SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1420

IZRADA LOGIČKE RAČUNALNE IGRE

Fran Androić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 1420

IZRADA LOGIČKE RAČUNALNE IGRE

Fran Androić

Zagreb, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Zagreb, 4. ožujka 2024.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1420

Pristupnik:	**Fran Androić (0036537797)**
Studij:	Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul:	Računarstvo
Mentorica:	prof. dr. sc. Željka Mihajlović

Zadatak: **Izrada logičke računalne igre**

Opis zadatka:

Proučiti tehnike izrade logičkih video igara zagonetke (engl. puzzle). Proučiti tehnike postavljanja početne konfiguracije igre. Razmotriti postavljanje kriterija za postizanje različite složenosti, odnosno razina, ostvarivanja postavljenog zadatka. Implementirati algoritme postavljanja početne konfiguracije tako da postavljeni cilj igre bude ostvariv. Implementirati logičku igru prema zadanim pravilima ponašanja igrača. Ostvariti atraktivan vizualni prikaz kretanja igrača uz postavljene prepreke. Načiniti testiranje na nizu primjera. Analizirati i ocijeniti ostvarene rezultate. Diskutirati upotrebljivost ostvarenih rezultata kao i moguća proširenja. Izraditi odgovarajući programski proizvod. Rezultate rada načiniti dostupne putem Interneta. Radu priložiti algoritme, izvorne kodove i rezultate uz potrebna objašnjenja i dokumentaciju. Citirati korištenu literaturu i navesti dobivenu pomoć.

Rok za predaju rada: 14. lipnja 2024.

Sadržaj

Uvod

Logičke računalne igre (engl. *Puzzle Video Games*) igraču predstavljaju problem koji je rješiv primjenom logičkog zaključivanja nad skupom pravila. Za razliku od mnogo ostalih žanrova igara, ne zahtijevaju mehaničku spretnost ili brzinu reakcije, dakle tempo igranja im je sporiji i postupak rješavanja razine opušteniji. Postoje iznimke (npr. *Tetris*) gdje je vremenski faktor ključan. Povijesno gledano, logičke igre bile su među prvim video igrama koje su stekle veliku popularnost i opću prepoznatljivost. Zbog jednostavnosti dizajna, kao i činjenice da su dolazile unaprijed instalirane na mnoge operacijske sustave bile su pristupačne gotovo svakome (npr. *Minesweeper* ili *Solitaire* na *Windows* OS-u). Kasnije su nastajale i logičke igre smještene u 3D okruženju koje dijele svojstva s naslovima drugih žanrova poput FPS (npr. *Portal*). Postojeća igra koja je najviše utjecala na ovaj rad je vjerojatno *Sokoban* [2], japanska video igra dizajnirana 1981. u kojoj igrač slaže kutije na predviđena polja u kompaktnoj mapi koja predstavlja skladište. Pravila igre ovog rada su sljedeća: Na pravokutnu podlogu zadanih dimenzija generiraju se objekti – kutije i igračev lik – zvrk. Cilj igre je dovesti zvrk na označeno ciljno polje. Korisnik može micati zvrk ili bilo koju kutiju i to tako da ju pošalje u jednom od četiri osnovna smjera (gore, desno, dolje, lijevo) pravocrtno dok se ne zabije u drugi objekt ili ne odleti s podloge. Pri uspješnom rješavanju razine, automatski se generira novi, nasumično postavljajući kutije, no osiguravajući rješivost. Također je moguće podesiti dimenzije podloge i broj kutija koje će stvoriti na njoj. Zbog nasumične prirode stvaranja mape, nikad nije osigurana kompleksnost, no podešavanjem parametara može se mijenjati vjerojatnost za generiranjem zahtjevnije razine. Ideja je da igra potiče rješavanje većeg broja razina u jednoj sjednici i da igrač bude zadovoljan ukupnom zahtjevnošću skupa odigranih razina.

1. Algoritam za generiranje mape

Tijek igre zasniva se na konstantnom regeneriranju mape, odnosno područja za igru, koje uključuje podlogu određene veličine, igračev zvrk te određeni broj kutija i njihov raspored. Pri prvom pokretanju igre i svakim uspješnim prelaskom razine ili proizvoljnim traženjem novog poziva se funkcija koja provodi algoritam za generiranje mape na temelju zadanih ulaznih parametara i sjemena za generator nasumičnih brojeva.

1.1. Generator mape

Razred `MapGenerator`, prikazan u kodu 1.1, obuhvaća sve potrebne funkcije i parametre za stvaranje rješive razine igre. Ulazni argumenti konstruktora su: širina mape, visina mape i broj linija ispravnog rješenja. Prilikom konstruiranja instance razreda kreira se matrica koja se uređuje pozivom funkcija, te se nakon prolaska kroz „cjevovod“ na izlazu dobije matrica formata prikladnog za korištenje prilikom kasnijeg generiranja 3D objekata u sceni igre.

```
class SPARKYPUZZLE_API MapGenerator {
public:
	MapGenerator(int width, int height, int lines);
private:
	int MAP_X;
	int MAP_Y;
	int N_OF_LINES_TO_WIN;
	int STARTING_X;
	int STARTING_Y;
	int ENDING_X;
	int ENDING_Y;
public:
	TArray<TArray<char>> MAP_MATRIX;
	int getRandom(int lower, int upper);
	int generatePaths();
	int placeBoxes();
	int formatLayout();
	int printLog();
};
```

Kod 1.1 – Razred MapGenerator

1.2. Stvaranje putanje

Algoritam osigurava rješivost razine upravo unutar funkcije `generatePaths` i to na način da je prvo što se određuje putanja od početne lokacije zvrka do ciljnog polja. Prije poziva ove funkcije matrica mape je prazna, a prvo što funkcija u nju upiše su nasumično određene početna (S) i završna (Z) pozicija. Nakon toga zadani broj puta (pozivom konstruktora) odredi smjer i duljinu sljedećeg pomaka na putanji (P) koja vodi od početne do završne pozicije. Na posljetku na kraj svake putanje postavi kutiju (B) te je time stvorena mapa s kutijama postavljenim na način da zvrk može proći od početka do kraja.

Prilikom određivanja smjera kretanja, treba spriječiti ponavljanje istog smjera, besmisleno vraćanje istim putem i pad s ruba mape te riješiti poseban slučaj kada je putanja na dva ili manje koraka do kraja. To se postiže uređenjem liste dostupnih smjerova spremljene u varijablu `available_directions`, odnosno izvršenjem dijela programa prikazanog u kodu 1.2.

```
n_of_possible_directions = 0;
for (int i = 0; i < 4; i++) {
    if (available_directions[i] == 1)
n_of_possible_directions++;
}

if (n_of_possible_directions == 0) return 1;
previous_direction = current_direction;
current_direction = getRandom(0, n_of_possible_directions - 1);

n_of_found_directions = 0;
for (int i = 0; i < 4; i++) {
    if (available_directions[i] == 1) {
        if (current_direction == n_of_found_directions) {
            current_direction = i;
            break;
        }
        else {
            n_of_found_directions++;
        }
    }
}
```

Kod 1.2 – određivanje smjera linije putanje

Napominjem da je lista dostupnih smjerova osmišljena kao četveročlana lista gdje indeks predstavlja smjer (0 – lijevo, 1 – gore, 2 – desno i 3 – dolje), a vrijednost predstavlja dostupnost smjera (0 – nedostupan, 1 – dostupan).

