

Digitalno kiparstvo u ZBrushu

Filip, Hrstić

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:211:868105>

Rights / Prava: [Attribution 3.0 Unported](#)/[Imenovanje 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Organization and Informatics - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN**

Filip Hrstić

DIGITALNO KIPARSTVO U ZBRUSHU

ZAVRŠNI RAD

Varaždin, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
VARAŽDIN**

Filip Hrstić

Matični broj: 44096/15–R

Studij: Informacijski sustavi

DIGITALNO KIPARSTVO U ZBRUSHU

ZAVRŠNI RAD

Mentor/Mentorica:

Doc. dr. sc. Zvonimir Sabati

Varaždin, rujan 2019.

Filip Hrstić

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je moj završni/diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onima koji su u njemu navedeni. Za izradu rada su korištene etički prikladne i prihvatljive metode i tehnike rada.

Autor potvrdio prihvaćanjem odredbi u sustavu FOI-radovi

Sažetak

Tema ovog završnog rada je digitalno kiparstvo u programu ZBrush. ZBrush je alat za digitalno skulpturiranje razvijen od strane developera tvrtke *Pixologic Inc.* Svrha rada je detaljno opisati glavne karakteristike i mogućnosti ovog bogatog alata, njegovu široku primjenu te pokazati kako se alatom koristiti u praktičnom dijelu rada. Uz opisni tekstualni dio će biti priložene i odgovarajuće slike na kojima će se moći izravno vidjeti prethodno opisani dijelovi alata ili načini obrade 3D modela. Slikama će biti popraćen i razvoj jedne reprezentativne trodimenzionalne skulpture koja će poslužiti kao model na kojem će se moći prikazati funkcionalnosti ZBrush alata. Naposljetku, nakon pregleda i opisa svih elemenata ovog alata te nakon izrade jedne skulpture (modela), rad će biti završen sa zaključkom u kojem će se opisati rezultati razrade teme ovog završnog rada.

Ključne riječi: ZBrush; digitalno kiparstvo; trodimenzionalno modeliranje; skulpturiranje; teksturiranje; bojanje; renderiranje

Sadržaj

1. Uvod	3
2. 3D Modeliranje.....	4
3. Vrste modeliranja.....	5
3.1 Poligonalno modeliranje.....	5
3.2 NURBS.....	7
3.3 Subdivizijsko modeliranje.....	8
3.4 Patch	9
4. Alati za 3D modeliranje	10
5. ZBrush.....	14
5.1 Opis i osnovne funkcije.....	15
5.1.1 <i>Base Mesh</i> kreiranje.....	15
5.1.2 Skulpturiranje	19
5.1.2.1 3D Brushes	19
5.1.2.2 Subtools	21
5.1.2.3 3D Layers.....	22
5.1.2.4 Surface Noise.....	22
5.1.2.5 Transpose	23
5.1.2.6 Vector Displacement Mesh.....	23
5.1.2.7 Alpha 3D	24
5.1.2.8 Lazy Mouse 2.0.....	24
5.1.2.9 Deformations.....	24
5.1.2.10 HD Geometry	25
5.1.2.11 FiberMesh	25
5.1.2.12 MicroMesh.....	25
5.1.2.13 Instances and Details	26
5.1.2.14 Projection Master	26
5.1.3 Teksturiranje	27
5.1.3.1 <i>Polypainting</i>	27
5.1.3.2 <i>Spotlight</i>	28
5.1.3.3 <i>UV Master</i>	29
5.1.4 Renderiranje.....	30
5.1.5 Animiranje	31
5.1.5.1 Movies.....	31
5.1.5.2 Timeline.....	31
5.1.5.3 Undo History	31
5.1.6 Ilustriranje	32
5.1.7 Uvoz i izvoz objekata	33

5.3 Primjena ZBrush-a.....	34
6. Izrada 3D modela u ZBrush-u	36
7. Zaključak	42
Popis literature	43
Popis slika	44

1. Uvod

Računalna grafika se u današnje vrijeme koristi svakodnevno te gotovo sva računala koriste neku vrstu grafike. Može se reći da ona uključuje sve ono što nije tekst i zvuk, a stvoreno je pomoću računala. Precizno rečeno, računalna grafika je podkategorija računalne znanosti koja proučava metode digitalnog sintetiziranja i manipuliranja vizualnim sadržajem. („3D računalne grafike“, 2019). Računalno stvorenu grafiku u današnje vrijeme pronalazimo u gotovo svim aspektima života, primjerice televizija, novine, vremenska izvješća, itd.

Razvoj računalne grafike započeo je nakon pojave hardvera za računalnu grafiku, sami začeci se bilježe u 50-im godinama prošlog stoljeća. Značajniji napredak događa se 1970-ih godina kada osobna računala postaju sve sposobnija crtati jednostavne i složene oblike. Najpoznatije računalo je svakako Macintosh koje je postalo glavni alat za računalnu grafiku u studijima (Pixar) i za grafičko dizajniranje.

3D grafika također postaje sve popularnija pojavom u videoigrama, multimediji i animaciji 1990-ih godina. To je vrsta računalne grafike koja koristi trodimenzionalno predočenje geometrijskih podataka pohranjenih u računalu zbog svrhe izvođenja izračuna i renderiranja 2D slika. („3D računalne grafike“, 2019). Bitno je istaknuti nekoliko bitnih događaja vezanih uz 3D grafiku, a to je 1995. godina i izdavanje prvog dugometražnog računalno-generiranog animiranog filma. Zatim, 1996. godina i izdavanje videoigre Quake, jedne od prvih cjelovitih 3D igara. Može se reći da su tako otvorena vrata svijetu računalne grafike koja je od tada neizostavna tehnologija u današnjem životu, pogotovo uzmemo li u obzir da je postala sve detaljnija i preciznija sukladno razvoju naprednijih računala i aplikacija za 3D modeliranje.

Proces stvaranja trodimenzionalnih računalnih grafika se može podijeliti na tri glavne faze, a to su: 3D modeliranje koje će se detaljno obraditi u sljedećem poglavlju, kretanje i položaj objekta unutar scene kojeg dočarava animacija te 3D renderiranje čime se stvara slika objekta.

Na temelju navedenog se može primjetiti važnost i učestalost računalne grafike u svakodnevnom životu što objašnjava motivaciju studenta za odabir ove teme. U idućim poglavljima će se obraditi već spomenuto 3D modeliranje te korištenje alata za digitalno kiparstvo, ZBrush.

2. 3D Modeliranje

Kao što je već spomenuto, zahvaljujući napretku računalnih tehnologija 3D grafika više nije rezervirana samo za jake filmske studije i za urede koji se bave razvojem igara, došla je do širih masa, do svakoga tko ima računalo koje ispunjava minimalne tehničke zahtjeve. Također, više se ne koristi samo u filmskoj industriji i u industriji videoigara, nego se redovito koristi i u automobilskoj industriji, u marketingu, u arhitekturi, u medicini, pogotovo u dizajniranju proizvoda i slično.

3D modeliranje je proces kreiranja matematičke reprezentacije nekog trodimenzionalnog objekta koristeći se specijaliziranim softverom („3D modeling“, 2019). Krajnji rezultat modeliranja je 3D model, a osoba koja se time bavi se naziva 3D umjetnik. Model može biti prezentiran kao dvodimenzionalna slika iz jedne perspektive procesom renderiranja ili korišten u računalnoj simulaciji. Također, model može biti izrađen koristeći uređaje za 3D printanje.

U suštini, 3D modeliranje je jedan od najzahtjevnijih oblika bavljenja računalnom grafikom, a može se zamisliti kao stvaranje objekta pomoću poligona, ili jednostavnije, slaganje geometrijskih likova tako da u konačnici izgledaju kao željeni objekt. Kada se tako opiše 3D modeliranje teško se može pojmiti da je „slaganjem kockica“ moguće postići fotorealistične modele. (*Slika 1.*).



Slika 1: Životni ciklus 3D modela (*Uvod u 3D modeliranje*, Preuzeto 08.08.2019)

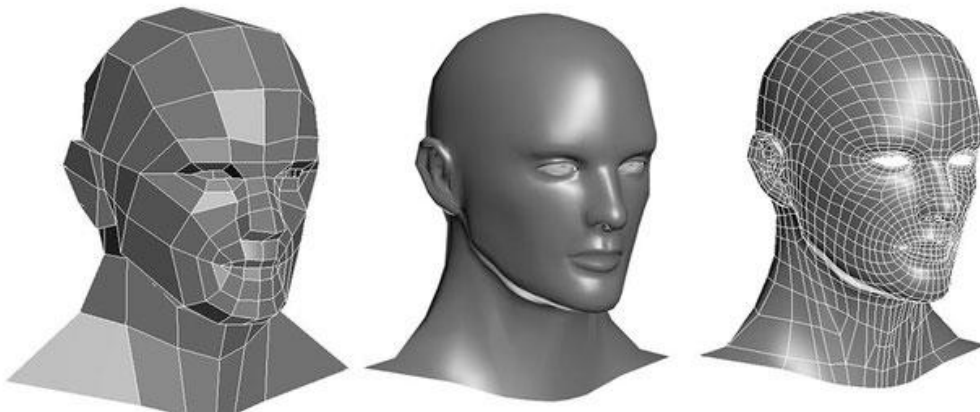
3. Vrste modeliranja

Postoji mnogo tehnika 3D modeliranja, a neke od njih su posebno popularne i biti će obrađene u nastavku ovog poglavlja. Tako će biti istaknuto poligonalno modeliranje, NURBS modeliranje, subdivizijsko modeliranje, a spomenuti će se i takozvano *Patch* modeliranje ili modeliranje zakrpom (eng. *patch*). Ti načini modeliranja posebice utječu na brzinu izrade završnog proizvoda, ali bitno je da ne utječu na njegovu kvalitetu.

3.1 Poligonalno modeliranje

Kao što se može pretpostaviti iz samog naziva, poligonalno modeliranje se bazira na manipulaciji velikog broja poligona. Dakle, svaki oblik vidljiv na ekranu je zapravo niz povezanih poligonalnih površina. Svaki poligon se sastoji od određenog broja točaka (eng. *vertex*), a svaku točku može se pojmiti kao temeljnu sastavnicu 3D prostora. Dvije povezane točke čine linije, odnosno rub (eng. *edge*), a tri povezane točke sačinjavaju najjednostavniji poligon, trokut (eng. *triangle*). Osim trostranog poligona (često nazivan i „tris“) 3D umjetnici vrlo često koriste i četverostrane poligone (takozvani „quad“). Nadalje, grupa poligona povezana zajedničkim rubnim točkama se naziva model (eng. *mesh*) („Uvod u 3D modeliranje“, 2018).

Može se primjetiti kako izgleda poligonalno modeliranje u praksi (*Slika 2.*). Gomila spojenih poligona koji međusobno tvore relativno realističan model. Budući da su poligoni planarni geometrijski oblici, za stvaranje dojma zakrivljenosti potrebno je koristiti mnogo više poligona. Logično je za pretpostaviti da je kvaliteta modela proporcionalna broju poligona, što se više poligona koristi to će model izgledati glatko i „mekše“ (eng. *smooth*), a time i realističnije.



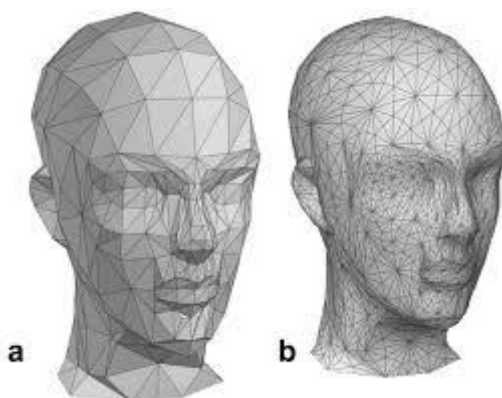
Slika 2: Poligonalno modeliranje (*Methods of 3D modeling*, Preuzeto 10.08.2019)

Ukratko će se navesti najbitniji algoritmi poligonalnog modeliranja: *Combine* algoritam spaja dva ili više poligona u jedan model, *Separate* radi suprotno i rastavlja model na manje dijelove, *Smooth* zaglađuje površine modela, *Triangulate* generira trostrane poligone, a *Quadrangulate* generira četverostrane, *Fill Hole* popunjava prazninu u modelu, *Make Hole* stvara prazninu u modelu, dok *Create Polygon* omogućuje stvaranje poligona. (Bernik, 2010).

Zahvaljujući napretku tehnologije 3D umjetnici i dizajneri imaju mogućnost koristiti nezamislivo više poligona nego nekada ranije. Primjerice, japanska kompanija Square Enix koja se bavi razvojem videoigara (zaslužni su za razvoj poznatog serijala Final Fantasy) u svojim scenama koristi modele i objekte sastavljene od preko 60 milijuna poligona. Upravo zbog fleksibilnosti prilikom poligonalnog modeliranja i brzine koja je potrebna da računalo renderira modele, poligonalno modeliranje možemo osloviti kao napredan pristup za stvaranje 3D modela za filmove i videoigre.

Međutim, korištenje abnormalno velikog broja poligona je preporučljivije za filmove, ne toliko za videoigre. Unatoč tome što broj poligona utječe na realističnost modela (*Slika 3.*), ponekad veliki broj poligona može uzrokovati neefikasnost i utjecati na „mekoću“ igranja, pod time se misli da računalo ponekad neće biti sposobno renderirati tako veliki broj poligona i uzrokovati će štekanje i zaleđivanje ekrana. Zbog toga *game developeri* i korisnici videoigara nerijetko traže načine za smanjenje broja poligona u 3D modelu u svrhu fluidnijeg igranja videoigara.

