

Primjena specijalnih efekata pri dizajnu 3D objekta - dodavanje sjene

Jadrejčić, Ariana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:493751>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-29**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Tehnički fakultet u Puli



ARIANA JADREJČIĆ

**PRIMJENA SPECIJALNIH EFEKATA PRI DIZAJNU 3D OBJEKTA - DODAVANJE
SJENE**
Završni rad

Pula, rujan 2024. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Tehnički fakultet u Puli

ARIANA JADREJČIĆ

**PRIMJENA SPECIJALNIH EFEKATA PRI DIZAJNU 3D OBJEKTA - DODAVANJE
SJENE**
Završni rad

JMBAG: 0303090385, redovni student

Studijski smjer: Računarstvo

Predmet: Multimedijalni sustavi

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Željka Tomasović

Pula, rujan 2024. godine

Sadržaj

1. Uvod	6
2. 3D modeliranje	7
2.1. Vrste modeliranja.....	7
2.2. Primjena	8
3. Blender	10
4. Izrada 3D modela	11
5. Specijalni efekti	17
5.1. Efekt sjene.....	17
5.2. Dodavanje sjene u Blenderu	18
5.2.1. Izvori svjetlosti.....	18
5.2.2. Postavke svjetlosti.....	19
5.2.3. Postavke sjene.....	21
5.2.4. Konačni render scene	22
6. Zaključak	23
Sažetak	
Abstract	
Literatura	

1. Uvod

Cilj ovog završnog rada jest istražiti i prikazati primjenu specijalnih efekata pri dizajniranju 3D (trodimenzionalnih) modela, točnije dodavanje sjene. 3D modeliranje je vrlo bitno u današnje vrijeme te se koristi u velikom broju industrija kao vid računalne prezentacije raznih objekata. Ne koristi se samo u računalnoj i grafičkoj industriji, već i za vizualizaciju raznih prototipova proizvoda ili zgrada, prije njihove proizvodnje ili gradnje [1].

Za stvaranje 3D modela dizajneri koriste specijalne programe pomoću kojih se manipuliraju osnovni geometrijski oblici, a njihovom transformacijom dobivaju se složeni 3D objekti. Nakon izrade samog objekta, kako bi on izgledao što realističniji, dodaju mu se boje, teksture, svjetlost i drugi efekti [2].

Zbog složenosti u postizanju realističnih objekata, 3D modeliranje je jedan od najizazovnijih aspekata računalne grafike i vizualizacije. Postoji veliki broj parametara koji utječu na konačni izgled 3D objekta [1].

Kako bi 3D modeli stvoreni pomoću računala što realističnije prikazivali stvarne objekte, koriste se specijalni efekti, a jedan od njih je dodavanje sjene. Dodavanjem sjene postiže se dojam stvarnosti, tj. položaj objekta u odnosu na okolinu i oblik samog objekta. Takva obrada 3D modela posebno je bitna, primjerice, pri dizajnu interijera gdje je klijentu važno predočiti izgled objekata ovisno o količini i pravcu svjetla.

Softver korišten u ovom radu je Blender, *open-source* program (program otvorenog koda) što znači da je njegov izvorni kod javno dostupan. Prilagođen je početnicima, a posjeduje sve potrebne mogućnosti za izradu 3D modela i njegovu obradu.

2. 3D modeliranje

3D modeliranje je računalna tehnika koja se koristi za prikaz bilo koje plohe ili objekta, točnije to je proces stvaranja matematičkog prikaza trodimenzionalnih oblika. 3D modeli mogu se stvarati ručno ili automatski. 3D modele najčešće stvaraju umjetnici pomoću 3D softvera ili se s fizičkih objekata u računalno skeniraju mreže pomoću specijaliziranog hardvera [4].

Za stvaranje takvih objekata koriste se razni softveri kao što su Maya, Cinema4D, 3ds Max ili Blender, koji je korišten u izradi ovog rada.

Pomoću nekog softvera za 3D modeliranje moguće je manipulirati točke u virtualnom prostoru – vrhove (eng. vertices) kako bi se stvorila mreža (eng. mesh). Točke se postavljaju u 3D mrežu i međusobno povezuju u višekutne oblike, obično četverokute ili trokute te tako nastaje površina 3D objekta. Mreža je ono što čini cijeli objekt te se njenom manipulacijom oblikuju 3D modeli. Neki 3D softveri omogućuju stvaranje 2D slika koristeći proces koji se naziva 3D renderiranje. Također, 3D modele moguće je pretvoriti u stvarne objekte koristeći 3D printanje [3].

2.1. Vrste modeliranja

U području 3D modeliranja postoje tri osnovne vrste tehnika koje se koriste za stvaranje i manipulaciju 3D objekata: poligonalno modeliranje, NURBS modeliranje i subdivizijsko modeliranje.

Poligonalno modeliranje temelji se na prikazu modela kao skupa poligonalnih površina. Ključni element je točka u 3D prostoru, a dvije povezane takve točke tvore rub (eng. edge). Tri povezane točke tvore trokut, koji je najjednostavniji oblik poligona. Mreža se stvara povezivanjem većeg broja poligona zajedničkim točkama, te ona predstavlja model. Ovisno o namjeni modela, neophodno je pažljivo pratiti geometriju i izbjegavati deformacije koje se mogu pojaviti tijekom procesa modeliranja. Uobičajene greške uključuju dupliciranje točaka s istim koordinatama i preklapanje poligona. U većini softverskih alata za modeliranje ovi problemi često nisu jasno naznačeni, te programi obično ne upozoravaju na njih.

Tehnika modeliranja Non-Uniform Rational Bezier Splines (NURBS) koristi matematičke krivulje i površine za prikaz 3D modela. Ova tehnika omogućava stvaranje glatkih površina bez nazubljenih rubova, bez obzira na rezoluciju monitora.

Geometrija NURBS-a temelji se na Bézierovoj krivulji koju softver automatski stvara između kontrolnih točaka (eng. control vertices). Bézierova krivulja koristi matematičku formulu kako bi aproksimirala oblik iz stvarnog svijeta. Svaka krivulja ima definiran svoj početak, kraj i zakrivljenost, pri čemu se stupanj zakrivljenosti određuje prema rasporedu kontrolnih točaka unutar krivulje. Dodavanjem novih točaka omogućava se dodatna manipulacija krivuljom, a da pritom glatkoća i zaobljenost ostanu nepromijenjene.

Subdivizijsko modeliranje površina kombinira elemente NURBS-a i poligonalnog modeliranja. Proces obično započinje poligonalnim pristupom, nakon čega se primjenjuje NURBS metoda za zaglađivanje oštih rubova modela. Subdivizijske površine definiraju se kroz rekurzivni postupak, pri čemu se poligonalne mreže postepeno poboljšavaju, dodajući nove površine i vrhove na 3D model.