Nakon smjera, određuje se duljina linije putanje, a na kodu 1.3 prikazan je taj postupak za smjer kretanja u lijevo.

```
if (current_direction == ((previous_direction + 2) % 4))
min_length = length / 2;
else min_length = 1;

length = 0;
loop_counter = 0;

if (current_direction == 0) {

    if (line == (N_OF_LINES_TO_WIN - 2) || line ==
(N_OF_LINES_TO_WIN - 1)) {
        length = current_x - end_x;
    } else {
        length = getRandom(min_length, (current_x - 1));
        while (((current_x - length == end_x) || (current_x -
length == end_x + 1)) && (current_y == end_y)) {
            length = getRandom(min_length, (current_x - 1));
            if (loop_counter == 5) return 1;
            loop_counter++;
        }
    }

    for (int x = 0; x < length; x++) {
        current_x -= 1;
        if (MAP_MATRIX[current_y][current_x] != 'B')
MAP_MATRIX[current_y][current_x] = 'P';
    }
    MAP_MATRIX[current_y][current_x - 1] = 'B';
}
```

Kod 1.3 – Određivanje duljine linije putanje

1.3. Postavljanje kutija

U nastojanju da uspješan prelazak razine ne bude trivijalan, unutar funkcije `placeBoxes` dodaju se nove kutije i već stvorene se pomiču s početnih položaja, što rasporedu objekata na razini daje privid nasumičnosti i čini da rješenje ne bude očito. To se radi iteracijom po svakom polju mape gdje ako se na pojedinom polju nalazi kutija, određuje se smjer putanje pomaka kutije na čija se oba kraja postavljaju nove „sekundarne“ kutije (b). Time se svakoj početnoj kutiji omogući jedan stupanj pomaka po pravcu. U kodu 1.4 vidi se provjera mogućnosti te postavljanje sekundarnih kutija za potencijalni smjer u lijevo.

```
potential_direction = getRandom(0, 3);
if (potential_direction == 0) {

    if (current_x == 0 || current_x == 1 || current_x == (MAP_X
- 1)) continue;
    potential_distance = getRandom(2, current_x);
    if (MAP_MATRIX[current_y][current_x - potential_distance]
!= '.') {
        if (MAP_MATRIX[current_y][current_x -
potential_distance] != 'b'
            && MAP_MATRIX[current_y][current_x -
potential_distance] != 'B') continue;
    }
    if (MAP_MATRIX[current_y][current_x + 1] != '.') {
        if (MAP_MATRIX[current_y][current_x + 1] != 'b'
            && MAP_MATRIX[current_y][current_x + 1] != 'B')
continue;
    }
    MAP_MATRIX[current_y][current_x - potential_distance] =
'b';
    MAP_MATRIX[current_y][current_x + 1] = 'b';
    boxesPlaced = true;
    MAP_MATRIX[current_y][current_x - potential_distance + 1] =
'b';
    if (MAP_MATRIX[current_y][current_x] != 'X')
MAP_MATRIX[current_y][current_x] = '.';
}
```

Kod 1.4 – postavljanje dodatnih kutija na mapu

1.4. Formatiranje matrice

Nakon što su na mapu postavljeni sve potrebni objekti, potrebno je još jednom proći kroz matricu mape i pobrinuti se da su u njoj samo simboli potrebni za stvaranje 3D objekata, dakle „.“, „S“, „X“, i „B“, odnosno treba izmijeniti pomoćne simbole „P“ i „b“. Cijela funkcija `formatLayout` je prikazana u kodu 1.5.

```
for (int i = 0; i < MAP_Y; i++) {
    for (int j = 0; j < MAP_X; j++) {
        if (MAP_MATRIX[i][j] == 'P') MAP_MATRIX[i][j] = '.';
        if (MAP_MATRIX[i][j] == 'b') MAP_MATRIX[i][j] = 'B';
    }
}

return 0;
```

Kod 1.5 – funkcija za formatiranje matrice mape

Funkcija `getRandom` vidljiva u prethodnim primjerima je metoda razreda koja koristi funkciju `rand` standardne C++ knjižnice kako bi vratila nasumičan broj unutar zadanih granica:

```
return ((rand() % (upper - lower + 1)) + lower);
```

Izgled matrice mape nakon poziva `generatePaths`:

```
. B P P P P B P P S
. . . . . P . . . .
. . B P P P . . . .
. . . P . B . . . .
. B . P . . . . . .
. B P P P P P X B .
. P P B . . . . . .
. P P . . . . . . .
B P P . . . . . . .
. . B . . . . . . .
```

Izgled matrice nakon poziva `placeBoxes`:

```
. B P P P P B P P S
. . b . . P . . . .
. . . P P P . . b .
b b . P . . b . b .
b . . P . . b b . .
. B P P P P P X . .
b b P . b . . . b .
. P P . . . . . . .
. P b . . . . . . .
b . b . . . . . . .
```

Izgled matrice nakon poziva `formatLayout`:

```
. B . . . . B . . S
. . B . . . . . . .
. . . . . . . . B .
B B . . . . B . B .
B . . . . . B B . .
. B . . . . . X . .
B B . . B . . . B .
. . . . . . . . . .
. . B . . . . . . .
B . B . . . . . . .
```

2. Korištene tehnologije i alati

Cjelokupna izvedba programskog rješenja pisana je programskim jezikom C++, unutar grafičkog pogona *Unreal Engine 4.27*. Prvobitni kod generatora mape razvijen je koristeći samo standardne knjižnice za C++, no pri njegovom uklapanju u UE4 projekt, bilo je nužno zamijeniti neke podatkovne strukture i metode onima koje su dio UE4 knjižnice. Modeli objekata scene izrađeni su u programu za modeliranje – *Blender*, a materijali su izrađeni u programu za uređivanje slika – *Photohop*.

2.1. Unreal Engine 4.27

Unreal Engine je pogon za izgradnju video igara koji je razvio *Epic Games* i izašao je 1998. izvorno nastavši kao pogon za igru *Unreal*. Vrlo je opsežan i nudi mnoge funkcionalnosti korisne za izradu grafičkih aplikacija kao što je sustav osvjetljenja, sustav za efekte čestica, sustav za izradu materijala, mogućnost vizualnog programiranja (*Blueprints*) itd. Za izradu ovog rada korišteno je *Unrealovo* sučelje za podešavanje materijala, sučelje za podešavanje utjecaja svijetla, sučelje za prihvat korisničkih naredbi te opsežni radni okvir za definiranje elemenata igre i generički razredi čijim se nasljeđivanjem mogu koristiti mnoge korisne metode. Također, podržava gradnju aplikacija za razne sustave.

2.2. Blender

Blender je program koji sadrži skup alata za izradu, uređivanje i iscrtavanje 3D modela. Sadrži mnogobrojne metode i načine za interakciju s modelom i čini njegovo uređivanje intuitivno i pristupačno. Podržava izvoz modela u raznim formatima.