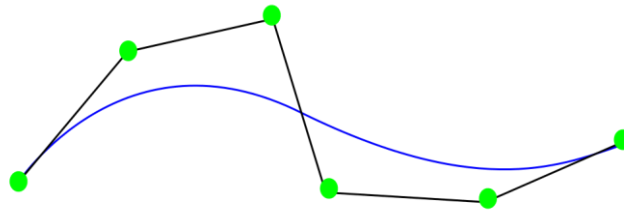
Korisnik koji stvara 3D model mora biti stručan i jako dobro poznavat alat u kojem radi. Često se znaju dogoditi sitne greške prilikom izrade modela koji se teško mogu primjetiti u samom programu za modeliranje, primjerice preklapanje poligona ili da dvije ili više točki imaju jednake koordinatne vrijednosti. Ponekad takve stvari mogu proći nezapaženo i bez posljedica, ali ponekad područje primjene modela može biti mnogo ozbiljnije pogotovo kod vojnih simulacija, medicinskih potreba i visokokvalitetnih laserskih ispisa.



Slika 3: Utjecaj broja poligona (*Different Techniques Used for 3D Modeling*, Preuzeto 08.08.2019)

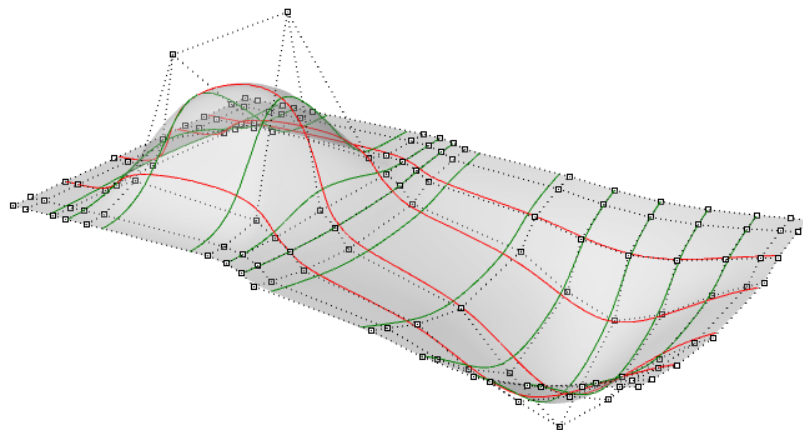
3.2 NURBS

NURBS je kratica koja označava *Non-Uniform Rational Basis Spline* ili *Non-Uniform Rational Bezier Splines*. To je matematički model koji se često koristi u računalnoj grafici za prikaz krivulja i površina. Omogućava veliku fleksibilnost i preciznost za analitičke izračune (površine definirane matematičkim formulama) i za modelirane oblike. („*Non-uniform rational B-spline*“, 2019).



Slika 4: NURBS krivulja (*Non-uniform rational B-spline*, Preuzeto 12.08.2019)

Za razliku od poligonalnog modeliranja, korištenjem ove tehnike dobiva se glatka površina bez oštih rubova, neovisno o veličini monitora i rezoluciji. To je rezultat geometrije bazirane na Bezierovoj krivulji (Slika 3.). Nju program iscrtava automatski između kontrolnih točki ili vrhova (eng. *control vertex*, CV). Dakle, svaka krivulja ima početak, kraj i zakrivljenost. Na zakrivljenost krivulje se utječe mijenjanjem i dodavanjem kontrolnih vrhova, nakon što se doda kontrolni vrh, dobiti će se nove točke za manipulaciju, ali neće se narušiti glatkoća niti zaobljenost krivulje. Te točke mogu se zamisliti kao parametar „težine“ jer će povećanjem težine kod jedne kontrolne točke približiti krivulju istoj. Ako se zamisli komad papira kojem su kutovi kontrolne točke, primjenom pritiska na sredinu papira će se uzrokovati zaobljenost što je upravo taj parametar „težine“ kod NURBS modeliranja.



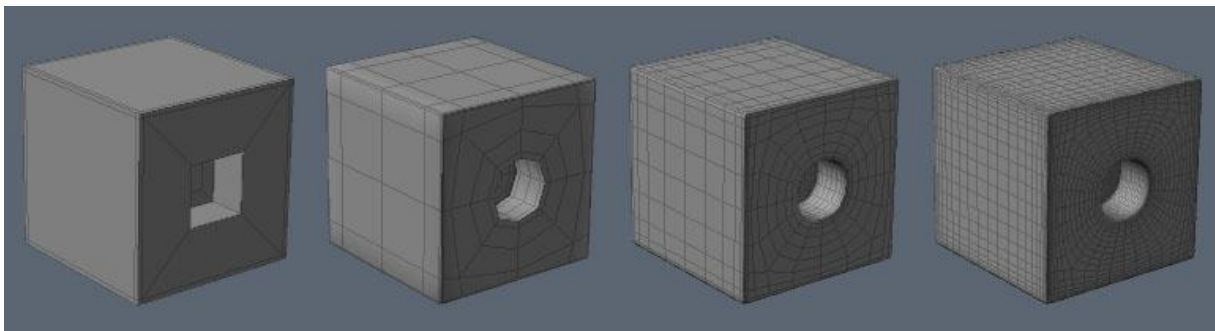
Slika 5: NURBS modeliranje (*Uvod u 3D modeliranje*, Preuzeto 12.08.2019)

NURBS modeliranje ima nekoliko značajnih prednosti u odnosu na poligonalno modeliranje. Glatke površine i deformacije se dobivaju puno lakše i jednostavnije i to upotrebom samo nekoliko kontrolnih vrhova jer se NURBS modeliranje bazira na interpolaciji krivulja. Ovom tehnikom je olakšano i teksturiranje te se s lakoćom može pretvoriti u sve ostale metode modeliranja. Vrlo je korisno kod organskog modeliranja i u automobilske industriji gdje automobili moraju imati zakrivljene oblike i linije zbog postizanja boljih aerodinamičkih svojstava.

Međutim NURBS modeliranjem može biti otežana 3D percepcija, spajanje više modela može biti iznimno komplicirano kao i rad na velikim teksturiranim scenama.

3.3 Subdivizijsko modeliranje

Ova vrsta modeliranja je kombinacija NURBS i poligonalnog modeliranja. Modeliranje najčešće započinje kao poligonalno nakon čega se koristi matematika NURBS-a zbog zaglađivanja rubova modela. Takav način rada je kompleksniji i obično ga ne koriste početnici. Dakle, dobivene poligonalne mreže se usavršavaju i modificiraju pomoću NURBS-a, dobivajući nova lica i vrhove na 3D modelu. Teoretski se ovaj proces podjele poligona može izvoditi u beskonačnost, no u stvarnom životu primjena je ograničena. („Uvod u 3D modeliranje, 2018).



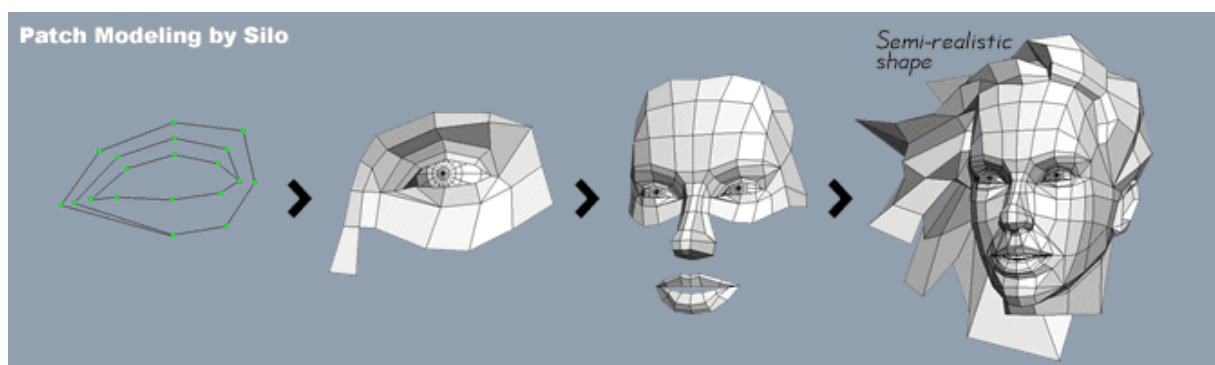
Slika 6: Primjer subdivizijskog modeliranja (*Subdivision: The Basics*, 01.08.2008.)

Subdivizijsko modeliranje zahtjeva puno više računalnih resursa i memorije, stoga je preporučljivo subdivizijske modele konvertirati u poligone i u NURBS. Unatoč tome, subdivizijsko modeliranje omogućava brzo stvaranje glatkih i zaobljenih površina te korisnik ima mogućnost prebacivanja iz poligonalnog u subdivizijski način rada. Također, ovakvi modeli se ne deformiraju i ne odvajaju čime je omogućena daljnja manipulacija zaobljenih površina.

Ovime su nabrojana tri najbitnija načina modeliranja, a kako bi se zaključila priča ukratko će se i usporediti. Osnovni element u poligonalnom modeliranju je poligon, u NURBS je krivulja, a u subdivizijskom je kombinaciju tih dvaju elemenata. Kvaliteta zaobljenosti površina nije visoka jedino u poligonalnom modeliranju gdje ju možemo ocijeniti kao srednje kvalitetnu, ali s druge strane ta tehnika prednjači u potrošnji resursa gdje je potrošnja manja nego u druge dvije tehnike kao i u kraćem vremenu renderiranja. Također, težina teksturiranja je najlakša u toj metodi rada, dok je u ostale dvije teksturiranje srednje teško. Mogućnost animiranja i povezivanja modela su također bitne stavke koje nisu toliko visoke kod NURBS modeliranja, za razliku od poligonalnog i subdivizijskog gdje su te mogućnosti označene kao visoke. Za kraj, preferirani objekti se razlikuju za svaku metodu, kod poligonalnog su to kruti objekti oštarih kutova, kod NURBS su zaobljeni i organski objekti, a kod subdivizijskog ponovno kombinacija prvih dviju metoda.

3.4 Patch

Poglavlje o vrstama 3D modeliranja će se završiti s još jednom, slabije poznatom metodom modeliranja koja se zove *patch* modeliranje. Naime, to je tehnika modeliranja linijama u kojoj se više samostalnih linija spaja u 3D površinu koja se može nazvati zakrpom (eng. *patch*). Spajanjem više takvih zakrpa dobivamo 3D model, to možemo zamisliti kao šivanje odjeće od više komada tkanine. Površine ovakvih modela se mogu lako dodatno obraditi, a sami modeli su vrlo slični *meshu*. Prednost je također što se većina objekata lako može prebaciti u ovaj *patch* format.



Slika 7: Primjer *patch* modeliranja (*Modeling for Low-poly Character*, Preuzeto 12.08.2019)

4. Alati za 3D modeliranje

Kao što je već spomenuto, svijet 3D modeliranja nije više rezerviran za filmske studije i urede za razvoj videoigara. Računala su snažnija nego ikada, a konstantno se razvijaju i poboljšavaju alati za 3D modeliranje koji upravljaju tom snagom računala. U ovom poglavlju će biti opisana četiri najpoznatija alata, a to su: Maya, Blender, Cinema 4D i 3D Studio Max. Alat za digitalno skulptuiranje, ZBrush, će biti ostavljen za kasnije i njemu će se posvetiti zasebno poglavlje.

Svijet filmske industrije slovi kao glavni pokretač i pionir u 3D tehnologiji, a ova četiri programa se i danas najčešće nalaze u filmskim studijima. Koriste se za izradu specijalnih efekata i raznih objekata, uz što se vezuje pojam *CGI (Computer Generated Imaging)*. Međutim, ovi alati se koriste i u mnogim drugim industrijama. Prvo što pada na pamet su videoigre na koje je razvoj 3D modeliranja najviše utjecao, drastično im promijenivši izgled unazad nekoliko desetljeća. Osim industrije videoigara, osobita primjena 3D tehnologija nalazi se u automobilskoj industriji gdje su one postale standard, a moderna automobilska industrija nezamisliva bez 3D modela.

Spomenutim alatima koriste se i takozvani *product* dizajneri kojima je 3D dizajn i modeliranje omogućilo nemjerljivo brži razvoj prototipa te vizualizaciju završnog proizvoda. Time je umjetnost oblikovanja proizvoda dobila sasvim novo značenje, ubrzala i modernizirala proces proizvodnje (modeli se odmah mogu koristiti kao odljevi za proizvod ili printati putem 3D printera), a i činjenica da 3D modeli privlače višestruko više korisnika dovoljno govori o bitnosti alata za 3D modeliranje u dizajniranju proizvoda. Svijet moderne arhitekture također se promijenio upotrebom spomenutih alata, omogućena je izrada maketa, brza i realistična vizualizacija prostora i zgrada, a posao oko preinake dizajna jednostavan i efikasan. Vrijedi istaknuti i upotrebu ovih alata u svijetu medicine gdje je izrada odljeva i modela za razna prostetska pomagala drastično poboljšala medicinske standarde, veća je brzina i efikasnost izrade te iznimo precizna milimetarska izrada samih modela.

Blender je besplatan i *open-source* 3D softver za računalnu grafiku. Koristi se za stvaranje animiranih filmova, vizualnih efekata, videoigara, za kreiranje modela koji se printaju 3D printerima te kao umjetnički alat. Vrlo je popularan zato što je jedini profesionalni alat koji je besplatan i otvorenog koda (*open-source*), programski kod i svi dodaci su otvorenog tipa i vidljivi svima.

Krase ga dostupnost i preglednost, gomila instrukcija i tutorijala na stranici, kao i velik *community*, odnosno online zajednica spremna pomoći i odgovoriti na sva pitanja. Zbog navedenih osobina posebno je koristan u *indie game development* studijima, a dodatak je i što

ima ugrađen *engine* za pokretanje igara. Ima ugrađen sustav filmske montaže, mogućnost animiranja dima, tekućina i čestica pa je tako našao i mjesto u filmskoj industriji. Kada govorimo o korištenju Blendera u filmu neizostavno je spomenuti film *Elephants Dream*, prvi *open-source* film na svijetu, premijerno prikazan 2006. godine i film *Sintel* čiji kadar možemo vidjeti ispod (Slika 8.).