Subdivizijske metode obrade površina dijele se na dvije osnovne vrste: interpolacijske i aproksimacijske. Interpolacijske metode moraju zadržati izvorni položaj točaka u mreži, dok aproksimacijske metode mogu prilagoditi položaje točaka prema potrebi. Aproksimacijske metode obično osiguravaju veću glatkoću površine, ali zahtijevaju složeniju optimizaciju u pojedinim koracima [5].

2.2. Primjena

U današnje se vrijeme 3D modeliranje koristi u gotovo svim industrijama. Jedna od najzastupljenijih industrija je razvoj video igara. Kako video igre postaju sve realističnije, potreba za 3D softverom i 3D modelima je sve veća. U modernim video igrama scene, predmeti i ljudi izgledaju vrlo realistično i vjerno prikazuju stvarni svijet.

Filmska industrija također koristi 3D modele i specijalne efekte te se tako stvaraju scene koje bi bilo teško ili nemoguće snimiti u pravom svijetu. Čak i za filmove koji nisu prepuni specijalnih efekata, uobičajeno je da koriste 3D slike kako bi poboljšali izgled i teksture scena.

Područje u kojem je 3D modeliranje od iznimne važnosti je također i arhitektura. Renderiranjem slika moguće je klijentu prikazati prostor iz raznih kutova te on može dobiti bolji dojam kako će projekt izgledati, a prilikom dizajna interijera moguće je vjerno prikazati izgled pod različitim osvjetljenjem. Dodatno, 3D modeliranje omogućava virtualne šetnje 3D prostorom [7].

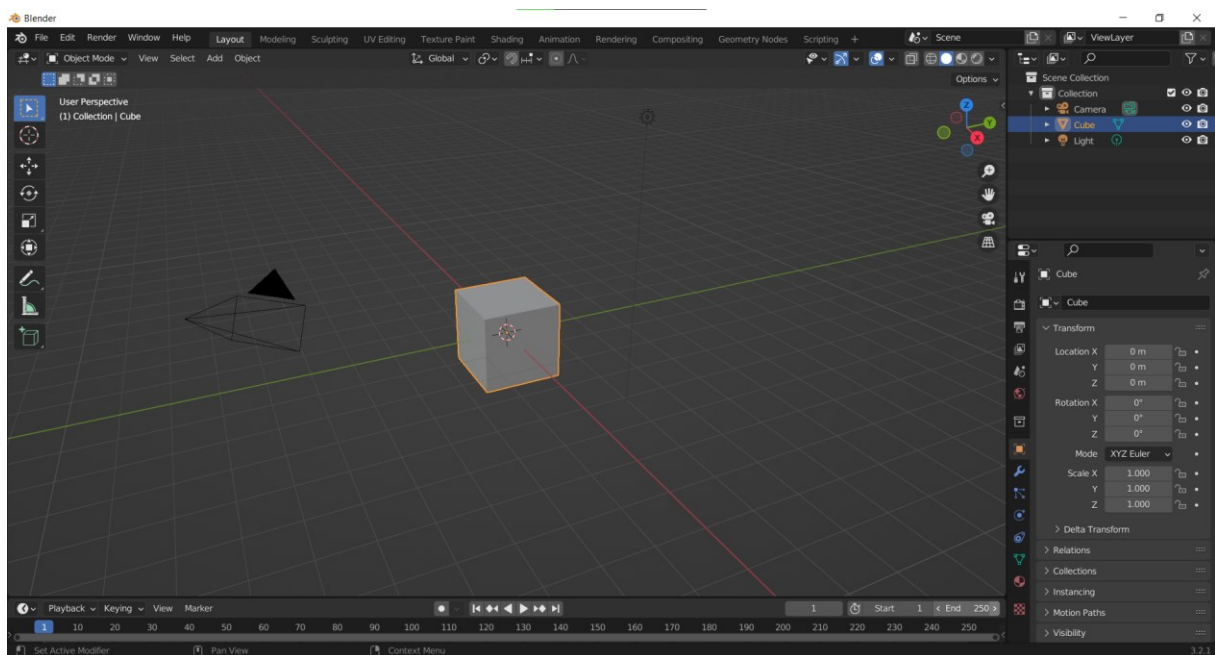
3D modeliranje se sve više koristi i u zdravstvu. Omogućava sveobuhvatan prikaz

ljudske anatomije i identifikaciju anomalija s velikom preciznošću. Primjerice, u području radiologije, moguće je iz slika nastalih računalnom tomografijom ili magnetskom rezonancom rekonstruirati 3D model koji pruža pregled unutarnjih struktura pogledom u 360 stupnjeva. Također, 3D modeliranje omogućava lakšu i precizniju izradu raznih implantata i proteza te rekonstruktivne operacije [8].

3. Blender

Za potrebe ovog rada izabran je softver Blender, besplatni *open-source* alat koji omogućava 3D modeliranje, renderiranje, animaciju, obradu videa, vizualne efekte i razne simulacije. Prilagođen je pokretanju na Linuxu, macOSu i Windowsu. Također, u usporedbi sa ostalim softverima za 3D modeliranje, ima manje zahtjeve po memoriju računala [6].

Korištena je inačica 3.6.2, te je na slici 1 prikazan izgled sučelja nakon pokretanja programa.



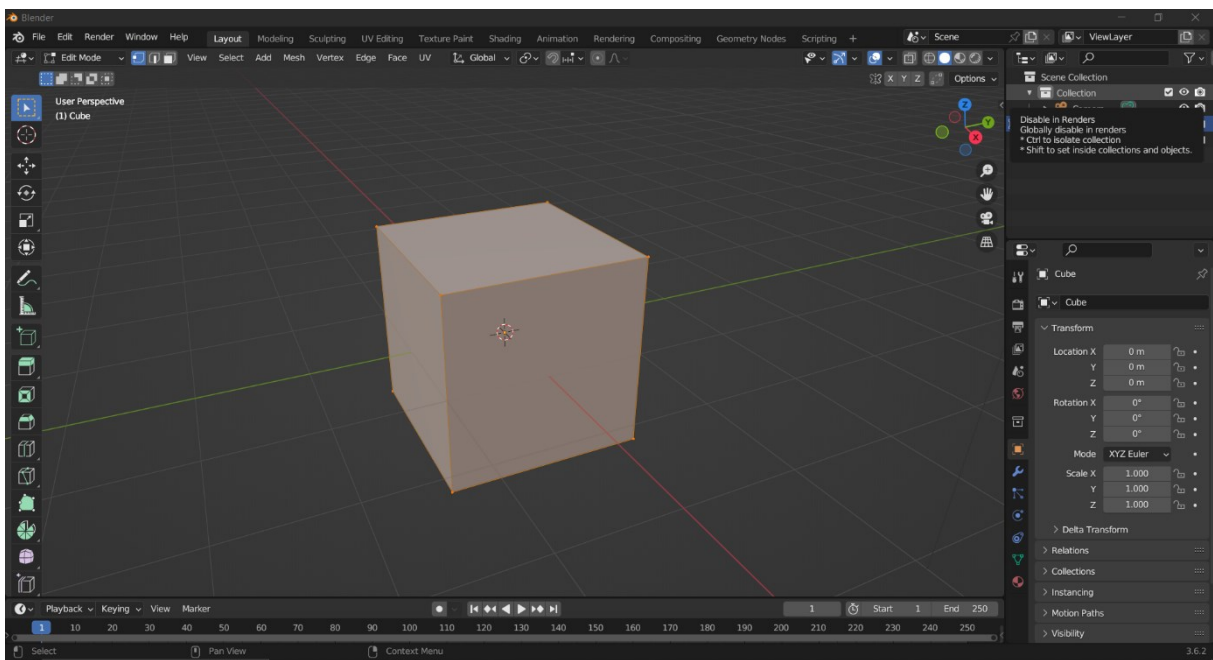
Slika 1. izgled sučelja nakon pokretanja