2.3. Photoshop

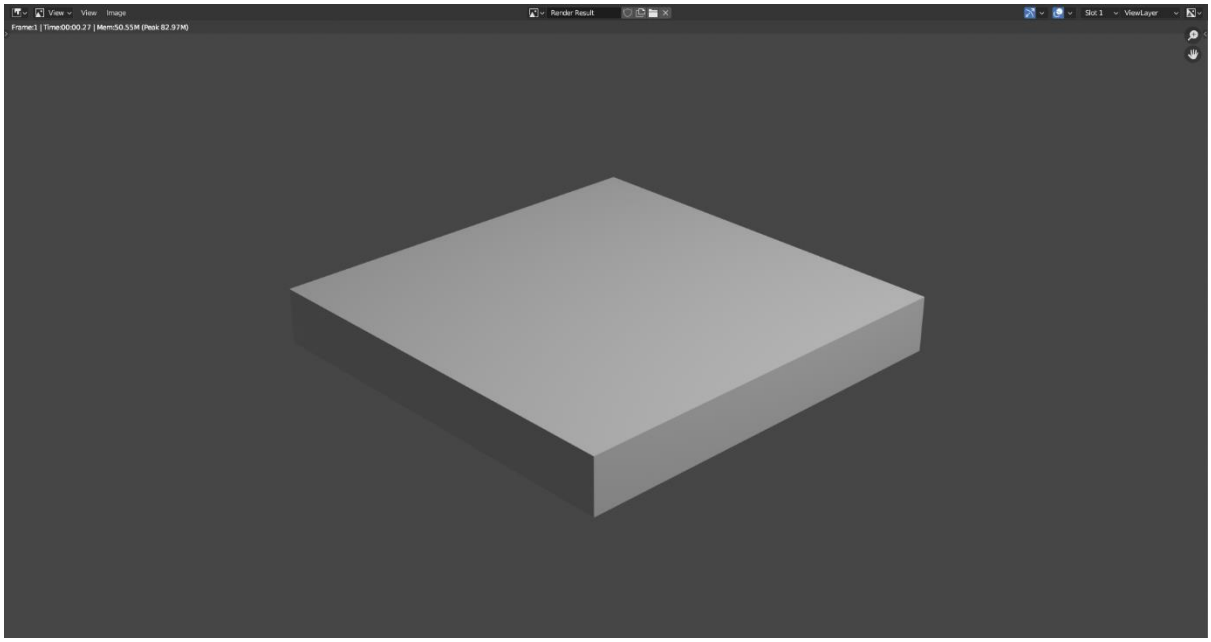
Photoshop je *Adobeov* program za uređivanje fotografija, no pruža alate za crtanje i uređivanje boje i efekata slike koji su prikladni za stvaranje jednostavnih tekstura.

3. Modeli i materijali

Za izradu 3D modela za igru korišten je *Blender*, a napravljena su tri modela: podloga, kutija i zvrk. Cilj je bio na relativno jednostavan način uređivanjem osnovnih modela (valjak i kocka) dobiti mrežu s relativno malim brojem vrhova koja nije previše zahtjevna za iscrtati.

3.1. Podloga

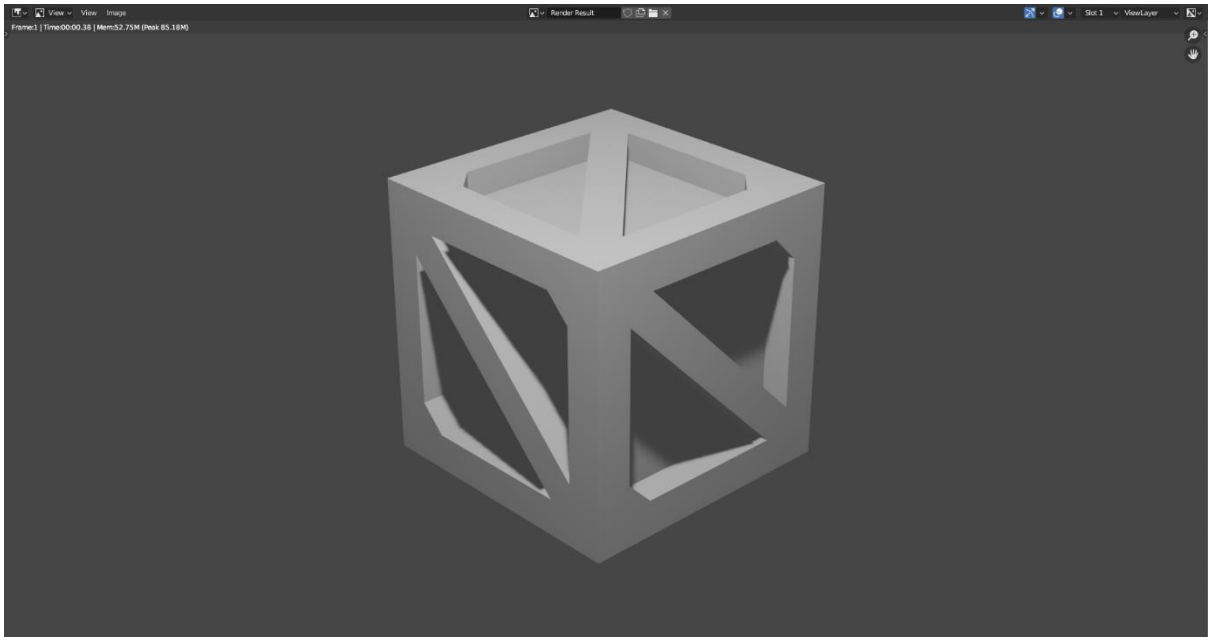
Za izradu podloge jednostavno je mreža kocke skalirana po z-osi u oblik niskog, ali širokog kvadra. Slika 3.1 prikazuje iscrtani model podloge. Isti model je korišten i kao podloga za objekte i kao oznaka ciljnog polja.



Slika 3.1 - Model podloge

3.2. Kutija

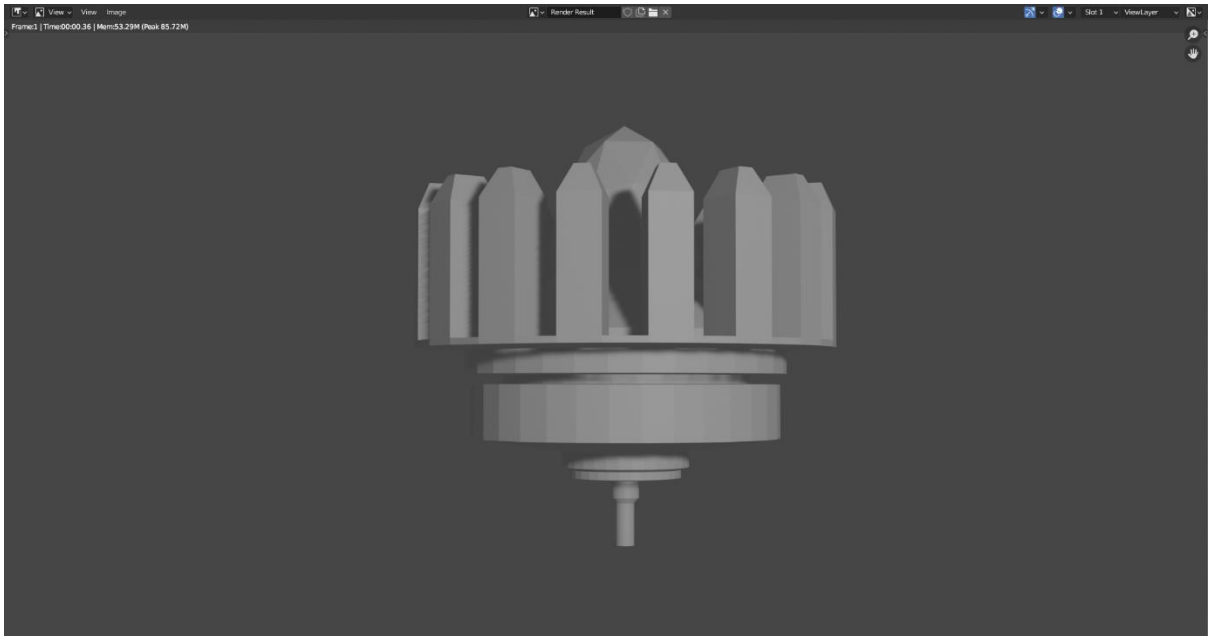
Kutija je oblika kocke, ali je modifikatorom *boolean*, izdubljena sa svih strana čime se dobije istaknuti obrub kutije, nakon toga je prilikom dodatka krnjih kutova korišten modifikator *mirror* kojim po svim trima osima zrcalimo uradak na jednom rubu. Na posljetku su vrhovi suprotnih kutova svake strane povezani kako bi se dobila izražena dijagonala i postigao prepoznatljivi izgled drvene skladišne kutije. Slika 3.2 prikazuje iscrtani model kutije.