Prvi veliki profesionalni projekt gdje se koristio Blender je film *Spider-Man 2*. Osim mnogih filmova i serija, kao što su *Captain America*, *Wonder Woman*, Oskarom nominiran film *The Secret of Kells*, *Next Gen*, i tako dalje, Blender se koristio od strane NASA-e za izradu javnih 3D modela. NASA je koristila blender i za razvoj interaktivne aplikacije *Experience Curiosity* čija je namjena upravljati vozilom na Marsu, *Curiosity Roverom*.



Slika 8: Screenshot iz filma *Sintel* (4 najpopularnija programa za 3D modeliranje, Preuzeto 15.08.2019)

Maya ili punim imenom Autodesk Maya je softver za izradu 3D modela koji se primarno koriste u filmu, videoigrama i arhitekturi. Uvjerljivo vodi u utrci programerskih rješenja za 3D animaciju jer je veoma moćan alat. Zbog svojih vrhunskih grafičkih mogućnosti s kojima modeli izgledaju zadivljujuće realno, Maya je prilično skup alat. Jedna od najprepoznatljivijih karakteristika ovog softvera je iznimno kvalitetna simulacija mišićne mase ispod kože likova, takozvani *muscle rigging*. Zbog toga ne iznenađuje koliko likovi napravljeni u Mayi mogu izgledati realno makar se radilo o bićima iz bajki ili iz znanstvene fantastike, dovoljno se sjetiti

realističnih likova iz filma *Avatar*. Cijena korištenja Maye od gotovo 2000 eura svrstava ju u profesionalne alate namijenjene većim studijima, a ne toliko za *indie* timove i početnike.

Portfolio projekata rađenih pomoću Maye impresivan je kao i Blenderov. Na popisu se nalaze gigantski projekti kao *Avatar*, *Lord of the Rings: The Two Towers*, *Spider-Man*, *Ice-Age* i *Star Wars: Episode II*. Postoji i podatak da je Autodesk Maya korištena u svakom filmu koji je dobio akademsku nagradu za vizualne efekte od 1997. godine.

3D Studio Max je softver najpoznatiji po svojoj primjeni u svijetu videoigara. Također ga krasi vrhunske sposobnosti što se tiče modeliranja i fleksibilna „*plug-in* arhitektura“. Osim visokokvalitetnog „*character-modelinga*“ poznat je i po odličnom prikazu dinamičkih pokreta u trodimenzionalnom okruženju, kvalitetnom sjenčanju i realističnoj obradi svjetlosti u prostoru. Iz toga se da lako naslutiti zašto je 3D Studio Max tako popularan i kod arhitekata i dizajnera (Slika 9.), jer zajedno s alatima za renderiranje daje nevjerojatne fotorealistične prikaze. Tako moćan i koristan alat ima i svoju cijenu od otprilike 2000 eura godišnje pa se njime više koriste jači filmski i *game-dev* studiji, veće arhitektonske tvrtke i dizajneri interijera.

3D Studio Max također je korišten u stotinama filmova, a vrijedi istaknuti veće projekte poput: *Avatar*, *The Curious Case of Benjamin Button*, *The Green Mile*, *Planet of the Apes*, *Transformers*, *Harry Potter*, *X-Men*, *Iron Man*, *Spider-Man 3*,... Jedna od najpoznatijih videoigara na svijetu, *Grand Theft Auto* također može zahvaliti 3D Studio Max-u, kao i igre iz serijala *Call of Duty*, *Uncharted 4*, *Dragon Age*, *For Honor* i tako dalje.



Slika 9: Arhitektonska vizualizacija (4 najpopularnija programa za 3D modeliranje, Preuzeto 15.08.2019)

Cinema 4D je alat osmišljen primarno za filmsku i TV produkciju. Daleko je najlakši program za učenje zbog svoje intuitivnosti i jednostavnog dizajna. Zato se Cinema 4D preporuča novijim korisnicima, a posebno onima koji su već ranije radili u 3D animaciji, jer je početak rada u njemu relativno jednostavan. Cinema 4D posjeduje razne moćne značajke poput sustava za simulaciju fizičkih zakona, ima sposobnosti da 3D modele uvjerljivo i detaljno teksturira, posjeduje naograničenu mrežu za renderiranje.

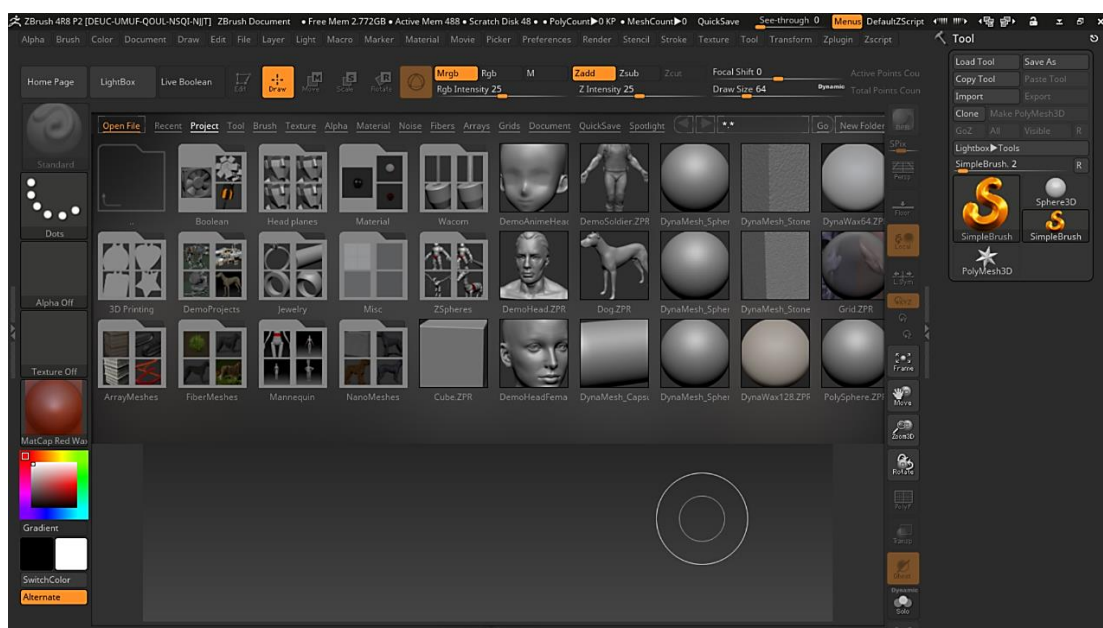
Radovi napravljeni pomoću alata Cinema 4D mogu se vidjeti gotovo svakodnevno, promidžbeni materijal britanske TV-kuće BBC, mnoštvo TV reklama: *Coca-Cola*, *Volvo*, *Carlsberg*, *Nestle*,... Veliki broj filmova također može zahvaliti ovom softveru: *Inception*, *Spider-Man 3*, *Chronicles of Narnia*, *The Polar Express*, *The Girl with the Dragon Tattoo*, *The Golden Compass*, itd. Grafički materijal iz europskih natjecanja u pjevanju *Eurovision* i *Junior Eurovision* također je nastao pomoću Cinema 4D.

5. ZBrush

Program koji je posebno izdvojen bavi se granom računalne grafike koja se zove digitalno kiparstvo. Digitalno kiparstvo može se opisati kao korištenje softvera koji omogućava na bilo koji način manipulirati digitalnim objektom kao što je glina u stvarnom životu, recimo guranje, povlačenje, zaglađivanje, hvatanje, štipanje „digitalne gline“. Alati za digitalno skulpturiranje pružaju mogućnost stvaranja i najsitnijih detalja ostvarujući tako hiperrealistične rezultate koji bi bili neostvarivi upotrebom uobičajenih alata i tehnika za 3D modeliranje. 3D skulpturiranje najviše se koristi za razvoj organskih modela s mnogo krivulja i neravnih površina. Koristi se u industriji videoigara za kreiranje modela, koji se na ovaj način dovode do gotovo savršenstva što se tiče realističnosti prikaza, a program kao što je ZBrush omogućava i integraciju *workflowa* s ostalim, tradicionalnim alatima za 3D modeliranje i renderiranje.

Digitalno kiparstvo uobičajen je pojam u automobilske industriji, u filmske industriji (takozvani *Computer Generated Artwork*), prilikom dizajniranja proizvoda, fotorealističnih ilustracija i umjetnosti općenito te sve češće i za izradu prototipova u 3D printanju.

Na slici ispod možemo vidjeti početni zaslon nakon što pokrenemo ZBrush. Na prvi pogled sučelje može biti zbunjujuće i potrebno je neko vrijeme navikavanja na sam alat. Na vrhu se nalazi alatna traka s mnoštvom opcija, ispod nje su klizači koji će se često koristiti jer određuju veličinu četke, intenzitet i slično. S desne strane se nalazi *toolbox* sa svim potrebnim alatima za modeliranje, opcijama za uvoz i izvoz modela. S lijeve strane je vertikalna alatna traka gdje možemo birati četke, način korištenja četke, *alphe*, itd. U sredini sučelja se nalazi platno (eng. *canvas*) na kojemu će se skulpturirati 3D modeli.



Slika 10: Sučelje ZBrush alata prikazano na prijenosnom računaru Acer Aspire 5

5.1 Opis i osnovne funkcije

ZBrush je alat za digitalno skulpturiranje koji kombinira 3D/2.5D modeliranje, teksturiranje i bojanje. Koristi takozvanu *pixel* tehnologiju koja sadržava informacije o osvjetljenju, boji, materijalu i dubini za sve objekte na ekranu. („ZBrush“, 2019).

Osnovni element ovog alata nisu poligoni nego „digitalna glina“ od koje se stvara trodimenzionalni model, što ga u startu odvaja od ostalih alata za 3D modeliranje poput Blendera, Maya i sl. Zbog toga se za ZBrush može i reći da je kiparski program jer je u suštini simulacija kiparstva i modeliranja gline. Sam pristup radu je sukladno tome više orijentiran prema umjetničkoj, dizajnerskoj i estetskoj razini, ne toliko prema tehničkom aspektu. Preporuča se i korištenje grafičkog tableta po kojem se crta olovkom zato što je mnogo bolji osjećaj pritiska nego s mišem (korištenje miša obvezuje korisnika da svaki put mora podesiti jačinu kista kada želi pojačati ili oslabiti pritisak prilikom izrade).

Tvrtka koja stoji iza ZBrush-a je Pixologic, osmislila je ovaj alat prvenstveno za 3D skulpturiranje iako je alat s vremenom dobio i značajke izvan tog područja. Ostali slični alati nisu bili bazirani na skulpturiranju nego su naknadno dodavali *3D sculpting* module tako da zaostaju u nekim tehničkim elementima. Tako je ZBrush najpopularniji alat na ovom tržištu, postoje konkurenti, ali se nisu uspjeli dovoljno nametnuti. Tome najviše u prilog ide pristupačna cijena s obzirom na moćnost alata i činjenica da kupnjom jedne verzije alata korisnik dobiva pristup svim njegovim dodacima.

Alat ima nekoliko glavnih značajki koje će se u nastavku rasporediti u šest poglavlja: *Base Mesh* kreiranje, skulpturiranje, teksturiranje, renderiranje, animiranje i ilustriranje. Nakon toga ćemo u novom podpoglavlju objasniti način *importa* i *exporta* objekata, a zatim i opisati gdje se sve ZBrush primjenjuje.

5.1.1 *Base mesh* kreiranje

Base mesh u doslovnom prijevodu znači osnovna mreža, a najlakše ju je opisati kao poligonalni model niske rezolucije koji se koristi kao baza, početna točka za digitalno skulpturiranje. *Base mesh* kao takav se preporuča da bude sastavljen od ravnomjerno raspoređenih četverostranih poligona jer „triangli“ i poligoni s preko 5 strana mogu uzrokovati probleme pri kasnijem oblikovanju.

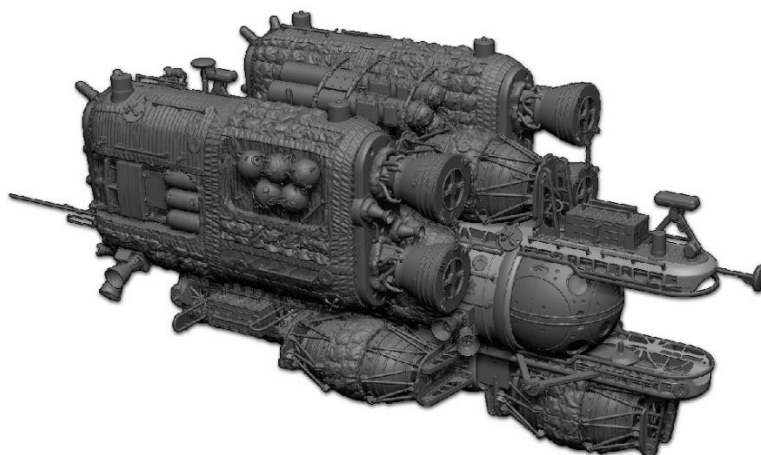
ZBrush ima nekoliko metoda za *base mesh* kreiranje koji će se u nastavku istaknuti i ukratko opisati.

Gizmo 3D pruža korisniku jednostavan element koji omogućava da skulptura bude manipulirana s velikom preciznošću. Nudi nov način pomicanja, rotiranja i skaliranja modela. Kompaktnog je dizajna, može brzo biti premješten i orijentiran za bolju kontrolu u tom trenutku. Omogućava odabir više podalata (eng. *SubTools*) i manipulaciju istih.

