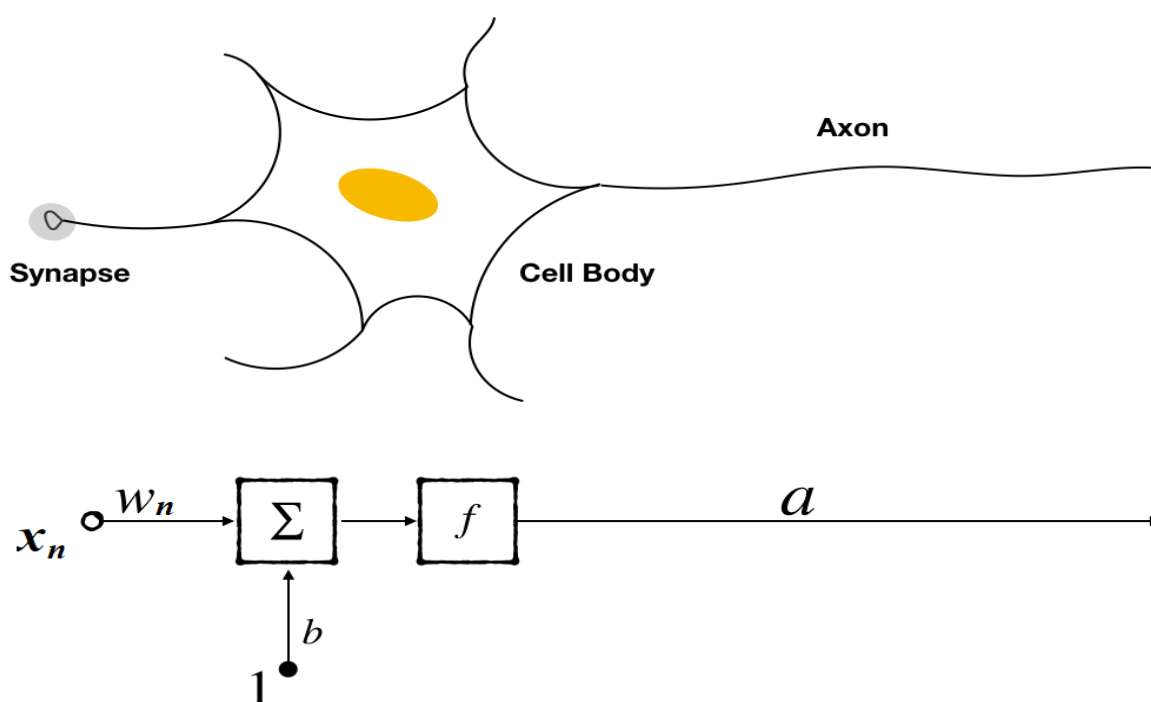
## 14.1. Teorijski pojmovi i definicije

Kontroler, koji je predstavljen u ovom radu, radi pomoću konvolucione neuronske mreže. Kako bi njen rad bio jasan u ovom poglavlju se opisuje rad običnih neuronskih mreža. Poređiće se izgled prirodnog nervnog sistema sa neuronskim mrežama kao i sam način rezonovanja.

Veštačke neuronske mreže su nastale po ugledu na prirodni nervni sistem. Veštački neuroni su zapravo vrlo uprošćene nervne ćelije.

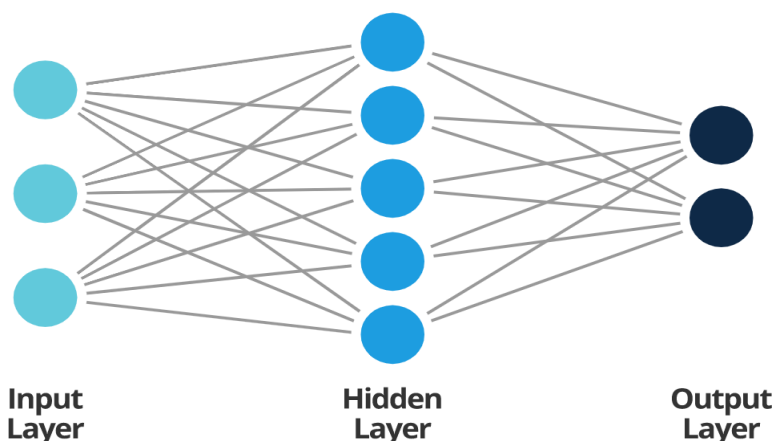
Uloga nervnih ćelija je da sprovedu nadražaj od receptora do centra za obradu (mozga) gde se donosi zaključak vezan za nadražaj. Centar, u odnosu na prethodno naučena iskustva, ima informaciju o kakvom je nadražaju reč.