Najveći dio sučelja zauzima *viewport*, prostor za 3D modeliranje, u kojem se nalazi početni objekt kocke, kamera i svjetlo. Sa strane se nalaze razni alati za uređivanje 3D scene. Sve objekte u prostoru je moguće premještati i rotirati, međutim za manipulirati strukturom samog objekta potrebno je koristiti *edit mode* (način za uređivanje).

4. Izrada 3D modela

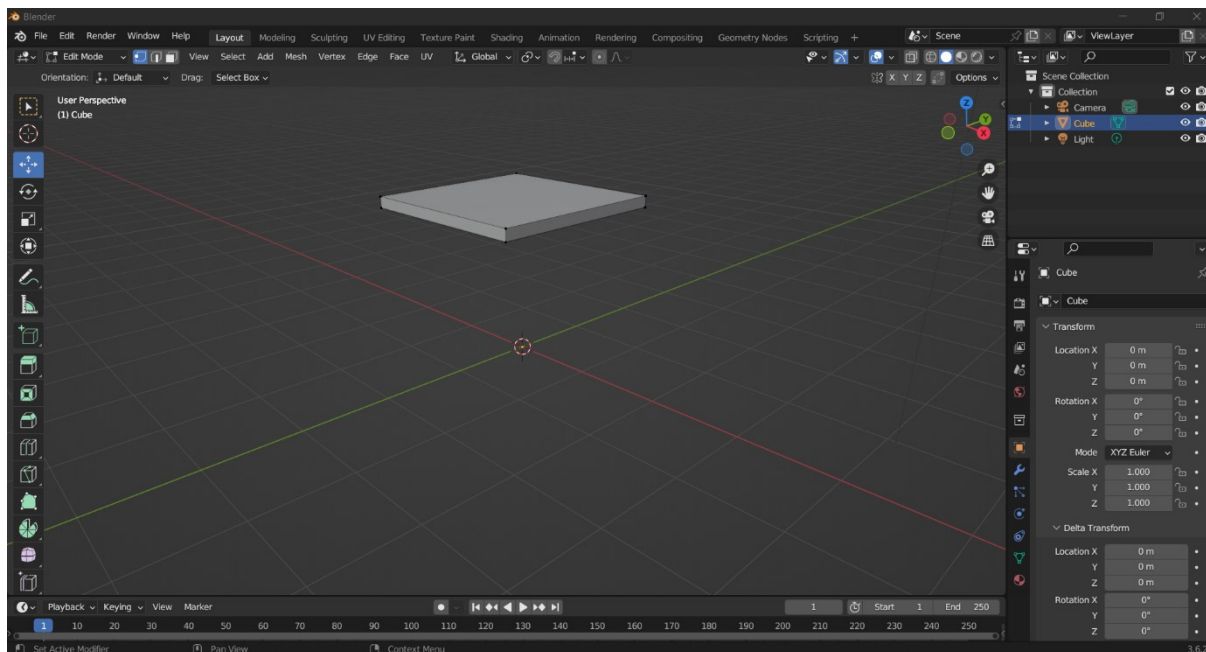
Prvi korak u izradi ovog projekta je stvaranje 3D objekta nad kojim se kasnije mogu primijeniti specijalni efekti. Budući je naglasak rada na dodavanju sjene kao specijalnog efekta, kao predmet modeliranja izabrani su jednostavni stol i dvije stolice, sa ciljem da promjene budu što vidljivije te kako bi pozornost bila usmjerena na primjenu specijalnih efekata, a ne kompleksnost modeliranja 3D objekata.

Za početak, potrebno je prijeći u *edit mode* kako bi se omogućila manipulacija strukture samih objekata.



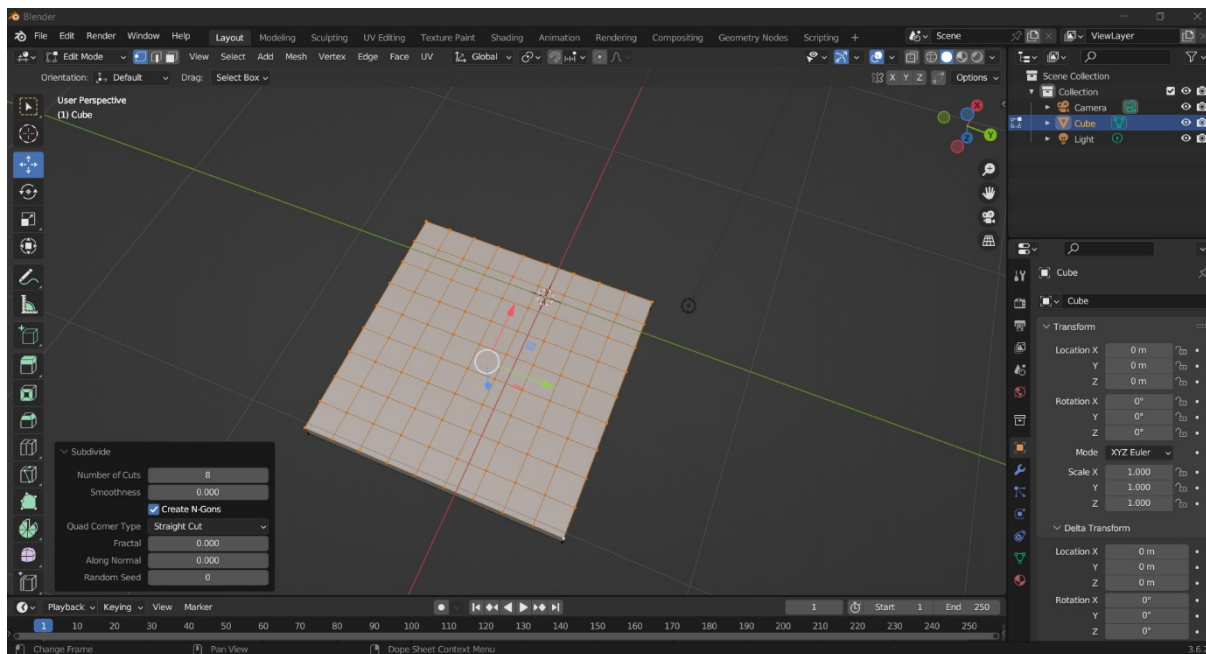
Slika 2. *edit mode*

Kako bi se dobio model stola, iskorištena je kocka koja je automatski generirana pri pokretanju projekta. Označena su gornja četiri vrha kocke, te koristeći alat *move*, cijela gornja ploha je pomaknuta na dolje kako bi se kocka stanjila i tako postala gornja površina stola. U idućem koraku označeni su svi vrhovi te je kompletna površina pomaknuta na gore kako bi se stvorio prostor za dodavanje nogu stola.