ZModeler je pametni poligonalni sustav za modeliranje dizajniran za pojednostavljivanje procesa izrade modela. („*Base Mesh Creation*“, bez dat.) To je četka (eng. *brush*) koja omogućava kreiranje novih oblika, brzo i dinamično. Jedna od najbitnijih stavki *base mesh* kreiranja jer revolucionizira proces stvaranja velikog broja oblika i to koristeći što manji broj poligona. Funkcionira na principu „označavanja i akcije“, pri čemu treba naglasiti jednostavnost procesa označavanja ciljnih dijelova modela. Naime, ZModeler ima cijeli set pomoćnih alata za selektiranje, *Smart Target*, čime je potpuno uklonjena potreba za ručnim procesom označavanja dijelova modela. Često upotrebljavana opcija ZModelera je QMesh koja pruža mogućnost „istiskivanja“ i stapanja istisnutog dijela sa susjednim poligonima, zatim brzo uklanjanje blokova poligona i stvaranje poligonalnih „otoka“ izvlačenjem dijelova *mesha*.

Govoreći o stvaranju niskorezolutnih objekata, ZModeler je zajedno s QMeshom najpopularniji i najkorisniji alat. Pruža tisuće takozvanih „*Action and Target*“ kombinacija, lak je i intuitivan za korištenje što ga čini vrlo moćnim elementom cijelog softvera.

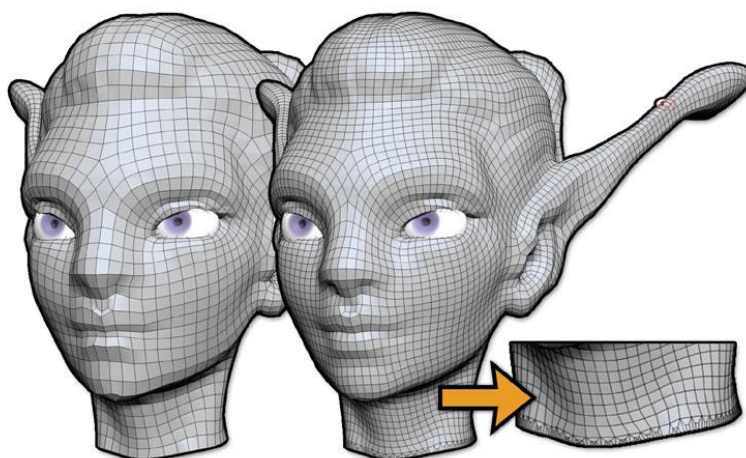
Live Boolean služi za spajanje i razdvajanje više skulptura, bez obzira od koliko poligona se sastoje. Dolje je vidljiv i kompleksan model napravljen zahvaljujući opcijama koje nudi *Boolean* alat (Slika 11). Pomoću njega se mogu vidjeti rezultati *Boolean* operacija u stvarnom vremenu (*preview*). Također, u ovom načinu rada, može se i pomicati, skalirati, rotirati, duplicirati te čak skulpturirati 3D model.



Slika 11: Primjer modela nastalog pomoću Live Boolean opcija (*Live Boolean*, Preuzeto 16.08.2019)

DynaMesh je novi ZBrush-ov alat za upravljanje s osnovnim modelom (*base mesh*), može ga se predočiti kao alat koji nam omogućuje rad s glinom u digitalnom svijetu. Inače nije baš jednostavno kreirati kompletan model od jedne početne sfere, ali DynaMesh upravo to omogućuje i ne uzrokuje problem neravnomjerne geometrije. Najveća prednost je ta što regenerira geometrijska svojstva gotovo instantno. Rastezanjem modela se rastežu i poligoni, mijenja im se oblik i teže je s njima raditi, ali DynaMesh tada stvara površinu optimiziranu za skulpturiranje s uravnoteženom raspodjelom poligona. Dakle, istežanje modela više nije limitirano fizikama poligona (kada se poligon maksimalno rastegne, taj dio modela više se ne može izdužiti), stoga samo od jedne sfere može se napraviti kompletan *base mesh* i krenuti na detaljniju obradu.

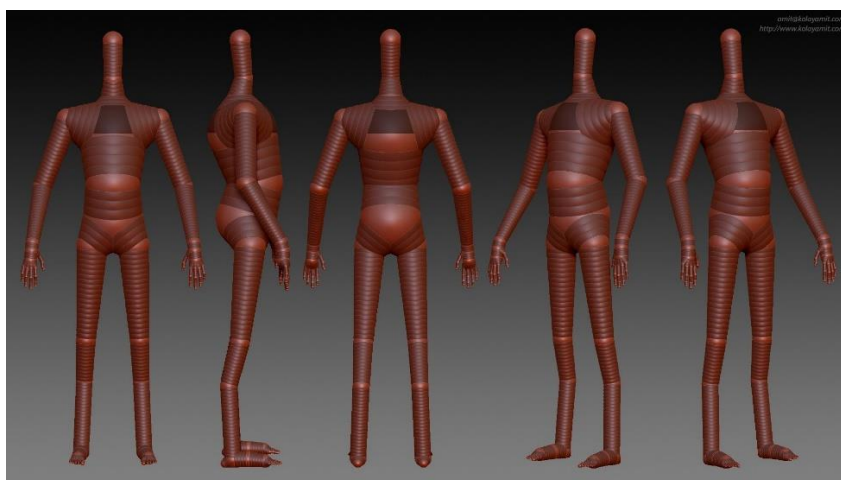
ZRemesher se koristi za takozvanu retopologiju modela. Retopologija je kreiranje istog modela, istog volumena i oblika, ali s drukčijim rasporedom poligona na *meshu*. Vrlo je bitno imati model s dobrom topologijom jer uvelike utječe na daljnju manipulaciju skulpture. ZRemesher omogućuje retopologiju na vrlo efikasan način, jednim klikom miša za potpuno automatski proces ili asistiranjem tako da se naprave krivulje koje će odrediti tijek poligona.



Slika 12: Primjer korištenja ZRemesher alata (ZRemesher, Preuzeto 16.08.2019)

ShadowBox je alat kojim se mogu kreirati razni 3D osnovni, primitivni modeli. Funkcionira tako da se jednostavno nacrtaju prednje, stražnje i bočne „sjene“ modela (silueta), a sam model se automatski izgenerira unutar. Pruža mogućnost brzog formiranja *base mesha* u samo nekoliko poteza stvarajući tako dobru polaznu točku za skulpturiranje modela. U opcijama se može izabrati niska rezolucija koja će rezultirati jednostavnim, grubljim *meshom* sa malo poligona, dok će postavke visoke rezolucije dati precizniji *mesh* s mnogo poligona.

ZSpheres jednostavan je alat kojim se može brzo napraviti *base mesh* spreman za daljnje skulpturiranje u bilo kakav oblik. Početnoj sferi možemo lako dodati nove te ih micati, skalirati i rotirati kako god želimo. ZSphere je jedna od najpopularnijih značajki jer omogućava formiranje *mesha* po želji manipulacijom sfera, počevši od jedne na koju neograničeno dodajemo novi broj sfera. Iako tada model izgleda zaobljeno on je uistinu sastavljen od poligona te stvarni izgled *mesha* možemo vidjeti opcijom *Preview*. Kada je odrađen posao sa sferama, konvertiramo dobiveno u *mesh* spreman za nastavak skulpturiranja.



Slika 13: ZSpheres (*ZSphere Character Setup*, Preuzeto 16.08.2019)

Mannequins služi za kompoziciju scene i pronalaženje odgovarajuće poze za svaki model. Ove elemente najlakše je vizualizirati kao lutke s kojima možemo upravljati, imaju zglobove zbog kojih možemo micati dijelove lutke i sl. Mogu se prilagođavati kako god je potrebno, mijenjati proporcije, veličinu ili čak dodavati nove dijelove. Prednost *mannequina* (lutke) je ta što nije potrebno ništa modelirati, modeli su već spremni i mogu se odmah koristiti ili stvoriti *mesh* za obrađivanje. ZBrush dolazi s nekoliko gotovih *mannequina*, a asortiman se može proširiti vlastitim „lutkama“ koje se jednostavno mogu napraviti pomoću ZSphere alata.

Primitives se koristi za manipuliranje većim brojem manjih modela za stvaranje kompleksnih scenografija. Scene mogu biti kompozirane od milijuna poligona, a ovaj alat pomaže pri njihovom renderiranju i stvaranju kompliciranih modela.

5.1.2 Skulpturiranje

Skulpturiranje u ZBrush alatu se može usporediti sa stvarnim skulpturiranjem gdje koristimo materijal poput kamena ili drveta. Model u ZBrush-u može se modificirati u razne oblike, dodati ili oduzeti količinu materijala te dati površini modela sitne detalje.

5.1.2.1 3D Brushes

3D Brushes su „četke“ za skulpturiranje i jedan od osnovnih alata 3D umjetnika. ZBrush ih ima preko 30 gotovih četki uz mogućnost modificiranja njihovih postavki i dodavanja novih *custom* četki. Svaka četka ima posebna svojstva i svoju namjenu, a u nastavku su navedene sve dostupne četke za skulpturiranje i objasniti njihovu funkciju.



Slika 14: Izgled izbornika za četke (*The Brush Menu*, Preuzeto 17.08.2019)

Standard je osnovna četka u ZBrush-u, a osnovna funkcija joj je dodavanje „materijala“ na dijelu gdje je pokazivač pozicioniran. Kao da se modelu od gline dodaje još gline na mjesta kojima se prolazi. Pritiskom tipke Alt na tipkovnici će se dobiti suprotan efekt, oduzimanja dijela materijala, kao da se urezuju udubine u model od gline.

Smooth je četka koja služi za zaglađivanje površine. To radi na način da levelira sitne izbočine i udubine prema prosječnoj „visini“ cjelokupne površine. Postoji i više vrsta *smooth* četki koje koristimo ovisno o topologiji modela.

Move kako sama riječ kaže služi za pomicanje dijela materijala. Ako korisnik želi učiniti da se model ljudskog lica nasmije, jednostavno će uzeti ovu četku i pomaknuti krajeve usana prema gore.

Inflate četka je vrlo slična standardnoj četki, a razlika je u tome da *Inflate* četka ne dodaje materijal nego „napuhuje“ selektirani dio povećavajući tako cijelu geometriju tog dijela površine.

Elastic se ponaša slično kao i *Inflate* četka, međutim za neke modele je bolje jer preciznije može očuvati originalni oblik površine.

Displace četka radi gotovo isto kao i *Inflate* četka s tim da omogućuje detaljima da ostanu netaknuti. Može se zamisliti da odabrani dio modela na tom mjestu ima „nateknuće“, a ne da je napuhan kao kod *Inflate* četke.

Magnify „povećava“ odabrani dio modela, ostavlja dojam zumiranja. Suprotan je onome što čini četka *Pinch* (uštipnuti).

Blob četka služi za stvaranje grudica i grumenčića što pridonosi organskom izgledu modela. Klizač ove četke određuje hoće li te nepravilnosti biti napravljene tako da se površina ispupči prema van ili da se udubi prema unutra.

Pinch je obrnuta od *Magnify* četke, pomoću nje okolni dio sužavamo prema centru ostavljajući time dojam odzumiravanja tog dijela modela. Posebno dobro koristi kod stvaranja nabora i detalja na odjeći, kao i stvaranja oštih rubova. Najlakše je vizualizirati efekt ove četke kao štipanje prave gline, odakle je i dobila naziv.

Flatten četka utiskuje dijelove modela i čini ih ravnim. Time se dijelovi modela mogu ujednačiti do željene razine.

Clay je najjednostavnije objasniti kao dodavanje još gline (materijala) na model.

Morph četka radi na način da iščetka površinu do ciljanog izgleda površine, do takozvanog *morph target surface*.

Layer četka podiže ciljanu površinu za određen fiksni iznos.

Nudge ima svrhu kao i *Move* četka i služi za pomicanje dijelova modela.

ShakeHook služi za efikasno izvlačenje grana, rogova, ticala i sličnih objekata iz modela, bez potrebe za korištenjem više alata kao u ranijim verzijama.

ZProject je najjednostavnije opisati pomoću primjera. Recimo da postoji model niske rezulucije, s malim brojem poligona i isti taj model, ali visoke rezulucije s jako velikim brojem poligona. Ovaj alat omogućuje da se svojstva visokorezolutnog modela mogu prenijeti na niskorezolutni jednim klikom miša. Dakle, ondje gdje se postavi pokazivač na niskorezolutnom modelu, taj dio će sada postati visoke rezulucije.

5.1.2.2 Subtools

Subtools radi na principu da se jedan model može tretirati kao mnogo nezavisnih modela. Povećava broj poligona s kojima je moguće raditi. Ako sustav podržava rad s 8 milijuna poligona, tada ćemo koristeći 4 *Subtoola* zapravo imati 32 milijuna poligona. Najčešće se koristi prilikom skulpturiranja objekta koji bi u stvarnom svijetu bio sastavljen od više odvojenih dijelova. Dakle, kada bi se radio model čovjeka, tijelo bi bilo jedan *Subtool*, a komadi odjeće drugi. Time bi bilo lakše raditi samo na jednom dijelu modela, a i računalo bi koristilo značajno manje resursa pri takvom načinu rada.



Slika 15: Izgled *Subtool* palete (*Subtool*, Preuzeto 17.08.2019)

5.1.2.3 3D Layers

Omogućuje nelinearan način rada, detaljnije, omogućava korisniku rad s modelom u različitim fazama razvoja. Primjerice, nakon dodavanja nekakvih detalja na model, korisnik ih može „isključiti“ i raditi na modelu koji više nema te detalje. Ako neki dio modela (sloj) više nije potreban, također se samo „isključiti“ taj dio i modeliranje se lako nastavlja dalje. Ovaj način rada podsjeća na Adobeov Photoshop gdje također ima lista slojeva (eng. *Layers*) te se isto tako slojevi čitaju odozgo prema dolje.