Slika 3.2 - Model kutije

3.3. Zvrk

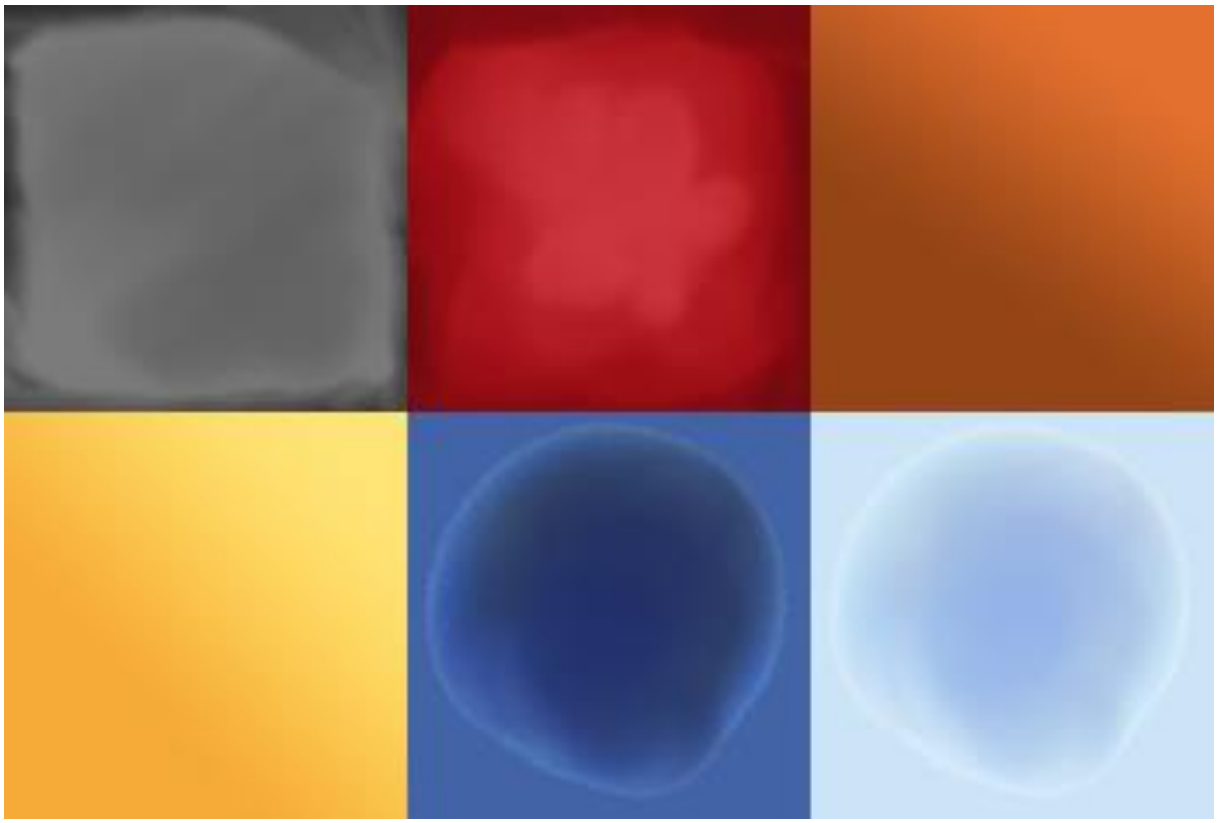
Zvrk je kao polaznu mrežu koristio valjak te se postupcima izvlačenja i skaliranja dijelova mreže postigao klasični izgled zvrka. Kao dodatak su izvučeni stupovi na vršnom prstenu i na vrh je dodana izdužena polovica ikosaedra kako bi se dobio specifičan i svojstven izgled igračevog lika. Slika 3.3 prikazuje iscrtani model zvrka.



Slika 3.3 - Model zvrka

3.4. Materijali

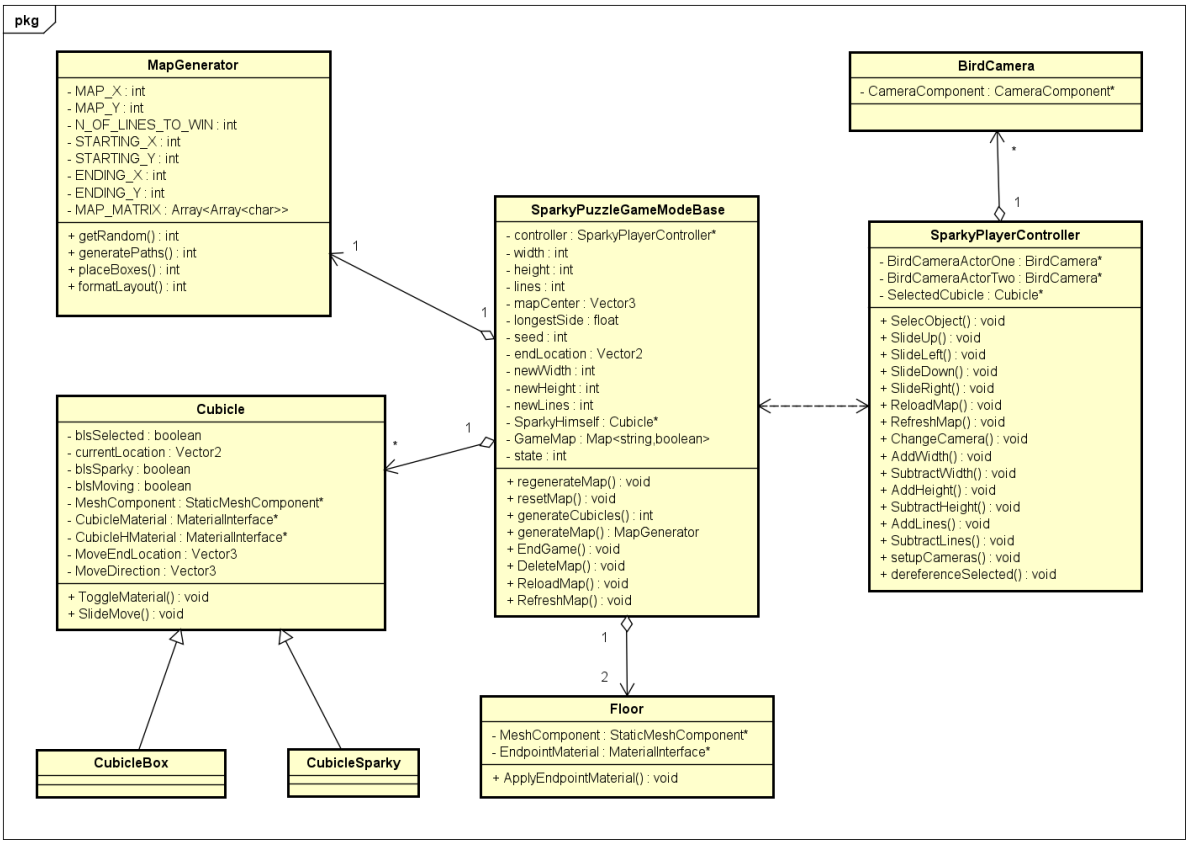
Jednostavne teksture napravljene su u *Photoshopu* koristeći jednobojne kvadratne slike kao polazišta. Za efekt teksture podloge i ciljnog polja korišten je kist i kist za miješanje, za kutije alat gradijenta, a za zvrk također kist i kist za miješanje, uz dodatak kantice za popunjavanje. U *Unrealovom* sučelju za izradu materijala navedene teksture predane su kao osnovna boja, te je napravljen posebni materijal za svaki tip modela te posebno za kutiju i zvrk kad su odabrani mišem. Slika 3.4 prikazuje navedene teksture.