Uloga veštačkog neurona je da, prema prethodno naučenim parametrima, obradi ulazni podatak i prosledi ga sledećem neuronu koji će ga, takođe, obraditi sve dok na izlazu krajnjeg neurona ne proizvedu potreban rezultat. Poređenje veštačkog i pravog neurona se može videti na slici 14.1.



**Slika 14.1 - Prirodni i veštački neuron.**  $x_n$  je ulaz i svaki  $x_n$  ima svoju težinu  $w_n$  sa kojom se množi.  $b$  je sklonost (eng. *bias*). Svi ulazi u neuron se sumiraju i preračunavaju aktivacionom funkcijom  $f$  koja proizvodi izlaz neurona –  $a$ .

Veštačke neuronske mreže su statički modeli i spadaju u metode mašinskog učenja. Dizajnirani su za prilagođavanje i samoprogramiranje pomoću algoritama za učenje. Da bi se proces učenja i zaključivanja brže odvijao, neuroni se raspoređuju u slojeve koji rade paralelno. Ulazni sloj je analogan dendritima u neuralnoj mreži ljudskog mozga. Skriveni slojevi su uporedivi sa ćelijskim telom i nalaze se između ulaznog i izlaznog sloja. Skriveni sloj je mesto gde veštački neuroni uzimaju ulaze bazirane na sinaptičkoj težini. Ulazi pomnoženi težinama uz pomoć aktivacionih funkcija generišu izlaz koji se na kraju očitava u izlaznom sloju. Primer arhitekture potpunopovezane veštačke neuronske mreže može da se vidi na slici 14.2.



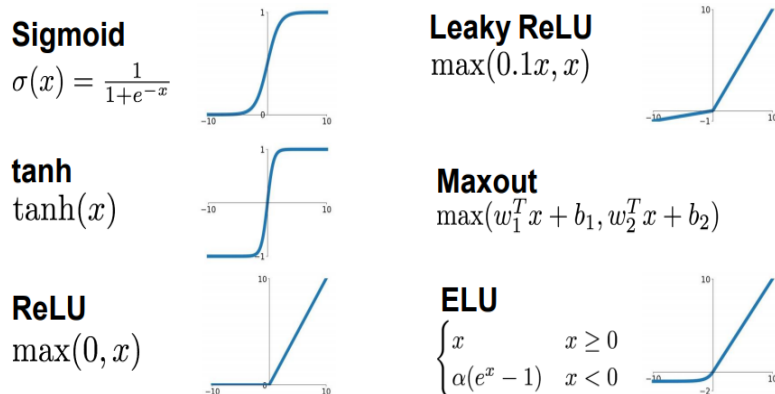
Slika 14.2 - Primer arhitekture potpuno povezane veštačke neuronske mreže. (Ulazni sloj se zanemaruje pri brojanju).

Kada je reč o treniranju neuronskih mreža u pogledu algoritama za nadgledano mašinsko učenje, što je slučaj u ovom radu, u procesu treniranja na ulaz neuronskih mreža prosleđuju se instance iz skupa podataka i na izlazu se porede dobijene vrednosti sa očekivanim vrednostima. Greška koja se tom prilikom javlja se iskazuje funkcijom gubitka (eng. loss function). Cilj modela je da minimizuje grešku. Nastoji se da model “nauči” težine koje će za što veći broj ulaznih podataka davati što bolju tačnost, odnosno, najmanje pogrešiti.