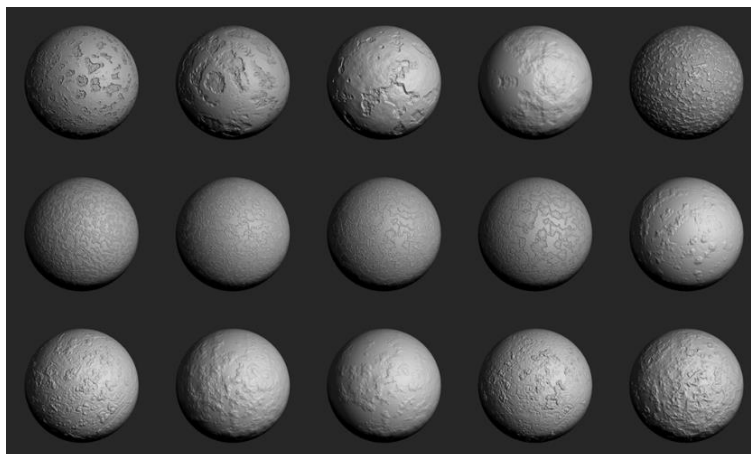
3D Layers ima poseban način rada u obliku „snimanja“ (eng. *Record mode*). Kada se dodaje novi sloj automatski se uključuje snimanje te se rade izmjene na tom sloju. Kada se završi modeliranje tog sloja, snimanje se mora usključiti. Naravno, želi li se ponovno raditi izmjene na nekom od slojeva prvo se mora uključiti snimanje klikom na „REC“ ikonu. Vidljivost svakog sloja može se uključiti ili isključiti klikom na ikonu oka, pokraj „REC“ ikone, ovisno o tome što nam u tom trenutku treba.



Slika 16: Izgled *Layers* palete (*3D Layers*, Preuzeto 17.08.2019)

5.1.2.4 Surface Noise

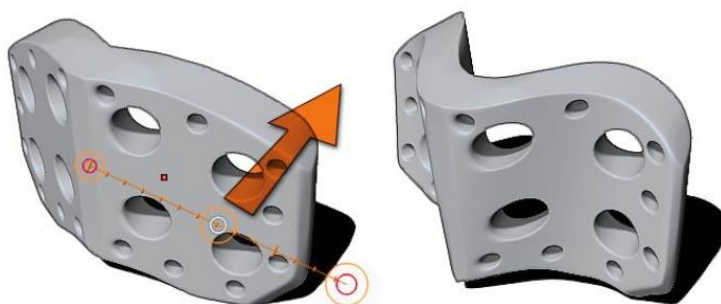
Kako samo ime kaže *Surface Noise* je doslovno površinski „šum“. Taj šum podsjeća na snijeg s televizije, gomila sitnih točkica. Pomoću ovog alata moguće je povećati i smanjiti količinu „šuma“ na 3D modelu. Alat nudi velik broj raznih vrsta „šumova“ (*Slika 17.*) i primjenu istih gotovo instantno, dok bi takav proces bez ovog alata potrajao značajno dugo. „Šum“ se ne mora primjeniti na cijeli model nego samo na određeni dio.



Slika 17: Površinski „šumovi“ (*Surface Noise Presets for ZBrush*, Preuzeto 17.08.2019)

5.1.2.5 Transpose

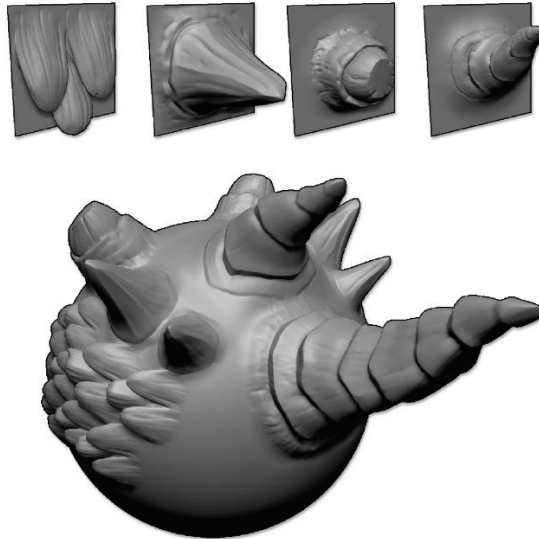
Ovaj alat nudi mogućnost brzog mijenjanja položaja, poze ili deformiranja modela. Želi li korisnik napraviti realističnu pozu skulpture ili apstraktnu formaciju učinit će to s ovim alatom. Jednostavno mogu se izolirati dijelovi modela koji se zatim deformiraju, pozicioniraju po želji, mijenjati veličinu i rotirati s velikom preciznošću. S opcijom maskiranja modela će se maskirati (eng. *mask*) dijelovi modela koje se ne želimo „transpozicionirati“. Recimo da se želi promijeniti položaj ruke našeg modela čovjeka koja trenutno stoji ravno. S alatom *Transpose* prvo se treba maskirati sve osim ruke, napraviti takozvanu *action line* od ramena do lakta te zatim kliknuti dio *line*-a kod lakta i micati ili rotirati ruku kako god korisnik želi da ona stoji.



Slika 18: Primjer korištenja Transpose opcije (*Transpose*, Preuzeto 18.08.2019)

5.1.2.6 Vector Displacement Mesh

Ovo je zbirka 3D objekata koji se koriste poput četke i nadopunjuju biblioteku *alpha* objekata. Ovim alatom može se lako dodavati razne elemente na površinu modela (*Slika 19.*). Primjerice, dozvoljava da se u jednom potezu četke na površinu modela lica doda kompletno oblikovan nos s nosnicama. Uvelike olakšava proces skulpturiranja, pogotovo što je moguće napraviti takav *alpha* model po želji i koristiti ga u budućem skulpturiranju.



Slika 19: Primjer upotrebe VDM-a (*Alpha 3D Brushes*, Preuzeto 18.08.2019)

5.1.2.7 Alpha 3D

Opcija u ZBrush-u koja se nastavlja na priču iz prošlog poglavlja. Ovim alatom moguće je dvodimenzionalnu „ploču“ oblikovati po želji, napraviti izbočine i udubine kako odgovaraju i tako stvoriti novu *alphu*. Zatim novokreiranu *alphu* pomoću četke, jednim potezom, upotrijebiti na običnoj sferi recimo. Time se na sferi stvori taj oblik koji se prethodno napravio. Brz i efikasan način za stvaranje unikatnih *alphi* za skulpturiranje površine modela.

5.1.2.8 Lazy Mouse 2.0

Ovaj alat pruža bolju kontrolu nad svakim potezom miša, povećavajući tako preciznost prilikom rada. Može očuvati kontinuitet poteza tako da nema prekida u dizajnu te prijelaz poteza jedan preko drugoga.

5.1.2.9 Deformations

Deformations svojstvo deformira naš 3D *mesh*. Savijanje, rastezanje, uvrtnje i gomila drugih opcija kojima se može oblikovati model. Ovaj alat sadržava preko 20 korisnih načina deformacija koje se mogu koristiti po bilo kojoj osi. Sve mogućnosti se nalaze na *Deformation* paleti, a svaka mogućnost ima klizač pomoću kojega se mijenja vrijednost određene opcije.

5.1.2.10 HD Geometry

Ovaj alat se naziva revolucionarnim u 3D skulpturiranju. Model se može podijeliti na milijardu poligona dok se na ekranu prikazuju samo oni koje koristi u tom trenutku. Nije potrebno imati jako moćna grafička svojstva računala zato što je ovaj alat optimalan za štednju računalne memorije. Radi optimalnog korištenja računalnih resursa, postoji opcija *Sculpt HD* koja omogućava prikaz skulpture u visokoj razlučivosti, a po potrebi se uključuje i isključuje. Dakle, gotovo da nema limita prilikom modeliranja jer je nezamislivo u koje detalje se može ići kada na ekranu ima milijarda poligona.

5.1.2.11 FiberMesh

Ovaj koristan i moćan alat spada u grupu alata za generiranje *mesha*. Ovim putem kreiraju se mnogi geometrijski oblici koji se mogu dodati na postojeći model. Postoje opcije generiranja oblika poput tkanina, kose, krzna pa čak i vegetacije. Značajno skraćuje vrijeme uloženo u modeliranje kompliciranih dijelova skulpture poput kose jer ovako vrlo efikasno izgenerira potrebne oblike, nek od njih vidljivi su u nastavku (*Slika 20.*).



Slika 20: Različite frizure napravljene *FiberMesh* alatom (*FiberMesh*, Preuzeto 18.08.2019)

5.1.2.12 MicroMesh

Napredan alat za kreiranje detaljnih visokorezolutnih modela. Može pretvoriti površinu svakog poligona u koji god *mesh* želimo. Može formirati površinu modela kako god korisnik želi, ovisno o napravljenom *MicroMesh* objektu. Posebno je koristan za stvaranje ponavljajućih uzoraka kao što se nalaze na raznim vrstama tkanina, mrežastim ili lančanim oblicima. Može s koristiti ako je potrebno pticu okititi perjem ili zmiju rožnatim ljuskama.



Slika 21: *MicroMesh* primjer (*MicroMesh*, Preuzeto 18.08.2019)

5.1.2.13 Instances and Details

Postoje dva svojstva, *NanoMesh* i *ArrayMesh*, koji doprinose kompleksnosti i količini detalja, a pri tome zadržavaju niski broj poligona.

5.1.2.14 Projection Master

Jedinstveno svojstvo koje koristi snažne 2D i 2.5D alate za bojanje u svrhu skulpturiranja i teksturiranja modela. Uvodi nove, inovativne i maštovite načine kreiranja modela, umjesto bojanja bojom može „bojati teksturama“ ili nekim drugim modelima po teksturi skulpture (za primjer se može uzeti scenarij kada se skulpturira srednjovjekovni oklop koji ima mnogo ponavljajućih uzoraka). Tehnika korištenja četke za bojanje kao alata kojim se modificira model stvara gomilu novih mogućnosti umjetniku. Naprimjer, omogućava korištenje četke za zamućivanje (eng. *blur*) s isključenom opcijom *rgb* čime se izgledi dio modela koji je grublji.



Slika 22: Izgled Projection Master dialoga (*Projection Master*, Preuzeto 19.08.2019)

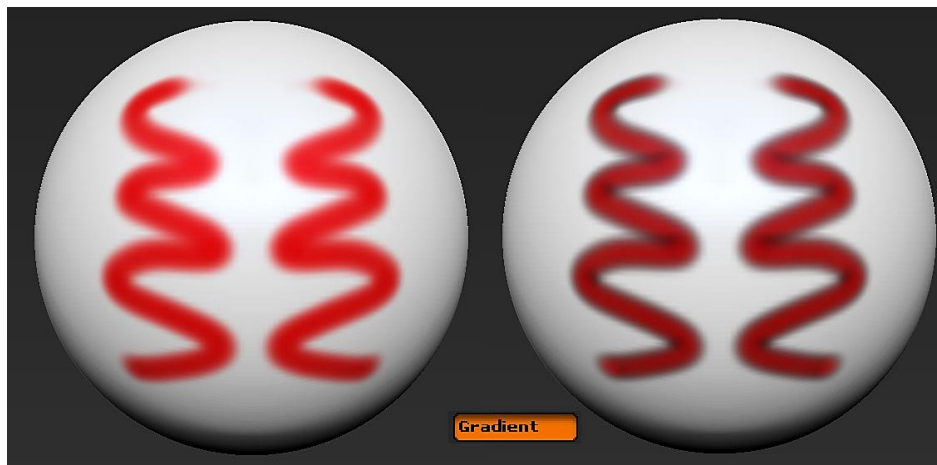
5.1.3 Teksturiranje

Teksturiranje u ZBrush alatu može se postići trima tehnikama: *Polypainting*, *Spotlight* i *UV Master*. U ovom poglavlju navedene su osnovne karakteristike svake od tih tehnika.

5.1.3.1 *Polypainting*

Opcija s kojom se boja model bez potrebe da prvo dodijelimo mapu tekstura (eng. *texture map*). Obojana površina se može kasnije prenijeti na mapu. Dakle, mijenja standardan tijek rada, omogućava lako premještanje obojanog dijela površine. Ako je mapa tekstura na kojoj se trenutno radi premala i ako treba više prostora za detalje, jednostavno se može premjestiti postojeća obojana površina na veću mapu tekstura, bez potrebe za ponavljanjem posla.

Proces je jednostavan, potrebno je prvo provjeriti ima li model dovoljan broj poligona za izvedbu željenih detalja. Zatim u paleti *Polypaint* uključiti opciju *Colorize*, isključiti opcije *Zadd* ili *ZSub* kako bi se izbjegli skulpturiranje prilikom bojanja. Uključimo *Rgb* i postaviti intenzitet *Rgb*-a na 100, izabrati boju i bojati. Može se uključiti i opcija *Gradient* koja će biti kombinacija dviju boja, a na slici ispod može se vidjeti razliku između standardnog i gradijentalnog načina *Polypaintinga*.



Slika 23: *Polypaint* bez gradijenta (lijevo) i sa uključenim gradijentom (desno) (*Polypaint*, Preuzeto 19.08.2019)

5.1.3.2 Spotlight

Tehnika koja omogućuje pripremu teksture izravnu u ZBrush-u, a zatim bojanje modela tom teksturom u 3D okruženju. Potrebno je prvo učitati teksture, njima se može mijenjati veličina, orijentacija, položaj, možemo klonirati dijelove tekstura, ispunjavati bojom, mijenjati nijanse i slično ovisno o potrebama naše skulpture.

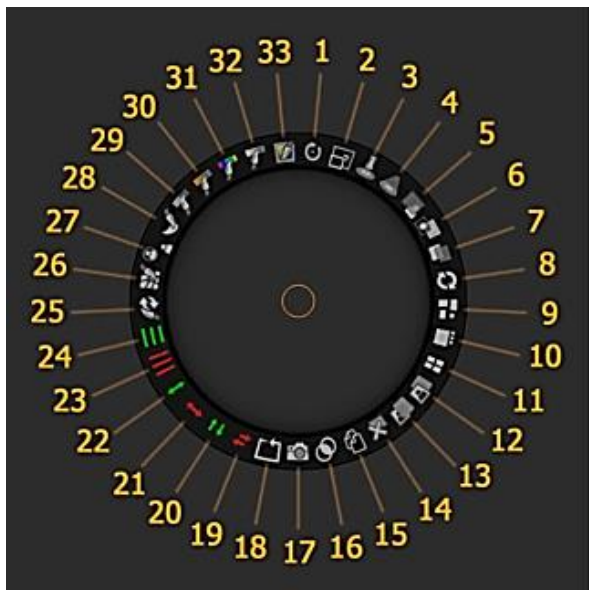
Spotlight opcije nalaze se na paleti tekstura, na slici ispod su označeni gumbi su trenutno onemogućeni. Gumbi postanu omogućeni kada je tekstura selektirana.