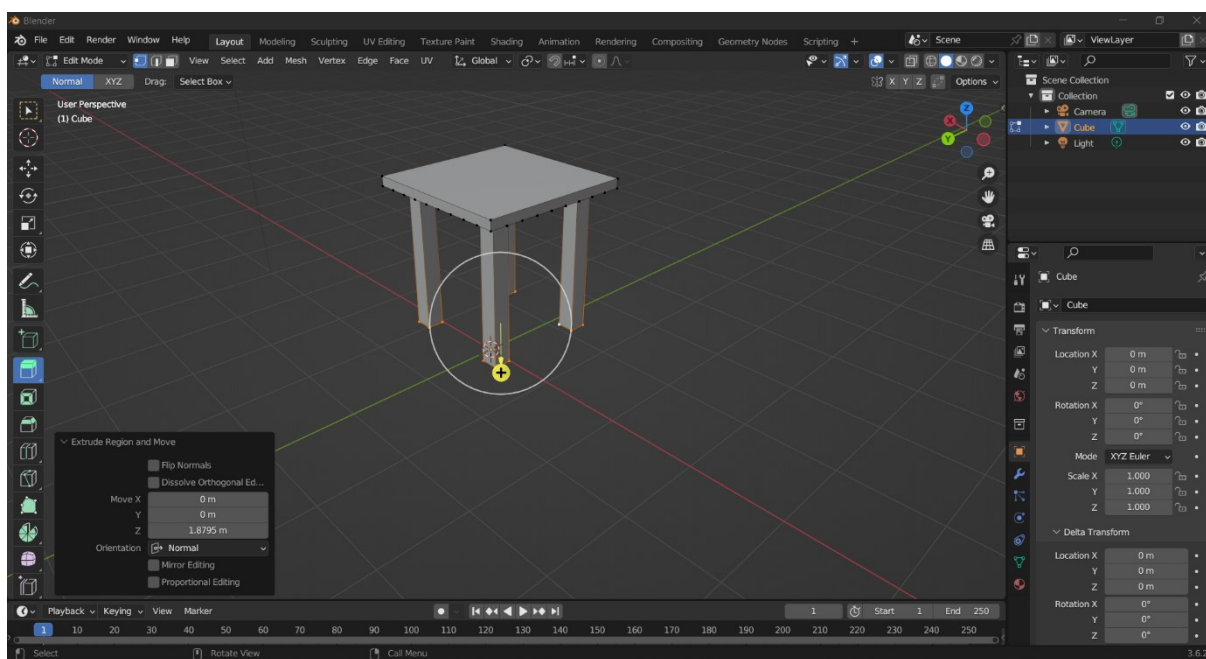


Slika 3. gornja površina stola

Kako bi se omogućila daljnja transformacija ploče stola, prvo je označena cijela donja strana površine, a zatim je korištena opcija *subdivide*. Time je postignuto da je početni kvadrat, donja strana ploče stola, podijeljen na 81 manji kvadrat. Dodano je 9 točaka duž svakog brida, te je njihovim spajanjem nastala mreža. U takvoj mreži moguće je manipulirati svakim zasebnim poligonom. Označeni su drugi po redu kvadratić sa svake strane, gdje će noge stola biti spojene sa njegovom pločom. Tada je uporabljen alat *extrude* kojim su iz tih kvadratića stvorene noge stola, jednostavnim povlačenjem miša prema dolje duž Z osi.