Računanje izlaza se vrši propagacijom unapred (eng. feedforward). Težine i pristrasnosti se inicijalno postave na slučajane vrednosti, a potom se, nakon ustanovljene greške, težine ažuriraju propagacijom unazad (eng. backpropagation). Propagacija unazad, kroz neko vreme omogućava mreži da uči, redukujući razliku između stvarnih i željenih rezultata, sve dok se ove dve vrednosti ne poklope.

Aktivacione funkcije (eng. activation functions) limitiraju amplitudu izlaznog signala neurona. Tipično se uzima normalizacija izlaza na interval  $[0, 1]$  ili  $[-1, 1]$ . U interpretaciji, rezultat aktivacione funkcije govori da li je neuron pobuđen ili ne. Aktivacione funkcije, takođe, uvode nelinearnost modelu. Poželjno je da funkcija kojom se računa izlaz bude diferencijabilna kako bi se pronašao njen parcijalni diferencijal po težinskom parametru. Na ovaj način se metodom propagacije unazad, uz pomoć ustanovljene greške, ažuriraju težinski parametri.

Postoje različite aktivacione funkcije. Danas se najčešće koristi *ReLU* (eng. *rectified linear unit*) zato što najviše ubrzava konvergenciju stohastičkog spuštanja gradijenta i najlakše se izračunava. Izgled *ReLU* funkcije može da se vidi na slici 14.3.



Slika 14.3 - Aktivacione funkcije

Bez obzira na to što *ReLU* nije diferencijabilna funkcija postoji način da se izvrši algoritam propagacije unazad.

Sklonost (eng. *bias*) je slobodni član koji ne zavisi od ulaza – konstantno je aktivan. Omogućava veću fleksibilnost modela dozvoljavajući da ulazni podatak bude 0. Takođe, služi da pomeri krivu aktivacione funkcije levo ili desno. Česte vrednosti su mu 1 ili -1.

## 14.2. Korišćeni alati

Rešenje u ovom radu je implementirano u Python programskom jeziku uz oslonac na Jupyter Notebook veb alat. Upotrebljena je standardna biblioteka Keras koja se u pozadini oslanja na TensorFlow.

*Jupyter Notebook* je besplatan veb alat otvorenog koda. Pruža mogućnost kombinovanja softverskog koda, prikaz izlaza izvršene sekvence koda, tekstualni, medijalni i multimedijalni sadržaj u jednom dokumentu. Danas ima sve češću primenu u nauci zato što objedinjuje imlementaciju i prezentaciju rezultata samog istraživanja.

*Keras* je API (eng. *application programming interface*) za duboko učenje napisan na Python programskom jeziku, a oslanja se na TensorFlow biblioteku. Razvijen je sa fokusom da omogući brzo eksperimentisanje.

*TensorFlow* je biblioteka otvorenog koda za numeričko računanje i mašinsko učenje velikih razmera. Objedinjuje niz modela i algoritama mašinskog učenja i dubokog učenja. Koristi Python za pružanje API-ja za izgradnju modela, dok se njihovo izvršavanje vrši u C++ programskom jeziku koji ima visoke performanse.

Komponente arhitekture računara relevantne za implementaciju rešenja su:

- Procesor – Inter(R) Core(TM) i7-6700 CPU @ 3.4GHz
- RAM (eng. *random access memory*) – 8.00 GB