Slika 24: *Spotlight* opcije na paleti tekstura (*Spotlight*, Preuzeto 19.08.2019)

Prvo je potrebno provjeriti ima li model dovoljnu količinu poligona kako bi mogao podržati rezoluciju. Nakon što je model spreman, bira se paletu tekstura i izabire teksturu kojom želimo obojati model. Na ekranu će biti *Spotlightov* grafički element (izgledom podsjeća na telefonski brojčanik vidljiv na slici 25) pomoću kojeg se manipulirala vlastitim teksturama, a uređivanje teksture može se uključiti i isključiti pritiskom tipke „Z“ na tipkovnici. Kada je naštimana tekstura ulazi se u takozvani *3D Paint modeu* kojem se boja model.

Ako je potrebno teksture se mogu i međusobno kombinirati prije nego što se model krene bojati. Na paleti se nalazi gumb *Save* kojim se sprema novokreirana teksturu u posebnu datoteku i ona se može koristiti u budućnosti. Gumb *Load* učitava spremljenu teksturu.

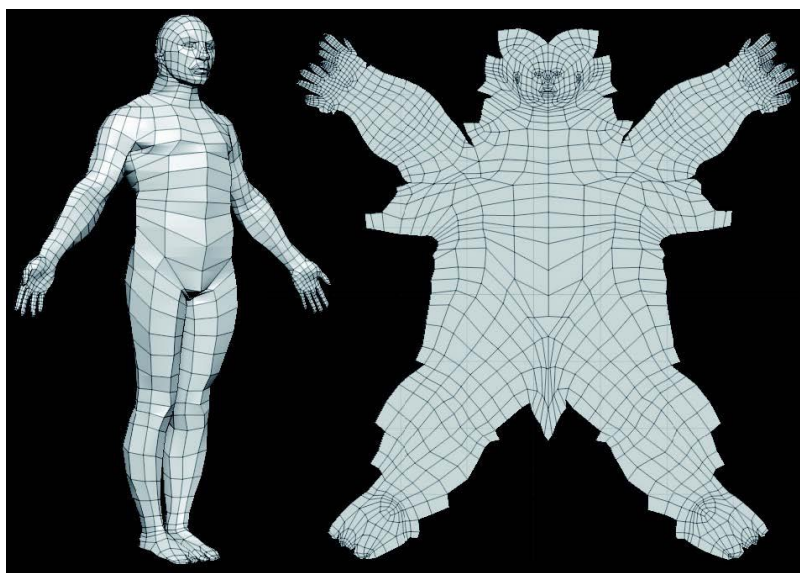


1. Rotate	12. Front	23. Tile H
2. Scale	13. Back	24. Tile V
3. Pin Spotlight	14. Delete	25. Restore
4. Spotlight Radius	15. Duplicate	26. Nudge
5. Opacity	16. Union	27. Clone
6. Background Opacity	17. Snapshot3D	28. Smudge
7. Fade	18. Frame	29. Contrast
8. Quick Select	19. Flip H - Mirror H	30. Saturation
9. Tile Proportional	20. Flip V - Mirror V	31. Hue
10. Tile Selected	21. Extend H	32. Intensity
11. Tile Unified	22. Extend V	33. Paint

Slika 25: Izgled i funkcije *Spotlight* „brojčanika“ (*Spotlight Dial*, Preuzeto 19.08.2019)

5.1.3.3 UV Master

Svaki trodimenzionalni model mora imati takozvani UV. UV mapa je mapa 2D koordinata modela kako bi se tekstura precizno mogla prikazati na modelu. UV mapa se predočava najlakše tako da se skine sloj s modela i raširi ga na ravnu površinu. Korištenjem načina *Polygroup* može se značajno skratiti trajanje procesa jer bi se time podijelio model na više dijelova koji bi se lakše razmotali, odnosno raširili.



Slika 26: Prikaz 3D tijela (lijevo) i pripadajućeg spljoštenog prikaza (*UV Master*, Preuzeto 19.08.2019)

5.1.4 Renderiranje

ZBrush nudi nekoliko opcija renderiranja 2D i 3D objekata. *Preview* je osnovni, defaultni način renderiranja koji će prikazati većinu svojstava, ali neće prikazati kompleksnije elemente poput sjena, magle, nekih materijala i ostalog. *Best* način se koristi za finalno renderiranje 2D uratka. Koristi najbolje metode kako bi prikazao sliku u najboljoj mogućoj kvaliteti, što može biti relativno sporo. *Fast* način ne renderira materijal, samo osnovne sjene što ga čini idealnim za modeliranje. *Flat* način prikazuje samo osnovnu boju, bez sjena.

Posljednji način koji će se posebno istaknuti je **Best Preview Renderer (BPR)**. Koristi se samo za trodimenzionalne objekte. Renderira model koristeći visokokvalitetan *anti-aliasing* i renderirati će sve *subtoolse* i prikazati *polyframese*, s mogućnošću uključivanja opcija za prikaz podpovršinskog raspršivanja i vlaknastih efekata. Može se *exportati* u obliku slike ili u raznim formatima.



Slika 27: Prikaz modela u *Best Preview Render* načinu (*BPR*, Preuzeto 20.08.2019)

5.1.5 Animiranje

5.1.5.1 Movies

ZBrush alat ima opciju snimanja onoga što radimo jednostavnim pritiskom na *Movie: Record*. Snimati će se samo dokument, bez prikaza postavki sučelja. Postoje tri opcije za veličinu ekrana koja se snima: *Small* (25% ekrana), *Medium* (50% ekrana) i *Large* (100% ekrana). Također, korisna je i opcija *TimeLapse* kojom značajno smanjujemo trajanje i veličinu videa. Taj način rada snima samo onda kada se događa nešto što utječe na izgled modela, kao skulpturiranje, bojanje i slično. ZBrush filmovi mogu biti eksportani u MPG formatu (.mpg). („*Movies*“, 2019)

5.1.5.2 Timeline

Ovaj način radi na principu spremanja ključnih slika (eng. *keyframes*) prilikom skulpturiranja. Tako se mogu spremati slike u različitim dijelovima procesa proizvodnje kako bi se lijepo prikazao tijek skulpturiranja (eng. *workflow*). Kada god želimo možemo pokrenuti animaciju, a ZBrush će dati sve od sebe kako bi prikazao sve frameove. Animacija se može eksportati u posebnom formatu ZMovie (.zmv) ili kao *Quicktime* film. („*Timeline*“, 2018).



Slika 28: *Timeline* izgled (*Timeline*, Preuzeto 20.08.2019)

5.1.5.3 Undo History

Još jedan princip za stvaranje filma u ZBrush alatu gdje se koristi povijest uređivanja modela. Ovom opcijom možemo preći preko problema učestalog zumiranja, pomicanja i rotiranja modela povećavajući time kvalitetu i užitak pri gledanju videa skulpturiranja.

5.1.6 Ilustriranje

Za ilustriranje u ZBrush alatu možemo reći da je na višoj razini. Razlog tomu je korištenje *pixola*. Ostali 2D alati koriste piksele koji samo sadržavaju podatke o boji i položaju. *Pixel* je naprednija verzija piksela jer sadržava podatke o boji, položaju, dubini, osvjetljenju i materijalu.

Primjerice, radimo li nekakav objekt iz prirode i želimo promijeniti stil osvjetljenja iz dnevnog svjetla u zalazak sunca, jednostavno promijenimo postavke osvjetljenja nakon čega se sve sjene na objektu prilagode tome u stvarnom vremenu.

Što se tiče broja poligona koje koristimo u ilustraciji, broj je neograničen. Možemo slici dodati 3D model zgrade koja je sačinjena od 20 milijuna poligona, zatim tu zgradu duplicirati mnogo puta i napraviti čitav grad bez opterećenja računala, dodati nekakve efekte i filtere za atmosferu, mogućnosti su beskonačne.



Slika 29: Primjer ilustracije (*Phoenix Concept – ZBrush Illustration*, Preuzeto 20.08.2019)

5.1.7 Uvoz i izvoz objekata

ZBrush podržava razne formate za uvoz i izvoz 3D modela.

Formati za uvoz:

- Wavefront OBJ (*.obj)
- Maya (*.ma)
- Mesh Ascii (*.mesh)
- Mesh binary (*.mesh)
- GoZ (ZBrush format za programe koji imaju GoZ)
- STL (*.stl) (pri korištenju 3D Print Hub-a)
- FBX (pri korištenju FBX Export Import-a)

Formati za izvoz:

- Wavefront OBJ (*.obj)
- Maya (*.ma)
- Web3D Standard (*.x3d)
- GoZ (ZBrush format za programe koji imaju GoZ)
- STL (*.stl) (pri korištenju 3D Print Hub-a)
- FBX (pri korištenju FBX Export Import-a)
- VRML (*.wrl) (pri korištenju 3D Print Hub-a)

ZBrush također podržava i razne formate za uvoz i izvoz slika. Ispod su navedeni podržani formati za uvoz slika, a formati za izvoz su isti samo što formati GIF (*.gif) i HDR (*.hdr) nisu podržani.

Formati za uvoz:

- BMP (*.bmp)
- Photoshop (*.psd)
- JPEG (*.jpg)
- TIF (*.tif)
- PNG (*.png) (samo za računala s Windows operacijskim sustavom)
- GIF (*.gif) (nije podržan za izvoz)
- HDR (*.hdr) (nije podržan za izvoz)
- Open EXR (*.exr)

5.3 Primjena ZBrush-a

Paleta područja u kojima se upotrebljava ZBrush uistinu je široka. ZBrush je jedan od najvećih „krivaca“ za virtualnu revoluciju koja se događa u svijetu filma. Omogućava umjetnicima i dizajnerima da kreiraju likove i okolinu u rekordno kratkom vremenskom roku bez gubljenja na kvaliteti. Raznovrsnost, fleksibilnost i brzina su drastično unaprijedili filmsku industriju, a sam ZBrush je dobio i Oscara za revoluciju u svijetu filma i specijalnim efektima. Koristi se u gotovo svakom filmu sa specijalnim efektima, a nabrojati ćemo samo neke: *Avatar*, *The Incredible Hulk*, *The Avengers*, trilogije *The Lord of the Rings* i *The Hobbit*, *the Chronicles of Narnia*, *Iron Man*, *Despicable Me*, *Rango*,...



Slika 30: Primjena ZBrush-a u filmu, *Avatar* (ZBrush Film Reel 2013, 18.12.2013.)

Kako i u filmskoj industriji tako i u industriji videoigara, mnoge stvari su se poboljšale dolaskom ZBrush alata u studije. Kreiranje izmišljenih likova, modela s visokim brojem poligona (eng. *high poly*), moguće je uz korištenje ovog alata. Mnoga bića i likovi iz najviših produkcija (AAA) nastala su uz pomoć ZBrush-a. Promjenio je tijekom proizvodnje, početna točka više nije *base mesh* s malo poligona, nego je početna točka sada visokorezolutno, *high poly* skulpturiranje. Pruža umjetniku mogućnost eksperimentiranja i kreiranja idealnog lika, a tek onda optimiziranje za kvalitetnu animaciju. Koristi se kroz cijeli proces razvijanja videoigre, od konceptualnog dizajna pa do korištenja u marketingu.



Slika 31: Primjena ZBrush-a u videoigrama (*Video Game Beards and Hair*, 17.06.2013.)

Kombiniranje u 2D, 2.5D i 3D načinima rada, već opisane mogućnosti ilustracije i revolucionarni *pixoli* dovoljno govore o popularnosti ovog alata u svijetu umjetnosti. Umjetnicima je pružio slobodu, neograničene detalje i mogućnost eksperimentiranja. Potrebna je samo kreativnost, stoga ni ne čudi upotreba ovog alata i u reklamnoj industriji. Lako kreiranje 3D prototipa i fotorealističan prikaz proizvoda u reklamnim kampanjama.

Još jedno bitnije područje u kojemu se koristi ZBrush je automobilska industrija. Koristi se za izradu konceptata, prototipa, testiranje različitih dizajna. Idealan je za stvaranje futurističkih krivulja na automobilima sutrašnjice (*Slika 32.*), dodavanje i najsitnijih detalja i stvaranje vrhunskih prezentacijskih prikaza integrirajući model u realnu okolinu.