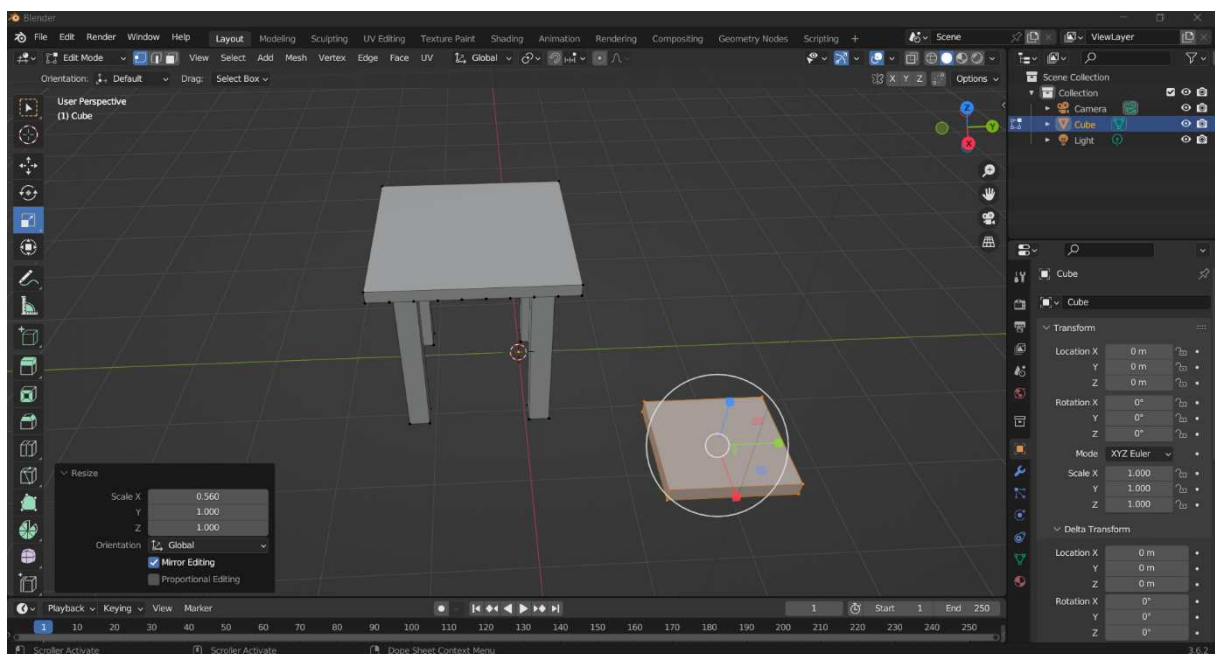
Slika 4. prikaz opcije subdivide



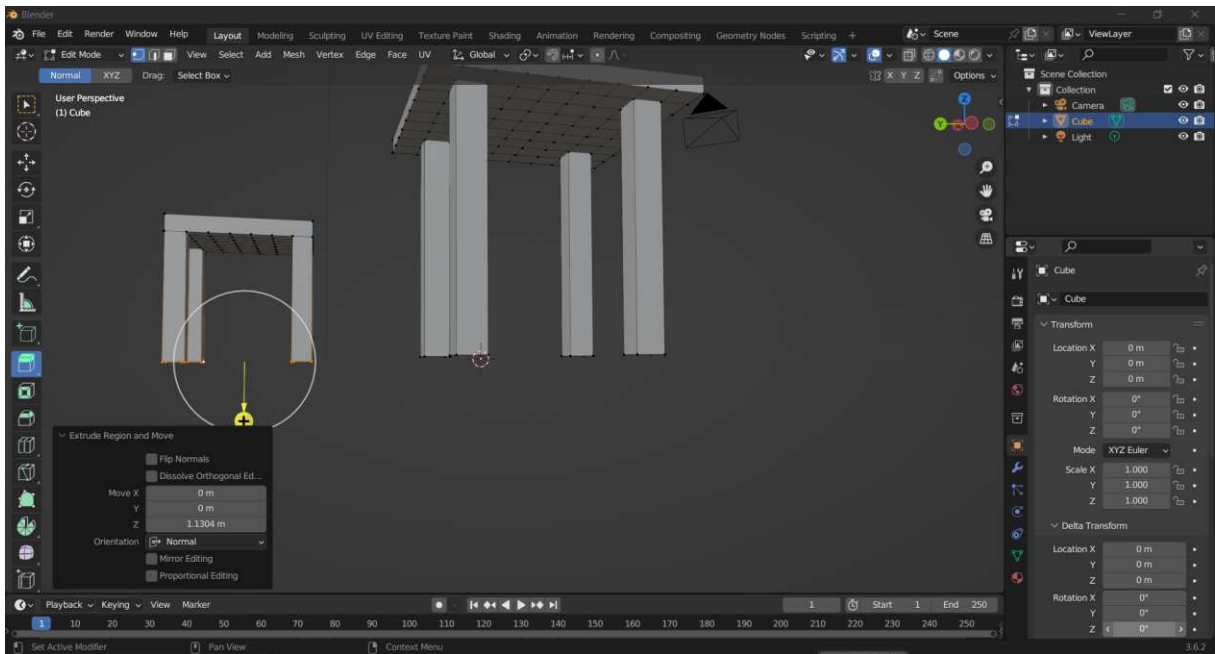
Slika 5. prikaz opcije extrude

Postupak modeliranja stolica je vrlo sličan. Koristeći opciju *add* i zatim *cube*, dobiven je početni objekt kocke. Jednako kao kod modeliranja ploče stola, za stvaranje sjedišta stolice potrebno je prvo označiti gornja četiri vrha te povući pluhu prema dolje kako bi se kocka stanjila, a zatim cijelu kocku korištenjem alata *move* pomaknuti na gore. Ponovo se alatom *subdivide* ploha dijeli na više manjih poligona

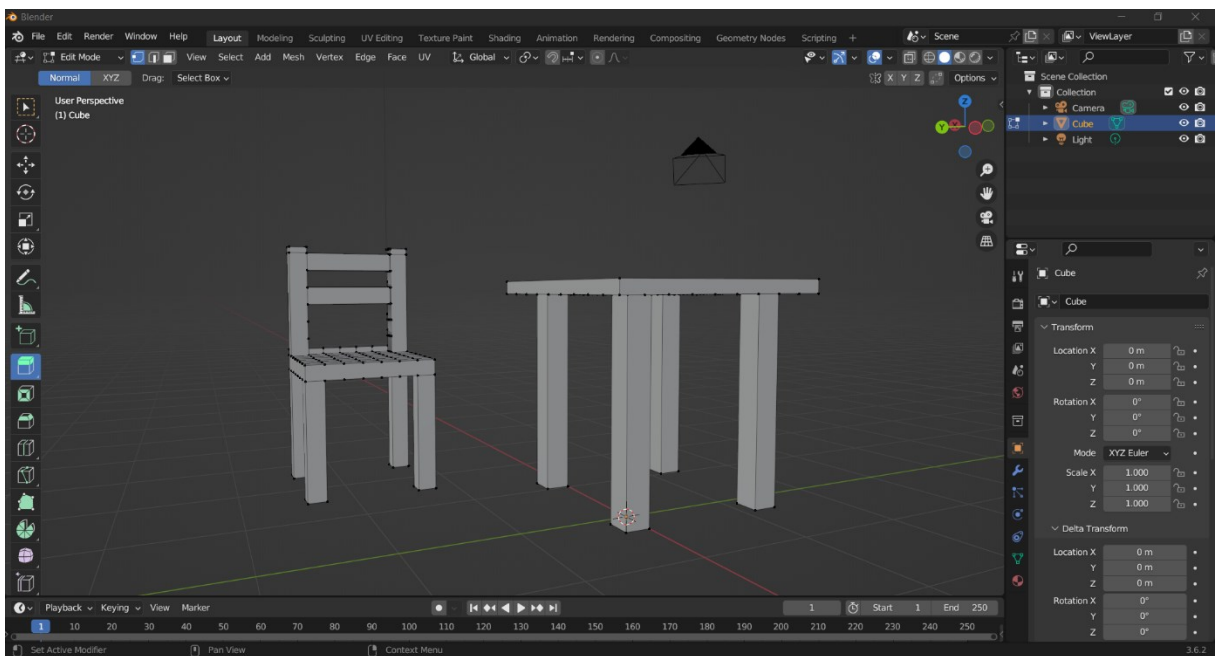
koji se potom mogu transformirati. S donje strane plohe koristi se alat *extrude* nad kvadratićima u njenim krajnjim točkama i povlačenjem ka dolje stvaraju se noge stolice. S gornje strane plohe alat *extrude* primijenjuje se samo na dva krajnja kvadratića jednog brida koji postaju okvir naslona stolice. Plohe ta dva nastala stupca potrebno je ponovo razdijeliti na manje kvadratiće opcijom *subdivide*, kako bi se zatim mogli izvući poprečni dijelovi na naslonu. Po završetku modeliranja stolice, nad cijelim objektom korištena je opcija *duplicate object* kako bi se dobila još jedna identična stolica.