## 14.3. Arhitektura rešenja

Za arhitekturu neuronske mreže izabrana je neuronska mreža sa dva sloja. Kao što je već pomenuto, prvi (ulazni) sloj se ne računa kada se govori o broju slojeva neuronske mreže. Pošto je reč o običnoj neuronskoj mreži slojevi su međusobno potpuno povezani. U ulaznom sloju nalazi se 40,000 neurona koji prihvataju podatke dovedene na ulaz. Tih 40,000 neurona je povezano sa prvim slojem koji u sebi sadrži 128 neurona. Svaki neuron iz ulaznog (skrivenog) sloja je povezan sa svakim neuronom iz prvog sloja. Ukupan broj parametara koji je potrebno istrenirati prelaskom izmedju ulaznog i prvog sloja iznosi 5,120,000. U drugom sloju se nalazi 5 neurona koji predstavljaju i izlaz neuronske mreže. Neuroni iz prvog sloja su, takođe, potpuno povezani sa neuronima iz drugog sloja. Broj parametara koje je potrebno istrenirati prelaskom izmedju prvog i drugog sloja iznosi 640. Neuronske mreže u parametrima čuvaju svoje znanje o problemu koji rešavaju. Ukupan broj parametara koji je potrebno istrenirati u prikazanoj mreži iznosi 5,120,640.

Na ulaz neuronske mreže se dovodi jednodimenzioni niz od 40,000 piksela. Svaki neuron prihvata pojedinačni piksel na ulazu. Na svom izlazu neuronska mreža daje informaciju u vidu niza od 5 elemenata. Svaki element predstavlja jednu od mogućih akcija odnosno, jednu poziciju šake. Element niza sa najvećom vrednošću se bira kao pobednik, što u interpretaciji znači da je element sa ulaza najbližiji primeru iz odgovarajuće klase. Informacija o pobedniku se dalje prosleđuje mašini stanja koja je opisana u glavi 14.4.

## 14.4. Mašina stanja

Video igra „Zemlja duhova“ ima svoje komande koje korisnik unosi putem tastature i na taj način kontroliše karakter u igri. Dostupne su sledeće komande koje odgovaraju unosima sa tastature:

- UP – karakter se kreće na gore,
- LEFT – karakter se kreće u levo,
- RIGHT – karakter se kreće u desno,
- DOWN – karakter se kreće na dole.

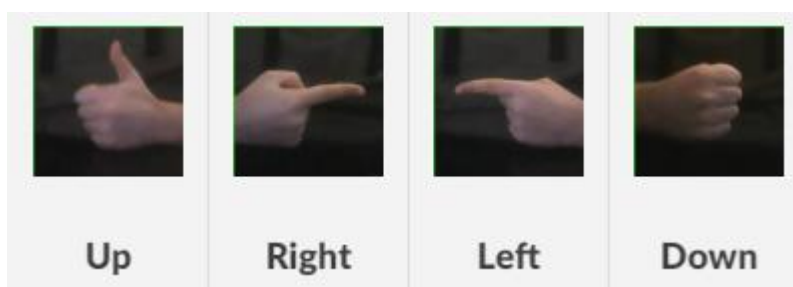
Mehanika u igrici funkcioniše na sledeći način: Dokle god je određen taster na tastaturi pritisnut (taster je u donjem položaju) karakter u igrici izvršava odgovarajuću radnju. Kada se taster otpusti (taster je u gornjem položaju) radnja prestane sa izvršavanjem.

Nakon ekstraktovanja komande sa slike mašina stanja toj komandi dodeljuje neku slovnu reprezentaciju komande sa ulaza, koja se čuva u jednoj promenljivoj. Ta promenljiva predstavlja trenutnu akciju koju karakter u igrici treba da izvršava. Sačuvana komanda se uz pomoć *Python*-ove biblioteke *pyautogui* konvertuje komandu na ulaz sa tastature. Na taj način se karakter u igrici pokreće kao da je ulaz direktno doveden sa tastature. U trenutku kada se znak na ulaznoj slici promeni, mašina stanja se dovodi u sledeće stanje i tako dok se ne završi kompletna interakcija. U slučaju da se ne prepozna ni jedan od predviđenih položaja na ulazu karakter prestaje da se kreće i da izvršava bilo koju komandu.