Slika 3.4 - Teksture korištene u radu po redu: podloga, ciljno polje, kutija, označena kutija, zvrk, označeni zvrk

4. Struktura programskog rješenja

Kao osnova funkcionalnosti igre koristi se međudjelovanje dvaju razreda izvedenih iz generičkih funkcija koje su dio *Unrealovog* skupa alata za izradu video igara: `GameModeBase` i `PlayerController`. Praksa pri razvoju proizvoda koristeći *Unreal* je naslijediti te razrede koji sadrže razne metode korisne za upravljanje tokom igre te napraviti vlastitu implementaciju prikladnu za vlastiti proizvod. Uz ta dva upravljačka razreda, za stvaranje statičnih objekata izvode se razredi iz `Actor`, a za objekte kojima bi igrač trebao moći upravljati iz `Pawn`. Slika 4.1 prikazuje UML dijagram razreda koji odražava strukturu projekta. `BirdCamera` nasljeđuje `Actor` i enkapsulira sve komponente pogona vezane za kameru u sceni. Nakon generiranja mape stvore se dvije kamere, jedna točno iznad središta podloge koja gleda prema dolje i daje tlocrtni prikaz mape, a druga koja je sa strane i daje prikaz mape pod kutom.



Slika 4.1 - UML dijagram razreda

4.1. Razred upravljivog objekta

`Cubicle` nasljeđuje `Pawn` i obuhvaća funkcionalnosti vezane za logičku obradu kretanja objekta što je prikazano u kodovima 4.1 i 4.2 te zamjene materijala po potrebi,. `CubicleBox` i `CubicleSparky` nasljeđuju `Cubicle` i sadrže konstruktor u kojem postavljaju vrijednosti mreže i materijala objekta specifične za kutiju i zvrk. `Floor` nasljeđuje `Actor` i postavlja mrežu i materijal svojstvenu podlozi i ciljnom polju.

```
void ACubicle::SlideMove(FVector EndLocation)
{
      if (!bIsMoving) {
            MoveEndLocation = EndLocation;
            MoveDirection = (MoveEndLocation -
GetActorLocation()).GetSafeNormal();
            bIsMoving = true;
      }
}
```

Kod 4.1 – postavljanje vrijednosti potrebnih za pomak

```
if (bIsMoving) {

    FVector locationIncrement = GetActorLocation() +
MoveDirection * 6000.0f * DeltaTime;
    SetActorLocation(locationIncrement);

    if ((GetActorLocation() - MoveEndLocation).Size() < 100.0f)
{
        bIsMoving = false;
        SetActorLocation(MoveEndLocation);
        if (MoveEndLocation.Z == 121.1f) Destroy();
    }
}
```

Kod 4.2 – dio koda koji služi za pomicanje objekta, a nalazi se unutar funkcije `Tick` koja se poziva svaki okvir

5. Način rada igre

Razred `SparkyPuzzleGameModeBase` nasljeđuje `GameModeBase` i u njemu je implementirana funkcionalnost generiranja matrice mape, generiranja objekata u sceni iz matrice te sadrži sve strukture i objekte kojima `SparkyPlayerController` pristupa.

5.1. Stanje igre

Članska varijabla `state` služi kako bi se opisalo u kakvom stanju se nalazi igra, što je korisno pamtiti zato što je na temelju toga moguće blokirati ili dopustiti određene funkcije od izvršavanja.

Stanja igre koja su implementirana:

- IN_PROGRESS – igra traje, a svi objekti stoje
- SUCCESS – zvrk stoji na ciljnom polju
- IN_MOTION – neki objekt se kreće

5.2. Funkcija za osvježavanje mape

Funkcija `resetMap`, prikazana u kodu 5.2 poziva se kada se želi generirati mapa na temelju već postavljenog sjemena, čime se može po potrebi ostvariti osvježavanje trenutne razine (npr. Ako zvrk izleti s mape). Funkcija poziva drugu funkciju – `generateMap`, koja poziva sve metode razreda `MapGenerator` i vraća spremnu matricu mape, koju koristi za poziv funkcije za stvaranje objekata scene te postavlja stanje igre na IN_PROGRESS.

```
srand(seed);
MapGenerator map = generateMap(width, height, lines, objects);
generateCubicles(map);
state = 0;
```

Kod 5.2 – Funkcija za osvježavanje scene

5.3. Rječnik igre

Rječnik igre - `GameMap` ostvaren je podatkovnom strukturom rječnika (`TMap` u *Unrealu*) kojoj je ključ *string*, a vrijednost *boolean*. Ključevi rječnika igre imaju oblik „{x}//{y}“, gdje {x} i {y} predstavljaju komponente vektora lokacije polja u sustavu mape. Vrijednost ključa je `true` ako se na tom polju nalazi objekt, a `false` ako ne. Ti podaci se osvježavaju svakim pomakom objekta tijekom igre, a temeljni su dio računa logike pomaka u razredu `PlayerController`.