Slika 6. Prikaz modeliranja ploče stolice



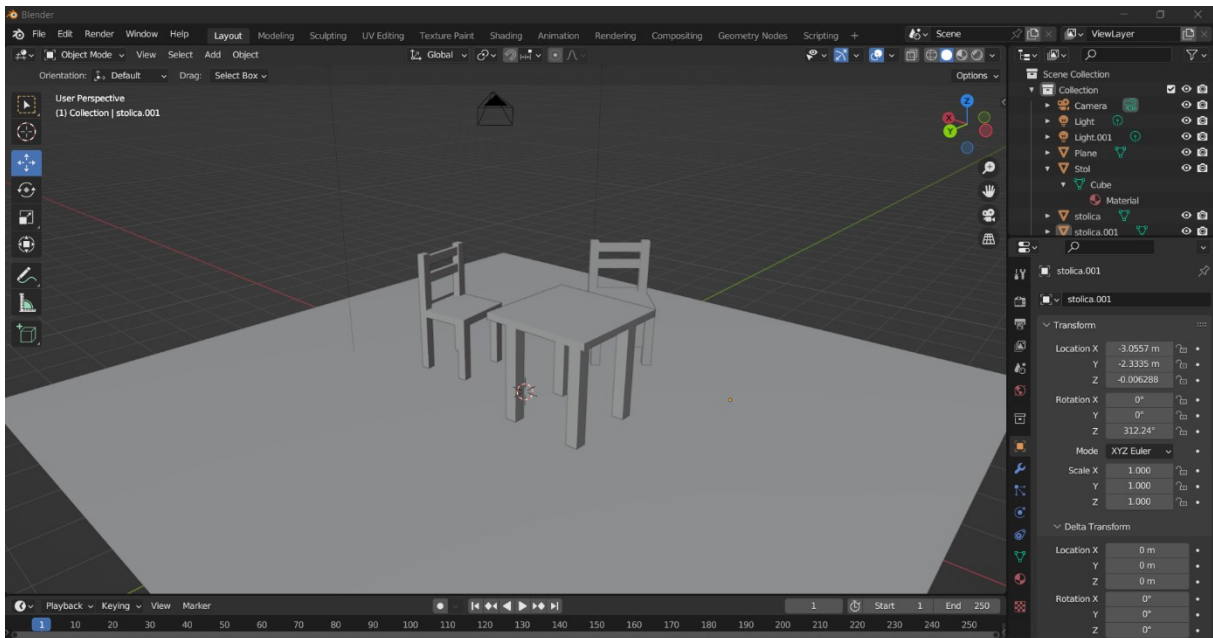
Slika 7. Prikaz dodavanja nogu stolici opcijom *extrude*



Slika 8. Prikaz gotove stolice

Posljednji objekt koji je dodan na scenu je pod. To je učinjeno dodavanjem oblika *plane* te podešavanjem njegovih dimenzija.

Kao završetak ovog dijela, korištene su opcije *move* i *rotate* kako bi stol i stolice bili postavljeni u željeni položaj.



Slika 9. Prikaz svih modeliranih objekata

Kako bi objekti izgledali realističniji, u idućem koraku na njih su aplicirani materijali. Oni osim izgleda objekta definiraju i način na koji se svjetlost od njih odbija. Blender sadrži besplatni dodatak Blenderkit, u kojemu se mogu pronaći besplatni materijali za korištenje. Nakon instalacije Blenderkita, moguće je pretraživati materijale te ih koristiti na objektima. Na pod je dodan materijal pločica, a na stol i stolice drvo.



Slika 10. prikaz dodanih materijala

5. Specijalni efekti

Specijalni efekti dodaju se na objekte i scene u 3D modeliranju kako bi prikaz bio što realističniji te prilagođen za korištenje u filmovima, video igrama i drugim vrstama medija. Specijalni efekti mogu se koristiti kako bi se stvorile realistične pozadine, osobe ili likovi, ali i pojave kao što su eksplozije, gorenje vatre ili kretanje vode.

Za postizanje fotorealističnosti iznimno je bitno osvjetljenje. Njegova manipulacija se koristi kako bi se poboljšao izgled objekata i kako bi se ostvarila željena atmosfera na sceni. Može se reći da je to spoj tehnologije, umjetnosti i kreativnosti. Tehnologija u pozadini softvera simulira svjetlost i sjenu što omogućava objektima da izgledaju stvarni [9].

5.1. Efekt sjene

Na 3D sceni iznimno je važno znati koristiti sjene. One dodaju dubinu sceni i povezuju sve objekte u cjelinu. Bez sjena bilo bi nemoguće odrediti položaj objekata u prostoru i njihovu veličinu. Također, sjene pomažu promatraču shvatiti geometriju objekata, ili čak dijelove objekata koji nisu direktno vidljivi.

Sjene se mogu podijeliti na mekane i jake. Na njihova obilježja utječe udaljenost od izvora svjetlosti kao i njegova intenzivnost.

Mekane sjene stvaraju se kad je izvor svjetlosti veći od objekta. Što je izvor veći i udaljeniji, to će sjena biti mekša i raspršenija te njeni rubovi neće biti previše definirani. S druge strane, jake sjene imaju jasno definirane rubove. One se dobivaju jakim svjetlom, primjerice svjetiljkom, ali nepravilno korištenje takvog svjetla može dovesti do nerealističnog dojma na sceni [10].

Kada je riječ o digitalnoj grafici, postoje tri osnovne tehnike sjenčanja: Flat, Gouraud i Phong.

Flat tehnika kao jedna od najranije razvijenih u računalnoj grafici, najjednostavnija je i najmanje zahtjevna. Koristi samo jedan izračun koji ovisi o kutu vektora okomitog na lice poligona i izvora svjetlosti te se ista boja primijenjuje na cijeli poligon. Ovakva vrsta sjenčanja uzrokuje vidljive rubove poligona te je pogodna za slučajeve u kojima je brzina bitnija od realističnog prikaza.

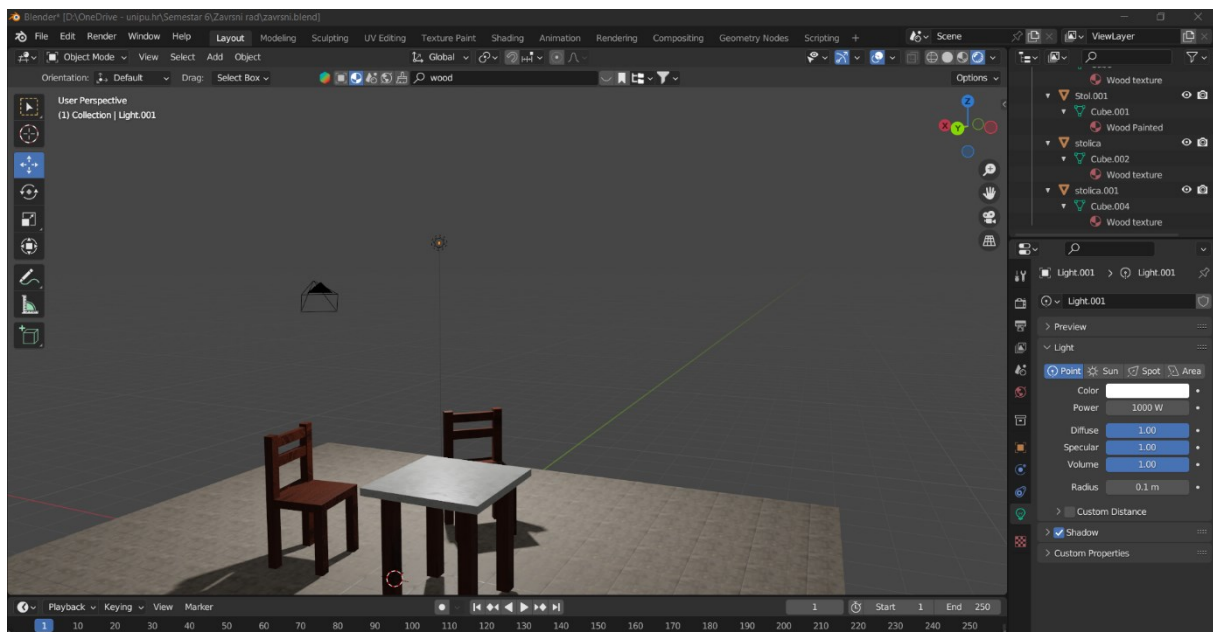
Realističnija tehnika sjenčanja je Gouraud tehnika, koja omogućuje glatkiji prijelaz između boja poligona. Takav efekt se postiže na način da se izračuni obavljaju nad vrhovima poligona, a nad licem poligona stvara se gradijent boje.