## 14.5. Skup podataka

Glavnim karakterom se u video igri „Zemlja duhova“ upravlja strelicama levo, desno, gore, dole na tastaturi. Bilo je neophodno pronaći ekvivalentne znake rukom koji su mogli intuitivno da zamene pritisak pomenutih tastere. Ne samo da su položaji šake koji bi prikazivali date znake morali da budu intuitivni, već su morali da bude i lagodni za napraviti. Odabrano je da to budu znakovi sa slike 14.4. Znakovi označeni labelama *Right* i *Left*, odnosno pokazivanje levom rukom ispruženim kažiprstom u desno ili desnom rukom ispruženim kažiprstom u levo se koriste za pomeranje karaktera u desno odnosno u levo. Nakon toga potrebno je bilo osmisliti komandu na koju bi se karakter kretao na gore. Možda bi bilo logično da položaj šake koji bi označavao kretanje na gore zapravo bio pokazivanje kažiprstom na gore, ali je ustanovljeno da bi to dovelo do previše komplikovanog pomeranja šake i cele ruke kako bi se napravio dati položaj. Sa ovim saznanjem jasno je bilo da položaj sa kažiprstom na gore nije bio izvodljiva opcija. Umesto tog položaja, odabran je položaj stisnute pesnice sa ispravljenim palcem (na slici 14.4 položaj označen sa labelom *Up*). Ovaj položaj ruke je vrlo lagodan za prikazivanje – nije potrebno pomerati zglobov šake ili dodatno nameštati lakat, već samo ispružiti palac. Sledeća komanda koju je bilo potrebno adekvatno osmisliti je bila komanda na koju se karakter kreće na dole. Najintuitivnija oznaka koja oslikava takvo ponašanje bi bila skupljena šaka sa ispruženim palcem na dole, ali to ponovo dovodi do problema sa neprirodnim pomeranjem šake i cele ruke. Iz tog razloga za komandu na koju bi se glavni karakter kretao na dole odabrana je skupljena šaka (na slici 14.4 označena sa labelom *Down*).

Skup podataka je specifičan, pa je samim tim morao biti posebno generisan i labeliran. Fotografije su uslikane web kamerom. Pisana je skripta koja je pomogla u prikupljanju tih podataka. Zbog minimizacije iskorišćenosti memorije slike su procesirane pre čuvanja tako da su kao takve već bile spremne za ulaz u neuronsku mrežu. Prikupljeno je po 350 fotografija za svaku komandu i dodatnih 350 za ulaze koji ne predstavljaju ništa.



Slika 14.4 - Fotografije komandi sa leva na desno redom: gore, desno, levo i dole.

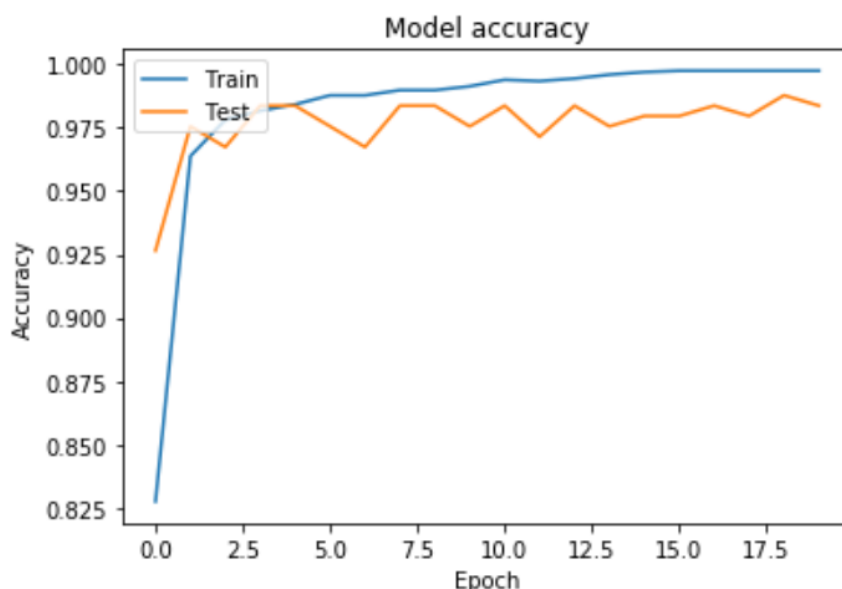
## 14.6. Treniranje modela

Slike na ulazu su dimenzije piksela. To znači da neuronska mreža u prvom skirvenom sloju treba da prilagodi 40,000 parametara po svakom neuronu. Budući da su slike i u boji bilo je potrebno određeno preprocesiranje forografija kako bi neuronska mreža imala manji broj parametara za obučavanje.