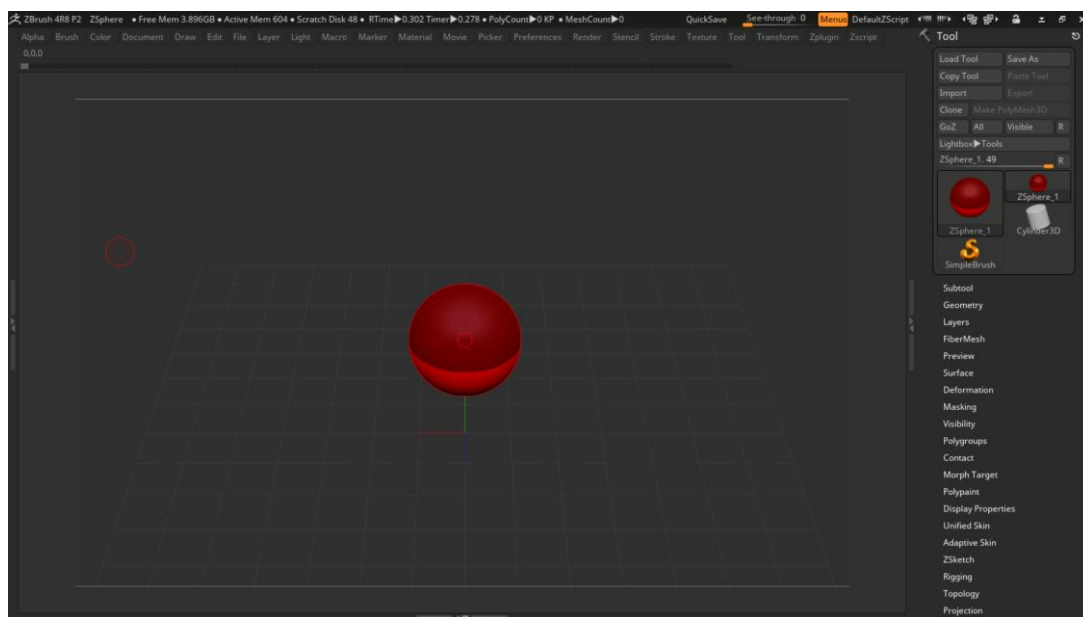
Slika 32: Konceptualni model automobila (*Vehicle Design*, Preuzeto 20.08.2019)

ZBrush se koristi i u industriji 3D printanja. Pomoću njega možemo napraviti prototipe, pripremiti i optimizirati proizvod za proizvodnju, ali i isprintati bilo kakav 3D model. 2018. godine bio je nominiran za 3D softver godine na *2018 3D Printing Industry awards*. Pronašao je mjesto i u znanosti za prikaz preciznih detalja koje slika ne može prikazati. Također, sve je popularniji u industriji nakita gdje sada klijenti mogu naručiti nakite potpuno prilagođene njihovim željama.

6. Izrada 3D modela u ZBrush-u

Nakon što je obrađen teorijski dio, vrijeme je da se konačno pređe na praktičnu primjenu ovog alata. Kao jednostavan model odabran je pauk na kojem će se prikazati neke mogućnosti ZBrush-a.

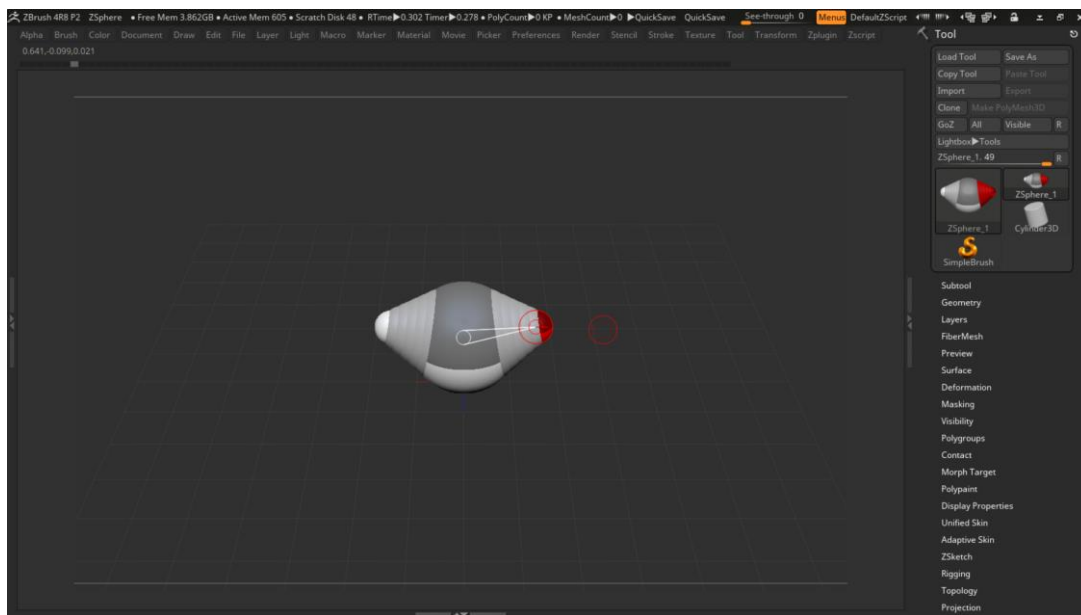
Nakon što je otvoren prazan dokument, odaberemo ZSphere kojim ćemo napraviti *base mesh* našeg modela.



Slika 33: Početak modeliranja uz ZSphere prikazano na prijenosnom računaru Acer Aspire 5

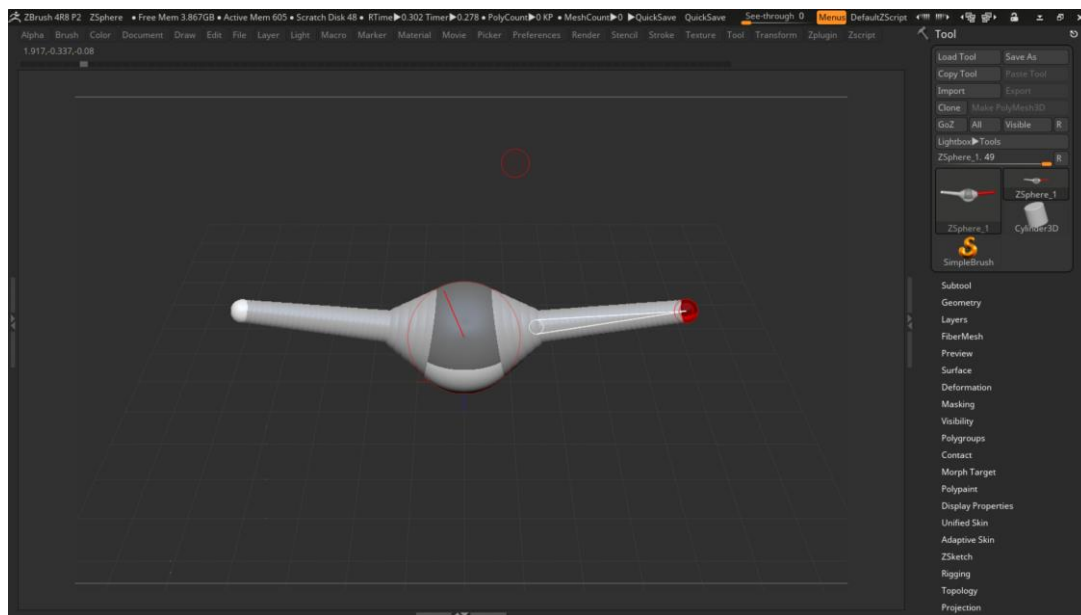
Kada smo pozicionirali početnu sferu, odaberemo opciju *Draw* koja se nalazi na gornjem dijelu ekrana, zajedno s opcijama *Move*, *Scale*, *Rotate* i *Edit*. Te opcije ćemo i najčešće koristiti. Opcijom *Draw* možemo na odabranu sferu dodavati još novih sfera. Na slici 34 smo dodali dvije nove sfere, koje također pozicioniramo po želji opcijom *Move*.

Bitno je napomenuti da smo pritiskom tipkovnice na tipku „X“ uključili opciju za simetrično modeliranje. Dakle, što god učinimo na jednoj polovici sfere, isto će se dogoditi i na drugoj polovici, kao da zrcalimo model po okomitoj osi.

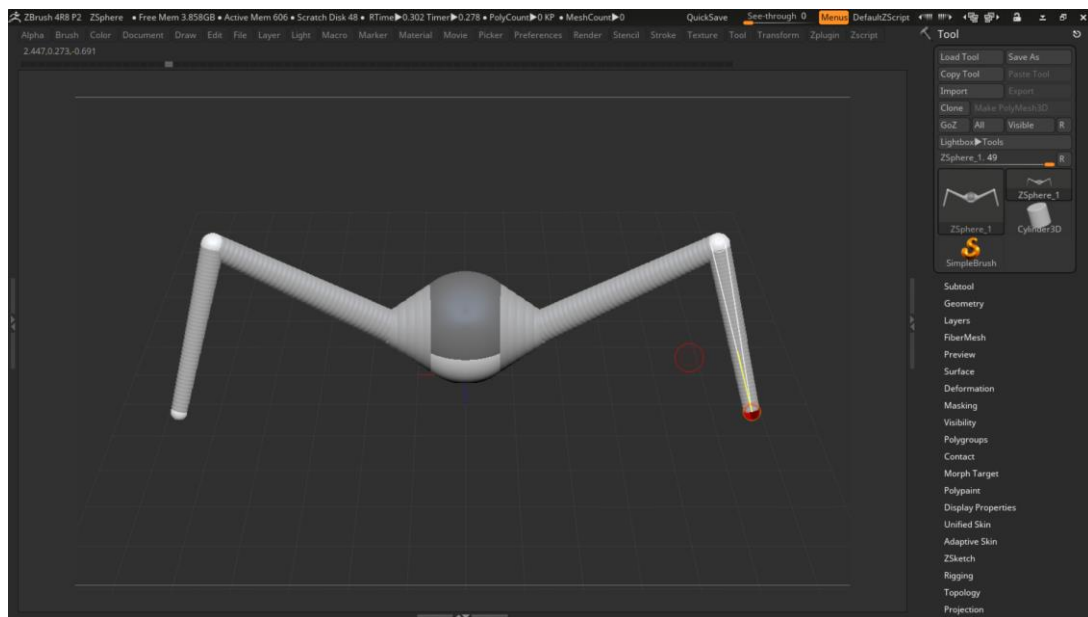


Slika 34: Dodavanje novih sfera prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

Nove sfere produžimo opcijom *Move*, ali pazeci na to da smo pokazivačem miša odabrali crveni vrh željene sfere.

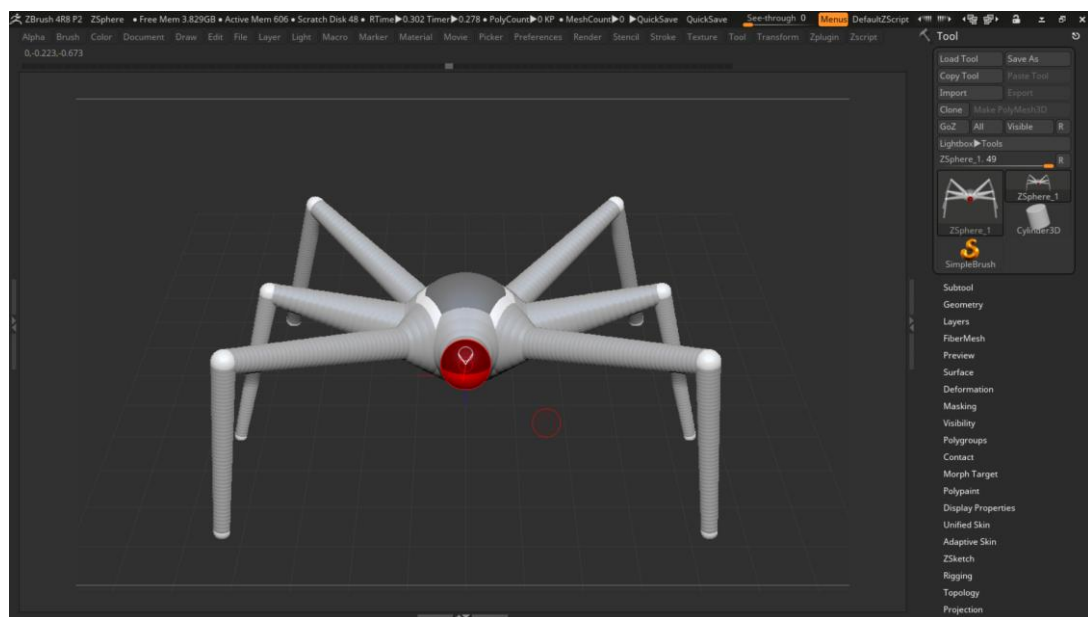


Slika 35: Produživanje novih sfera prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5



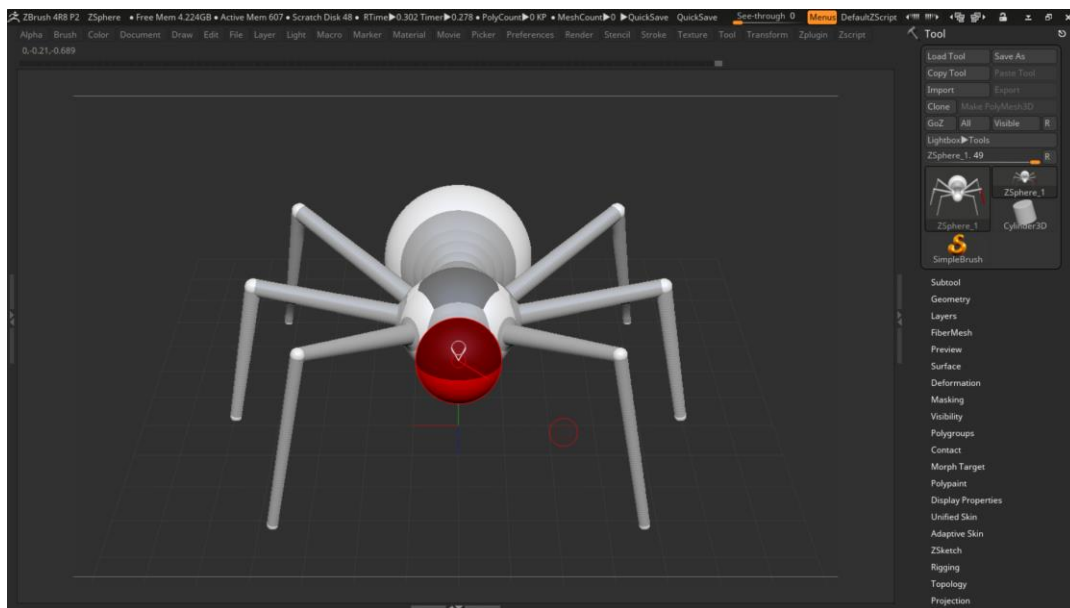
Slika 36: Izrada prvog para nogu prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

Dodavanjem novih sfera, na isti način izradimo prvi par nogu našeg modela, dok je cijelo vrijeme uključena opcija simetričnog modeliranja.