Phong tehnika je najzahtjevnija, ali i pruža detaljan i visoko realističan prikaz. Za razliku od prethodne dvije tehnike, izračuni boje se provode posebno za svaki piksel modela. Zbog velikog broja izračuna koji su potrebni, ova tehnika je najsporija, ali se koristi u svrhe gdje je realističnost iznimno bitna poput animiranih filmova i video igara visoke kvalitete [13].

5.2. Dodavanje efekta sjene u Blenderu

5.2.1. Izvori svjetlosti

Već pri pokretanju projekta u Blenderu, na sceni se nalazi točkasti izvor svjetlosti (eng. point light). On emitira jednaku količinu svjetlosti u svim smjerovima, a sjena koju on proizvodi na objektima ovisi o tome koliko je udaljen od njih. Takav izvor svjetlosti može se koristiti u slučaju kad se želi simulirati svjetlost žarulje.



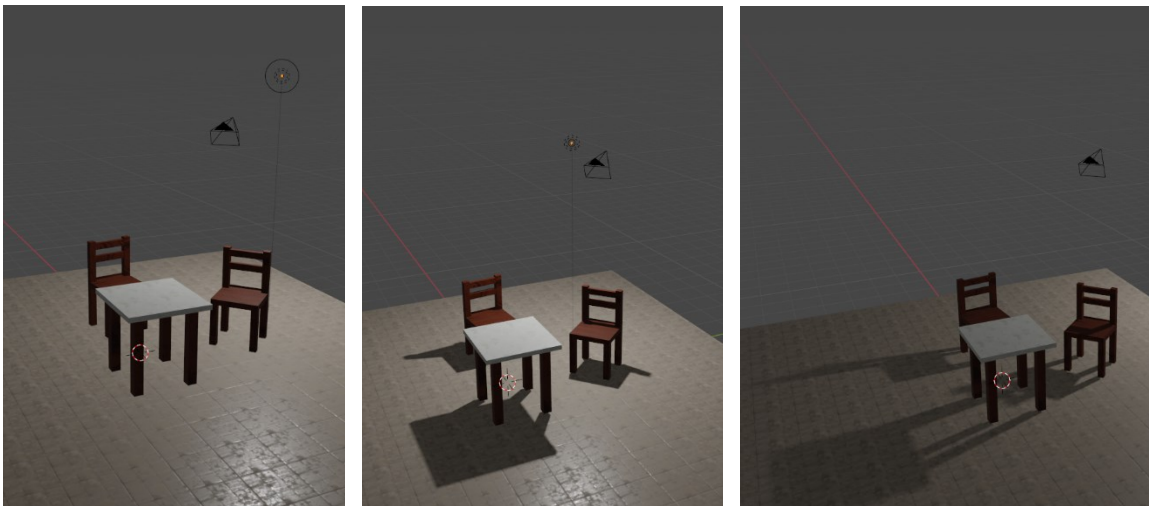
Slika 11. prikaz *point light*-a na sceni

Druga opcija je projekcijski izvor svjetlosti (eng. spot light), koji emitira svjetlost u obliku stošca u određenom smjeru.

Svjetlosna ploha (eng. area light) je još jedna od mogućnosti te simulira svjetlost koja dolazi s TV-a, prozora i slično. Takvo osvjetljenje stvara sjene mekih rubova.

Moguće je dodati i izvor svjetla koji simulira sunce (eng. sun light). On emitira konstantnu jačinu svjetlosti u jednom smjeru, iz neograničene udaljenosti, tj. promjena njegove udaljenosti od objekata ne mijenja njihove sjene [11].

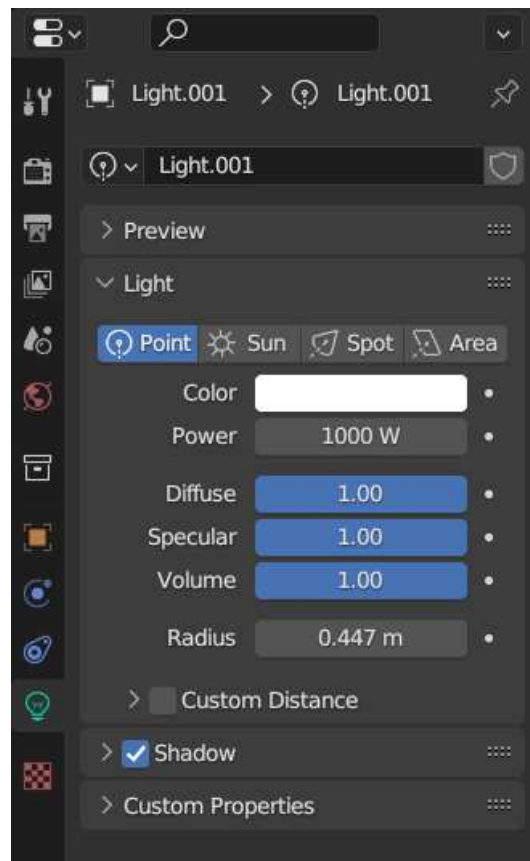
U ovom primjeru korišten je *point light* kao izvor svjetlosti.



Slike 12., 13., 14. usporedba scene bez sjena, s izvorom blizu i daleko

5.2.2. Postavke svjetlosti

Klikom miša na izvor svjetlosti, otvaraju se njegove postavke. Moguće je podesiti boju svjetlosti, ali i njegovu jačinu koristeći opciju *power*. Također, opcijom *radius* određuje se radijus odbijanja svjetlosti od sferičnih objekata.



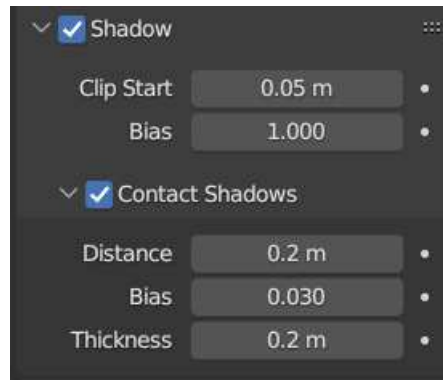
Slika 15. postavke svjetla

Jačina svjetlosti sunca izražena je u jedinici watt po metru kvadratnom, a ostalih izvora svjetlosti je watt.