Obilici koji se pokazuju na slikama se jasno razlikuju tako da je odlučeno da slike na ulazu budu crno bele maske gde 1 (bela boja) predstavlja boju kože, a 0 (crna boja) pozadinu. Uz pomoć HSV skale je određena najtamnija nijansa kože i najsvetlija nijansa kože i na taj način je napravljena maska. Maska se potom pretvara u veliki jednodimenzioni niz od 40,000 elemenata. Niz se potom prosleđuje na ulaz neuronske mreže.

Kako bi se ubrzao proces treniranja, evaluacije i validacije ceo skup podataka je pre procesa treniranja modela preprocesiran i podeljen u tri skupa redom u odnosu 0.8:0.1:0.1.

Model je treniran u dvadeset epoha, ali je već posle petnaeste epohe dostigao tačnost od 98% što znači da je klasifikator gotovo sigurno prikazivao tačnu komandu za zadati položaj šake. Opisan proces treniranja i testiranja se može videti na slici 14.5.



Slika 14.5 – Grafik promene tačnosti po epohama.



## 14.7. Evaluacija rešenja

Za evaluaciju rešenja je uzeto u obzir da li je kontroler moguće koristiti. Merilo se za koje vreme je moguće preći prvi nivo video igre, a za referentnu vrednost je uzeto vreme ostvareno pri igranju sa tastaturom.

Igrači su snimani kamerom i oni su kameri prikazivali predviđene znake rukama i na taj način pomerali karakter u igri. Ustanovljeno je da su položaji šake bili prirodni i da su intuitivno odgovarali pokretima karaktera u igri. Nije bilo potrebe za suvišnim pokretima i bilo je moguće da se dovoljno brzo reaguje na situacije u kojima bi se karakter u igri našao.

Nakon malo vežbe i strpljenja pokazalo se da video kontroler ne zaostaje mnogo za tastaturom. Međutim, veliku ulogu u zanimljivosti igre je imao virtuelni kontroler jer je uneo još jedan nivo dinamičnosti u igru. Zahtev je od igrača da se udube (urone) u samu igru i da je proživljavaju zajedno sa karakterom kojim upravljaju.

## 15. *Game engine* i performanse

Za razvoj igre „Zemlja duhova“ korišćeno je *Unty* razvojno okruženje (engl. *Unity game engine*). On pruža podršku za detaljna 3D okruženja, dinamičke senke u realnom vremenu, usmerena svetla i reflektore, video reprodukciju, upravljanje zvukom i druge karakteristike. Omogućava laku izgradnju scena i opisivanje ponašanja svih elemenata uz pomoć *C#* skripti. Pored navedenih mogućnosti postoji i interfejs za kreiranje animacija koji je korišćen za animiranje karaktera u video igri „Zemlja duhova“. Stručnjaci iz oblasti razvoja video igara se najčešće opredeljuju za *Unity* zato što se uz pomoć njega mogu praviti *cross-platform* video igre – moguće je izgenerisati izvršna dokumenta koja se mogu pokrenuti na različitim operativnim sistemima.

Zbog načina na koji je igra rađena resursi računara na kome se igra igra su pošteđeni. Karakteri su maksimalno uprošćeni i animacije nisu kompleksne – sve se svodi na jednostavnu manipulaciju prostih objekata. Za očekivati je da je potrebno više resursa kako nivoi odmiču zbog povećanja kompleksnosti igre, ali to nije slučaj. Komplikacije su uspešno prikazane matematičkim jednačinama što je rezultovalo rasterećenjem komponenti računara. Cela igra je svedena na konstantno obavljanje relativno jednostavnih matematičkih operacija.