5.4. Funkcija za stvaranje objekata scene

U kodu 5.4.1 prikazano je stvaranje kutije u sceni unutar funkcije `generateCubicles`. Kutija se stvori i spremi u UE-ov objekt tipa `World`, te se pokazivač na novostvoreni objekt koristi za postavljanje lokacije i dodavanje zapisa u rječnik igre. Kod 5.4.2 prikazuje stvaranje i transformaciju podloge te postavljanje parametara vezanih uz nju.

```
if (map.MAP_MATRIX[y][x] == 'B') {

    ACubicle* BoxCubicle = GetWorld()-
>SpawnActor<ACubicleBox>(FVector(x * floorTileX, y *
floorTileY, 121.0f), FRotator::ZeroRotator);

    if (BoxCubicle) {
        BoxCubicle->currentLocation = FVector2D(x, y);
        tempString = FString::FromInt(x) + "//" +
FString::FromInt(y);
        GameMap.Add(tempString, true);
    }
    else return 1;
}
```

Kod 5.4.1 – stvaranje objekta kutije

```
AFloor* FloorTile = GetWorld()-
>SpawnActor<AFloor>(FVector(0.0f, 0.0f, 0.0f),
FRotator::ZeroRotator);
if (!FloorTile) return 1;

FVector FloorOrigin;
FVector FloorExtent;

FloorTile->GetActorBounds(false, FloorOrigin, FloorExtent);
float floorTileX = (FloorExtent.X * 2.0f);
float floorTileY = (FloorExtent.Y * 2.0f);

FloorTile->SetActorScale3D(FVector(width, height, 1.0));
FloorTile->AddActorLocalOffset(FVector(((floorTileX * width) /
2) - FloorExtent.X, ((floorTileY * height) / 2) -
FloorExtent.Y, 0.0f));

mapCenter = FloorOrigin;
longestSide = FMath::Max(FloorExtent.X, FloorExtent.Y);
```

Kod 5.4.2 – postavljanje objekta podloge

5.5. Funkcija za brisanje objekata scene

Funkcija `DeleteMap` poziva se prije svakog generiranja nove mape, jer se svi stvoreni objekti moraju maknuti iz svijeta prije nego se stvore novi. To se radi tako da se iterira kroz sve postojeće objekte i one koji su dio generirane razine se uništava, nakon čega se dereferencira pokazivač na odabrani objekt kako ne bi došlo do neovlaštenog pristupa memoriji, što je prikazano u kodu 5.5.

```
for (TActorIterator<APawn> PawnItr(GetWorld()); PawnItr;
++PawnItr) {
    if (PawnItr->GetName().Left(7) == TEXT("Cubicle")) PawnItr-
>Destroy();
}

for (TActorIterator<AActor> ActorItr(GetWorld()); ActorItr;
++ActorItr) {
    if (ActorItr->GetName().Left(5) == TEXT("Floor")) ActorItr-
>Destroy();
}

controller->dereferenceSelected();
```

Kod 5.5 – Funkcija za uništenje stvorenih objekata

6. Obrada korisničkog unosa

Razred `SparkyPlayerController` zadužen je za postavljanje povratno-pozivnih funkcija i njihovo pozivanje prilikom obrade korisničkog unosa. Funkcije se postavljaju u konstruktoru tako što se pridruže komponenti zaduženoj za to.

Tipke korisničkog unosa, radnje koje okidaju i pridružene funkcije:

- Lijeva tipka miša, odabir objekta za pomak, `SelectObject`
- W – pomak prema gore, `SlideUp`
- A – pomak ulijevo, `SlideLeft`
- S – pomak prema dolje, `SlideDown`
- D – pomak udesno, `SlideRight`
- R – ponovo učitavanje trenutne mape, `RefreshMap`
- Ctrl + R – učitavanje nove mape, `ReloadMap`
- 1 – promjena perspektive, `ChangeCamera`
- Num 4 – smanjenje širine, `SubtractWidth`
- Num 6 – povećanje širine, `AddWidth`
- Num 2 – smanjenje visine, `SubtractHeight`
- Num 8 – povećanje visine, `AddHeight`
- Num 5 – povećanje broja linija ispravnog rješenja, `AddLines`
- Ctrl + Num5 – smanjenje broja linija ispravnog rješenja, `SubtractLines`

6.1. Odabir objekta

Odabir objekta implementiran je tako da kada igrač lijevim klikom miša pritisne mjesto na ekranu oko središta željenog objekta, taj objekt postane „odabran“, što se istovremeno očituje zamjenom aktivnog materijala istaknutom inačicom običnog. Kako bi ta provjera bila moguća, koriste se *Unrealove* funkcije `GetMousePosition`, kojom nalazimo položaj pokazivača miša na ekranu, te `ProjectWorldToScreen`, kojom nalazimo koordinate objekata u svijetu projiciranih na ekran. Odabrani objekt je tada spreman za kretanje. Neposredno nakon odabira objekta, ako je prije toga neki drugi objekt bio odabran, on gubi taj status i materijal mu se vraća na staro. Kod 6.1 prikazuje cjelokupnu funkciju `SelectObject`.

```
FVector2D screenPosition;
FVector2D mousePosition;
int windowSizeX;
int windowSizeY;

GetMousePosition(mousePosition.X, mousePosition.Y);
GetViewportSize(windowSizeX, windowSizeY);

for (TActorIterator<ACubicle> PawnItr(GetWorld()); PawnItr;
++PawnItr) {

    if (UGameplayStatics::ProjectWorldToScreen(this, PawnItr-
>GetActorLocation(), screenPosition)) {
        if ((mousePosition - screenPosition).Size() < 25) {

            if (SelectedCubicle) {
                SelectedCubicle->bIsSelected = false;
                SelectedCubicle->ToggleMaterial();
            }

            PawnItr->bIsSelected = true;
            PawnItr->ToggleMaterial();
            SelectedCubicle = *PawnItr;
        }
    }
}
```

Kod 6.1 – Funkcija za odabir objekta u sceni

6.2. Pomak objekta

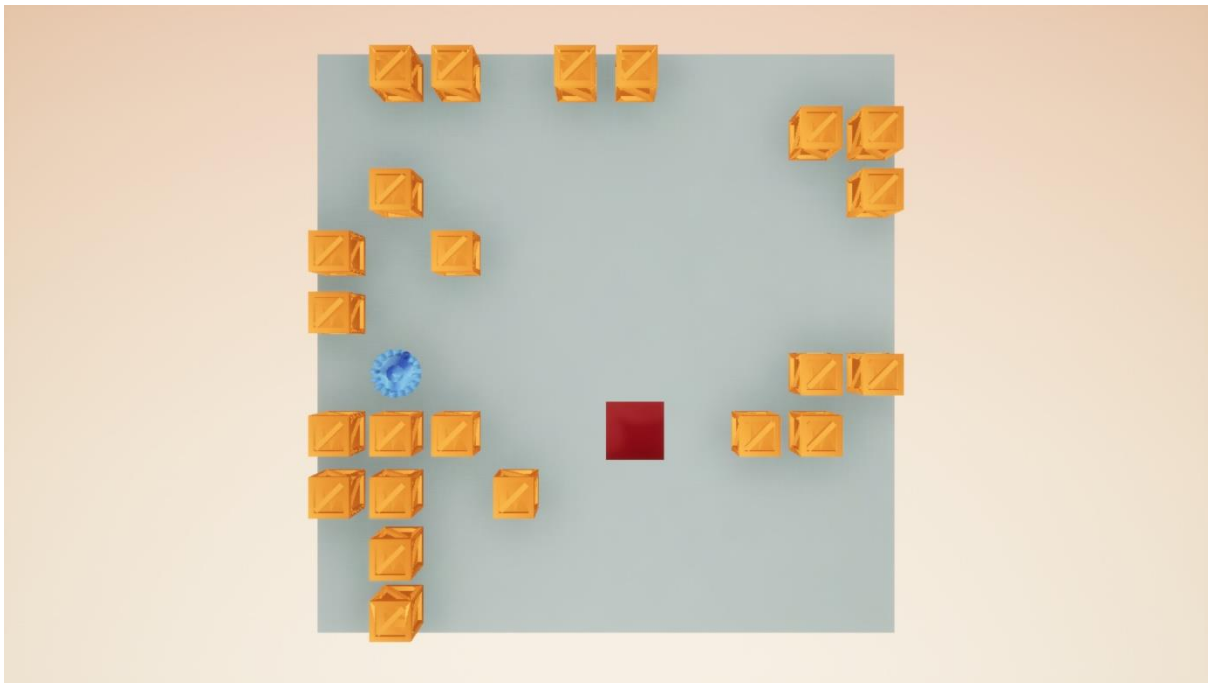
Pomak objekta jedino je moguć ako je igra u stanju IN_PROGRESS, a za vrijeme kretanja stanje se postavlja u IN_MOTION. To je zato da ne bi bilo moguće započeti novi pokret prije nego se prethodni završi. Obrada kretanja sastoji se od izračuna udaljenosti pomaka do koje se dolazi iteracijom po poljima mape u smjeru zadanog pokreta dok se ne nađe prvo polje na kojem se nalazi drugi objekt, ili dok se ne dođe do ruba mape. Zatim se poziva metoda `SlideMove` razreda `Cubicle` te se ažurira rječnik igre i ostale nužne vrijednosti. Opisani postupak za pomak prema gore prikazan je u kodu 6.2.

```
if (gamemode->state != 0) return;

if (SelectedCubicle) {

    FString tempString;
    int currentX = SelectedCubicle->currentLocation.X;
    int currentY = SelectedCubicle->currentLocation.Y;

    gamemode->state = 3;

    for (int x = currentX + 1; x < gamemode->GetWidth(); x++) {

        tempString = FString::FromInt(x) + "//" +
FString::FromInt(currentY);

        if (gamemode->GameMap.Contains(tempString) && gamemode-
>GameMap[tempString] == true) {

            if (x == currentX + 1) {
                gamemode->state = 0;
                return;
            }

            SelectedCubicle->SlideMove(FVector((x - 1) *
300.0f, currentY * 300.0f, 121.0f));

            tempString = FString::FromInt(currentX) + "//" +
FString::FromInt(currentY);
```