Ovisno o *render engine-u* koji je izabran, dostupne su različite dodatne postavke. *Render engine* je dio softvera koji omogućuje stvaranje slika iz 3D modela. U ovom slučaju korišten je Eevee koji omogućava interakciju u stvarnom vremenu.

Opcija *specular* određuje intenzitet kojim se izvor svjetlosti odražava u reflektivnim površinama, primjerice zrcalima ili metalima. Ukoliko je postavljena na 0, izvor se uopće neće vidjeti, a najrealističniji prikaz će biti dok je postavljena na vrijednost 1 [12].

5.2.3. Postavke sjene



Slika 16. dodatne postavke sjene

Omogućavanjem opcije *shadow* otvara se dodatni niz postavki. *Clip start* opcija označava udaljenost od koje kreće mapa sjena. Svaki objekt koji je bliži izvoru svjetlosti od odabrane vrijednosti neće imati sjenu. Opcija *bias* određuje koliko će nepravilnosti na površini samog objekta stvarati sjenu [12].

Opcija *contact shadows* koristi se za ispravak "curenja" svjetlosti. Na slikama je prikazana usporedba prije i nakon uključivanja opcije, gdje se može primijetiti kako bez te opcije izgleda kao da stol lebdi.



Slike 17., 18. usporedba bez i sa opcijom contact shadows

5.2.4. Konačni render scene

Nakon postavljanja izvora svjetlosti na odgovarajuće mjesto na sceni te podešavanja postavki, koristeći opcije *move* i *rotate* nad objektom kamere, odabran je kadar koji će biti generiran. Korištena je opcija *render* za generiranje niže prikazane slike.



Slika 19. konačni render scene

6. Zaključak

Iako na prvi pogled dodavanje sjene pri 3D modeliranju može izgledati kao samo mali dio ukupnog procesa, ovaj rad je jasno pokazao koliko važnu ulogu sjene igraju u stvaranju uvjerljivog vizualnog dojma. Pravilno postavljeno osvjetljenje i efekt sjene mogu drastično unaprijediti realnost prikaza i dubinu scene. Njihova odsutnost ili nepravilno postavljanje može rezultirati neprirodnim prikazom i uzrokovati da scena izgleda očito računalno generirana. U slučaju nepravilnog postavljanja sjena, objekti mogu djelovati kao da ne pripadaju okolini, stvarajući dojam da nešto nije u redu s cijelom scenom.

S druge strane, dobro postavljene sjene mogu značajno poboljšati vizualni realizam. Na primjer, pravilna implementacija svojstva *contact shadows* (sjene koje se stvaraju na mjestima gdje objekti dodiruju druge površine) može dodati sloj dubine i realističnosti koji čini cijelu scenu mnogo uvjerljivijom. Ovi sitni ali značajni detalji mogu transformirati cjelokupni dojam 3D modela čime se postiže da je takav računalno generirani sadržaj teško razlikovati od stvarnih fotografija.

Iako je softver Blender poprilično jednostavan za korištenje i prilagođen početnicima, čak i on sadrži velik broj opcija i postavki vezanih uz osvjetljenje i efekt sjene. Uz nekoliko ponuđenih vrsta osvjetljenja, svaka od njih ima nekoliko postavki boje, jačine, raspršenja svjetlosti i slično. Dodatno, *render engine* sadrži još postavki sjene koje je jednako važno ispravno podesiti.

Unatoč tome što tehnologija stalno napreduje i softveri za 3D modeliranje postaju sve sofisticiraniji, izrada 3D modela i dalje ostaje izazov za njihove kreatore. Izrada visoko realističnih prikaza zahtijeva ne samo tehničko znanje o alatima i tehnologijama, već i umjetnički osjećaj i znanje o bojama, svjetlosti i kompoziciji. Stručnjaci u ovom području moraju biti u stanju kombinirati svoje tehničke vještine s kreativnim pristupom. Svaki aspekt modeliranja, od odabira ispravnih parametara do finog podešavanja svjetlosti, igra ključnu ulogu u kvaliteti konačnog proizvoda.

Sažetak

U ovom radu korišten je program Blender kako bi se na praktičnom primjeru prikazalo korištenje specijalnih efekata u 3D modeliranju. Objasnjene su osnove 3D modeliranja i korištenja u raznim aspektima života. U praktičnom dijelu rada prikazan je sam program i njegove funkcionalnosti. Također, prikazan je proces izrade 3D modela od samog početka, korištenje i svrha pojedinih alata te dodavanje materijala. U daljnjem procesu obrade modela prikazana je manipulacija svjetlosti i sjena te se uspoređuju razlike u izgledu modela podešavanjem različitih opcija.

Ključne riječi: Blender, specijalni efekti, 3D model, svjetlost, sjena

Abstract

In this paper the Blender software is used to demonstrate using the special effects in 3D modeling on a practical example. The basics of 3D modeling and various usage in different aspects of life is explained. In the practical part of the paper the software itself and its functions are shown. Furthermore, the process of creating a 3D model from the beginning, usage and purpose of specific tools, and adding materials are shown. In the following processing of the model, manipulation of light and shadows is shown and differences in the appearance by adjusting various options are compared.

Keywords: Blender, special effects, 3D model, light, shadow

Literatura

1. <https://hrcak.srce.hr/file/106569> (09.08.2024.)
2. <https://kid3d-design.com/3d-modeliranje/> (09.08.2024.)
3. <https://conceptartempire.com/what-is-3d-modeling/> (22.07.2022.)
4. Vaughan, W., *[digital] Modeling*, Berkeley, New Riders, 2012.
5. <https://hrcak.srce.hr/file/127863> (09.08.2024.)
6. https://docs.blender.org/manual/en/dev/getting_started/about/introduction.html (24.07.2022.)
7. <https://www.cadcam.org/blog/8-industries-that-3d-modeling-has-revolutionized> (08.08.2024.)
8. <https://shalindesign.medium.com/importance-of-3d-models-in-healthcare-95759111626f> (08.08.2024.)
9. <https://www.openworldlearning.org/exploring-the-wonders-of-3d-modeling-visual-effects-in-the-entertainment-industry/> (19.08.2023.)
10. <https://academyofanimatedart.com/shadow-effects-the-critical-role-that-shadows-play-in-a-scene/#:~:text=Without%20shadows%2C%20we%20cannot%20tell,its%20size%20in%20a%20scene> (19.08.2023.)
11. https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/lights/light_object.html (19.08.2023.)
12. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/eevee/lighting.html> (28.08.2024.)
13. <https://www.baeldung.com/cs/shading-flat-vs-gouraud-vs-phong> (09.09.2024.)