## 16. Zaključak

Zemlja duhova je naslov koji izlazi na već pripremljeno tržište, sa zanimljivom pričom i bez ograničenja u godinama, polu ili regiji. Predviđeno je da u ovoj igri jednako uživaju i stare i nove generacije. Dostojan nasledik legendarne arkadne igre *Pac-Man*, svetskog klasika koji i dan danas pronalazi načine da dođe do svoje publike.

Priča koja prati „Zemlju duhova“ je napravljena tako da se u samu video igru može ugraditi beskonačno mnogo nivoa. Algoritamska potpora i arhitektura igre predviđaju jednostavno, brzo i lako proširenje. Može se i uporedo sa igrom razvijati i alat koji bi dozvolio korisnicima da sami dizajniraju svoje nivoe. Takođe, igra može postati i takmičarskog karaktera kada bi se u nju ubacilo merenje vremena. Tada bi se igrači mogli takmičiti između sebe, ko će najbrže preći pojedinačne ili sve nivoe zajedno.

U ovom radu je prezentovan jedan od pristupa osmišljavanju, dizajniranju i animiranju karaktera. Prikazani su neki od trikova za pravljenje protivnika koji misle „svojom glavom“, odnosno koji se automatski prilagođavaju zadatim situacijama. Dati su primeri elementa koje jedna igra treba da poseduje kako bi potencijalno, kao celina, ostvarila uspeh na tržištu video igara.

Možda najveći izazov projekta „Zemlja duhova“ je bio da se svi elementi dovoljno apstrahuju kako bi razvoj nivoa bio lak i brz. Drugi izazov je bio da se pronađe način da duhovi samostalno idu u poteru za glavnim junakom. Uzimajući u obzir da su ova dva izazova uspešno rešena može se zaključiti da je projekat kao takav uspešno završen.

## Literatura

- [1] Ibister, K. "Better Game Characters by Design." (2006).
- [2] Burgoon, Judee K., et al. "Relational messages associated with nonverbal behaviors." *Human communication research* 10.3 (1984): 351-378.
- [3] Lindzey, Gardner Ed, and Elliot Ed Aronson. "The handbook of social psychology." (1968).
- [4] Ibister, Katherine, and Clifford Nass. "Consistency of personality in interactive characters: verbal cues, non-verbal cues, and user characteristics." *International journal of human-computer studies* 53.2 (2000): 251-267.
- [5] Leuthesser, Lance, Chiranjeev S. Kohli, and Katrin R. Harich. "Brand equity: the halo effect measure." *European journal of marketing* (1995).
- [6] Zebrowitz, Leslie A., and Joann M. Montepare. "Social psychological face perception: Why appearance matters." *Social and personality psychology compass* 2.3 (2008): 1497-1517.
- [7] Zebrowitz, Leslie A., and Robert G. Franklin Jr. "The attractiveness halo effect and the babyface stereotype in older and younger adults: Similarities, own-age accentuation, and older adult positivity effects." *Experimental aging research* 40.3 (2014): 375-393.
- [8] Chin, Jennifer A. "Baby-Face Killers: A Cry for Uniform Treatment for Youths Who Murder, From Trial to Sentencing." *JL & Pol'y* 8 (1999): 287.
- [9] McCabe, Patrick. *Create Computer Games: Design and Build Your Own Game*. John Wiley & Sons, 2017.

## Podaci o kandidatu

Filip Mladenović rođen je 13.01.1997. godine u Smederevu. Završio je Osnovnu školu “Dimitrije Davidović” u Smederevu 2012. godine, kao nosilac diplome iz informatike. Srednjoškolsko obrazovanje je završio u “Tehničkoj školi Smederevo” u Smederevu 2016. godine sa diplomom iz matematike. Iste godine upisao je Fakultet tehničkih nauka, smer softversko inženjerstvo i informacione tehnologije. Položio je sve ispite predviđene planom i programom sa prosečnom ocenom 9,17.