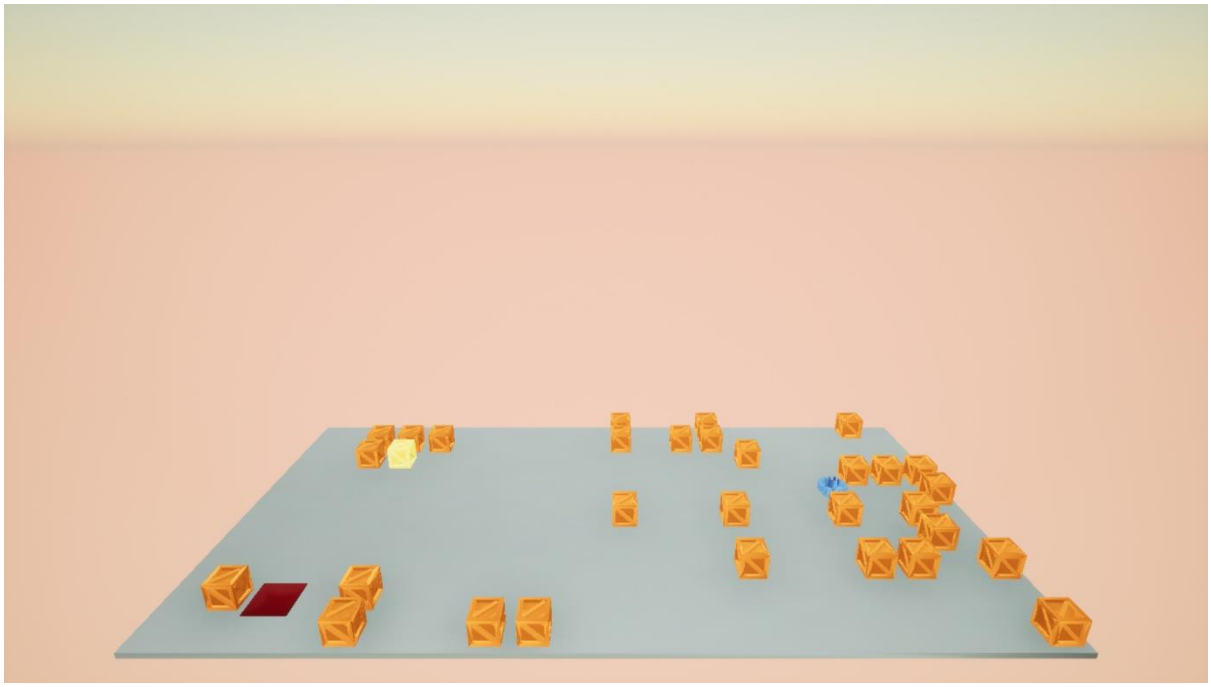
```
            gamemode->GameMap[tempString] = false;

            tempString = FString::FromInt(x - 1) + "//" +
FString::FromInt(currentY);
            if (gamemode->GameMap.Contains(tempString))
gamemode->GameMap[tempString] = true;
            else gamemode->GameMap.Add(tempString, true);

            SelectedCubicle->currentLocation.X = x - 1;

            gamemode->state = 0;

            return;
        }
    }

    SelectedCubicle->SlideMove(FVector((gamemode->GetWidth() +
5) * 300.0f, currentY * 300.0f, 121.1f));

    tempString = FString::FromInt(currentX) + "//" +
FString::FromInt(currentY);
    gamemode->GameMap[tempString] = false;
    gamemode->state = 0;
}
```

Kod 6.2 – Pomak objekta prema gore

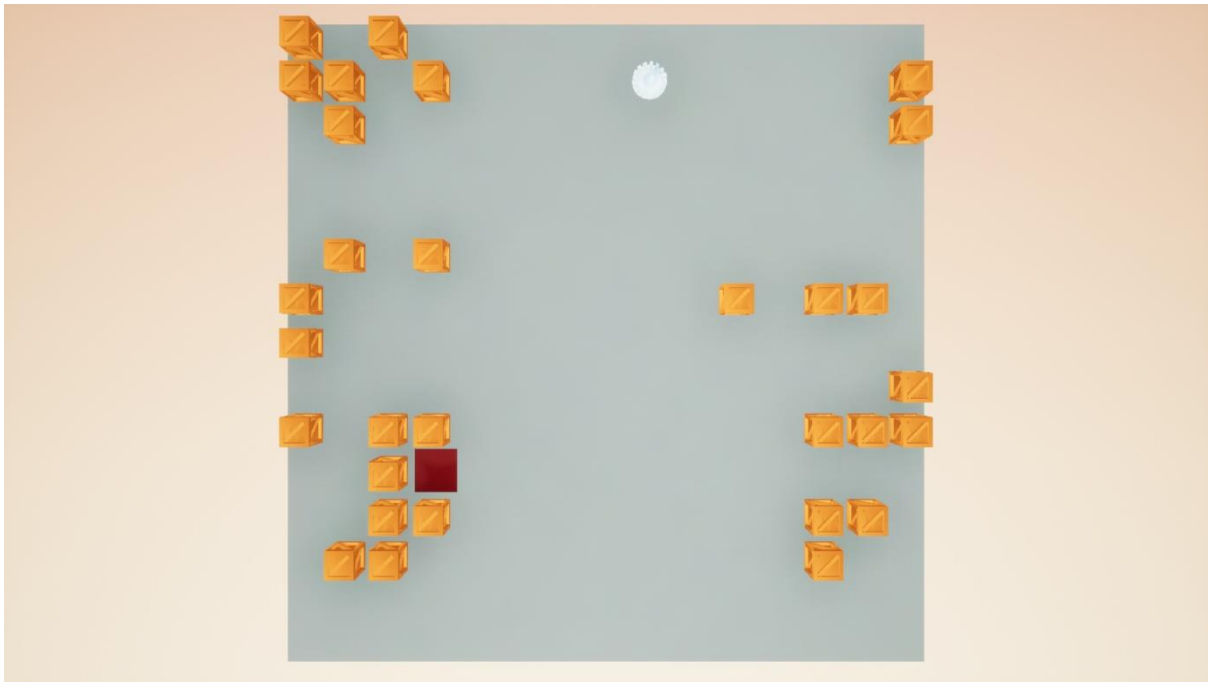
7. Galerija



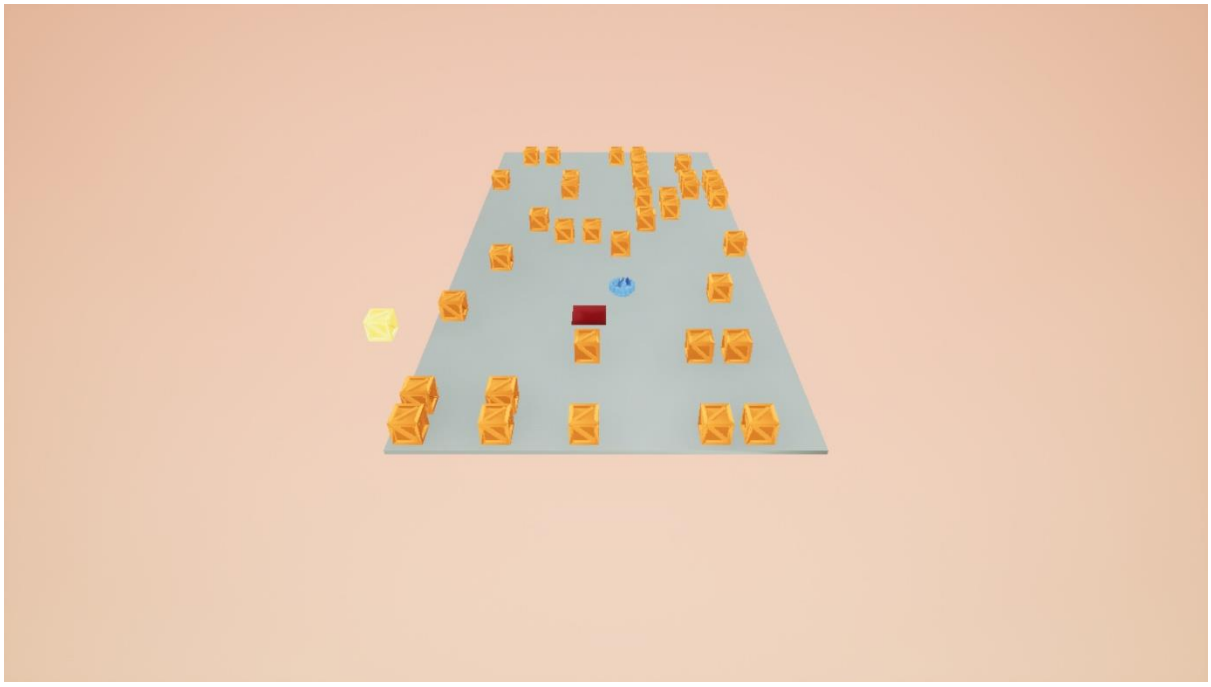
Slika 7.1 - Mapa veličine 10x10



Slika 7.2 - Mapa veličine 20x10 iz perspektive sekundarne kamere, s odabranom kutijom



Slika 7.3 - Mapa veličine 15x15, s odabranim zvrkom



Slika 7.4 - Mapa 10x20 iz perspektive sekundarne kamere, u trenutku izlijetanja odabrane kutije preko ruba prije nego što se uništi

Zaključak

Produkt rada je logička računalna igra napravljena većinom pišući C++ kod, koja se oslanja na dužu sjednicu igranja većeg broja razina kako bi ostvarila zadovoljavajući stupanj zahtjevnosti i igračevog zadovoljstva. Iako *Unreal Engine* nudi opsežan izbor alata za ostvarivanje standardnih obrazaca grafičkih aplikacija, korištenje istih izravno putem koda nije nužno uvijek intuitivno. Neke stvari poput generiranja objekata i postavljanja materijala su mi bile uvelike olakšane, no mogućnost pritiskanja mišem na objekt ili pomaka objekta sam ostvario na staromodni način jer korištenje posebnih funkcija koje bi u teoriji ponudilo bolji rezultat, u praksi nije radilo uopće.

Rad je u velikoj mjeri otvoren za buduća unapređenja, kao što video igre po prirodi jesu. Algoritam bi se mogao optimizirati tako da osigura zadani broj potrebnih pomaka da bi se uspješno prošla razina. Također, moglo bi se dodati još vrsta kutija (npr. nepomične, odbijajuće, odskočne…) ili čak drugih vrsta objekata. Osim toga, dodavanje mrežnih elemenata, kao što je čuvanje baze najboljih rezultata rješavanja razina s određenim sjemenom ili postojanje više igrača na istoj mapi.

Literatura

[1] Wikipedia, Puzzle Video Game. Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/Puzzle_video_game

[2] Wikipedia, Sokoban. Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/Sokoban

[3] Wikipedia, Unreal Engine. Poveznica: https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine

[4] Unreal Engine 4 Documentation. Poveznica: https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/

[5] Unreal Engine Forum. Poveznica: https://forums.unrealengine.com/categories?tag=unreal-engine

Sažetak

Krajnji proizvod rada je logička računalna igra koja primjenjuje jednostavne koncepte i pravila da bi ostvarila cilj predstavljanja složenog, ali logički rješivog problema igraču. Razvijen je algoritam za postavljanje početne konfiguracije prostora za igru te je stvoreno i stilizirano virtualno okruženje unutar popularnog pogona za izgradnju video igara – *Unreal Engine 4.27*. Implementirana je logika odabiranja i pomicanja objekata scene te uspješnog završavanja razine igre. Ostvarena je funkcionalnost promjene efektivne složenosti igre na temelju promjenjivih parametara i provedeno je testiranje zadovoljstva igrača.

Summary

The end product of the project is a puzzle video game that applies simple concepts and rules to achieve the goal of presenting a complex but logically solvable task to the player. An algorithm was developed for setting the start configuration of the play space and a virtual environment was created and stylized using the popular *Unreal Engine 4.27* game engine. The program logic of selecting and moving the objects in the scene was implemented, as well as that of the successful completion of a level of the game. The functionality of altering the effective difficulty of the game based on mutable parameters was realized was realized and tests were made to determine player satisfaction.

Skraćenice

- Logička igra
- Unreal Engine 4.27
- C++
- Nasumični generator
- Računalna 3D grafika

Privitak

Github repozitorij na kojem su javno dostupne izvorne datoteke rada i izvršna datoteka igre:

https://github.com/franandroic/zav