Slika 37: Središnji dio s tri para nogu prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

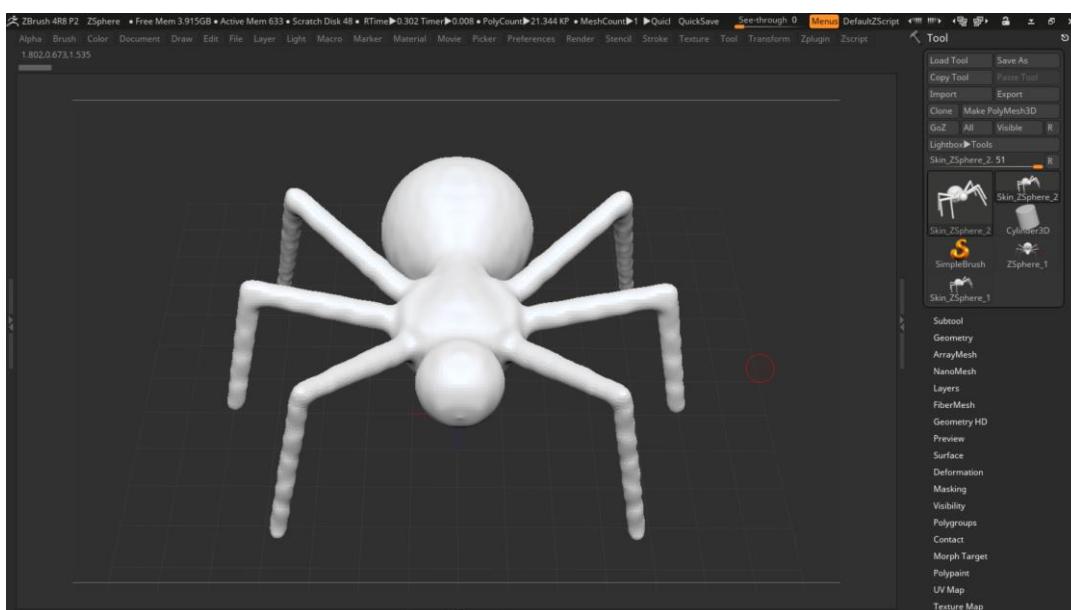
Na slici 37 prikazan je izgled modela sa središnjim dijelom tijela i s tri para nogu napravljenih na isti način kao i prvi par. Dodana je i nova sfera na tijelo koja će kasnije biti glava pauka.



Slika 38: Dodana glava i ostatak tijela prikazano na prijenosnom računaru Acer Aspire 5

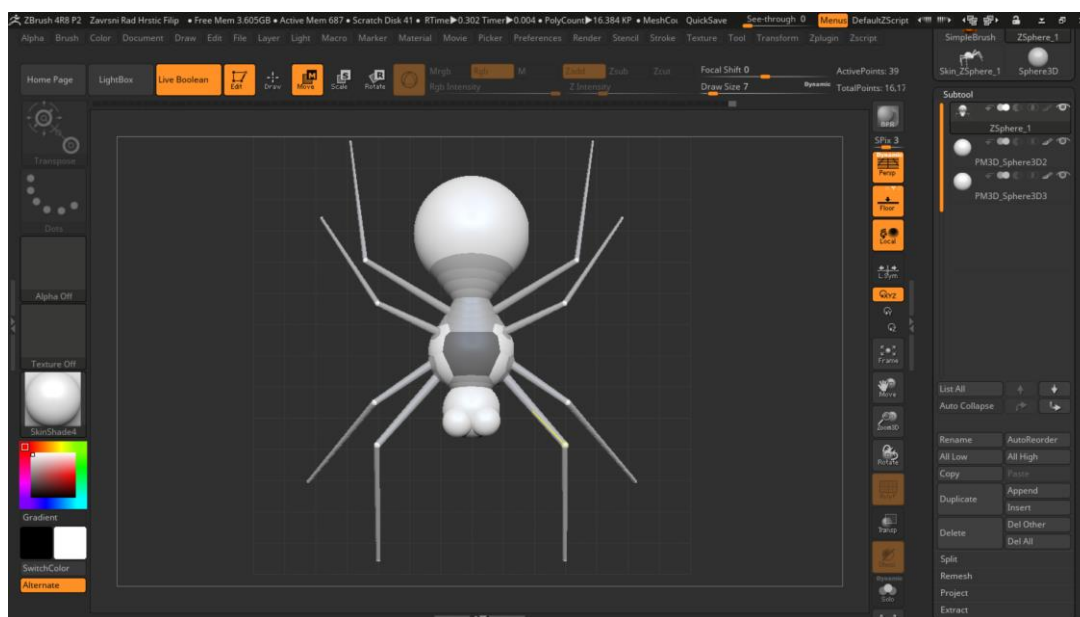
Na stražnji dio dodamo još jednu sferu koja će biti stražnji dio našeg pauka. Sfere glave i stražnjeg dijela povećamo do željene veličine opcijom *Scale*. U ovoj fazi već možemo vidjeti kako će naš pauk otprilike izgledati u konačnici.

Ispod, na slici 39 smo pretvorili ZSphere model u *base mesh* koji možemo dalje skulpturirati. Koristili smo *adaptive skin* opciju koja se nalazi na desnoj strani, ispod palete s alatima. Prilikom stvaranja „skina“ možemo namjestiti opcije rezolucije, oštine i slično. Primjerice, što veću rezoluciju odaberemo, model će biti sličniji prethodnom ZSphere modelu.



Slika 39: *Base mesh* izgled pauka prikazan na prijenosnom računaru Acer Aspire 5

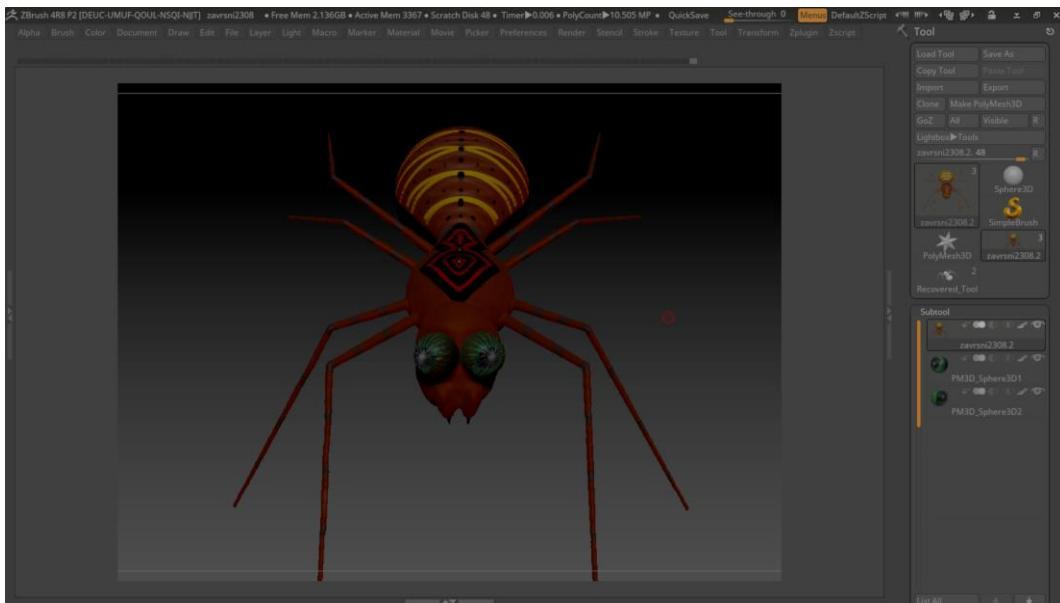
U međuvremenu smo se vratili na ZSphere model, dodali još jedan par nogu budući da smo zaboravili da pauk ima osam nogu. Također, opcijom *Scale* smo smanjili paukove noge, posebice vrhove, te smo ih pomaknuli i produžili da prikaz bude realističniji. Odabirom opcije *Append* u *Subtool* paleti, dodali smo još dvije sfere koje će biti paukove oči (slika 40). Time je naš model spreman za stvaranje *skina* i skulpturiranje.



Slika 40: Konačni izgled "kostura" prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

Base mesh model koji smo dobili od ZSphere modela sa slike 40 smo modelirali na sljedeći način. Četkom *Smooth* smo zagladili površinu pauka, posebno tijela i glave. *Standard* četkom smo dodatno izmodelirali glavu, napravili mjesto za oči, napravili izbočine na prednjem dijelu glave za očnjake. Nakon što smo isprobali još gomilu četki na glavi našeg pauka, četkom *Smooth* smo ju izgladili i mogli nastaviti sa skulpturiranjem. Četkom *Move* smo „izvukli“ oštre očnjake, ali tek nakon što smo opcijom *Divide* „usitnili“ poligone našeg modela. Time su naši očnjaci imali više poligona pa smo ih mogli lijepo oblikovati.

Tada smo mogli preći na bojanje modela. Četkom *Paint* smo prvo obojali kompletan model u smeđu boju. Zatim birali boje po želji, mijenjali intenzitet i veličinu četke kojima smo dodali šarene uzorke na model. Također, oči smo iz standardnog materijala pretvorili u staklasti materijal s odsjajem da budu sličnije pravim očima, a zatim ih i obojali.



Slika 41: Obojan model prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

Posljednji korak skulpturiranja modela bio je dodavanje dlaka alatom *FiberMesh* koji ima gomilu opcija. Prvo je bilo potrebno označiti masku na modelu držanjem tipke *Ctrl* pa na tu masku dodati dlake. Napravili smo posebne maske za središnji dio tijela i glavu, za noge i za dio glave na kojem se nalaze usta. Na tijelu smo stavili kratke dlake gusto raspoređene, na noge smo stavili tanke i rijetke dlake, a na dio s ustima smo stavili guste i dugačke dlake. Na kraju smo postavili *BPR* način, namjestili model za fotografiranje i izvezli sliku u JPG formatu.



Slika 42: Konačni izgled modela pauka napravljenog u alatu ZBrush prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5

7. Zaključak

Tema ovog završnog rada bila je digitalno kiparstvo u ZBrushu i izrada jednog modela koristeći spomenuti softver. Opisane su osnovne značajke 3D modeliranja, navedene različite vrste 3D modeliranja i najpoznatiji alati. Nakon što je istaknuta važnost 3D modeliranja u današnjem vremenu, opisan je i alat ZBrush. Moćan, svestran i profesionalan bili bi pridjevi kojima se može opisati. U ovom radu navedene su najbitnije značajke i mogućnosti alata, a nakon što je teorijski dio pokriven neke značajke su mogle biti demonstrirane i praktično.

Izrada modela pomoću alata ZBrush posljednje je poglavlje kojim je zaokružena priča o samom alatu. ZBrush ima mnoštvo opcija i potrebno je neko vrijeme prilagodbe na samo sučelje koje nije posebno intuitivno i može biti zastrašujuće. Međutim, kada se korisnik navikne na kontrole i *key mapping*, počinje faza istraživanja silnih mogućnosti, a krivulja učenja eksponencijalno raste.

Ovaj završni rad rezultirao je uspješno izmodeliranim jednostavnim modelom pauka. Dakle, nije potrebno biti umjetnik ili profesionalac kako bi se moglo služiti ovim alatom, samo malo vremena i poneke instrukcije s interneta. Konačan zaključak bi bio da se uz malo truda može izmodelirati gotovo sve što se može zamisliti i da je mašta korisnika jedina granica.

Popis literature

- [1] *3D računalne grafike*. (2019). U Wikipedia. Preuzeto 08.08.2019. s https://hr.wikipedia.org/wiki/3D_ra%C4%8Dunalne_grafike
- [2] *3D modeliranje*. (2017). U Wikipedia. Preuzeto 08.08.2019. s https://hr.wikipedia.org/wiki/3D_modeliranje
- [3] *3D modeling*. (2019). U Wikipedia. Preuzeto 08.08.2019. s https://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling
- [4] *Uvod u 3D modeliranje*. (2018). Preuzeto 08.08.2019. s <http://gamedev.machina.hr/uvod-u-3d-modeliranje/>
- [5] Bernik A. (2010). *Vrste i tehnike 3D modeliranja*. Preuzeto 09.09.2019. s <https://hrcak.srce.hr/file/127863>
- [6] *ZBrush 2019 Features*. (2019.). Preuzeto 10.08.2019. s <http://docs.pixologic.com/features/>
- [7] *Non-uniform rational B-spline*. (bez dat.) U Wikipedia. Preuzeto 08.08.2019. s https://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline
- [8] *Subdivision Modelling* (31.03.2011.) Preuzeto 08.08.2019. s <http://theorangeduck.com/page/subdivision-modelling>
- [9] *ZBrush* (31.08.2019.) U Wikipedia. Preuzeto 08.08.2019. s <https://en.wikipedia.org/wiki/ZBrush>
- [10] FlippedNormals. (11.06.2018.). *Learn to Sculpt Like a Pro in ZBrush* [Video file]. Preuzeto 10.08.2019. s <https://www.youtube.com/watch?v=0PaYUUvgwYM>
- [11] FlippedNormals. (28.02.2018.). *Getting Started with Sculpting* [Video file]. Preuzeto 10.08.2019. s https://www.youtube.com/watch?v=_yKGfcp2z3k

Popis slika

Slika 1: Životni ciklus 3D modela (<i>Uvod u 3D modeliranje</i> , bez dat.) Preuzeto 08.08.2019. sa http://gamedev.machina.hr/uvod-u-3d-modeliranje/	4
Slika 2: Poligonalno modeliranje (<i>Methods of 3D modeling</i> , bez dat.) Preuzeto 10.08.2019. sa https://tomhordle17.jimdo.com/unit-40-3d-modelling/	5
Slika 3: Utjecaj broja poligona (<i>Different Techniques Used for 3D Modeling</i> , bez dat.) Preuzeto 10.08.2019. sa http://findnerd.com/list/view/Different-Techniques-Used-for-3D-Modeling/11819/	6
Slika 4: NURBS krivulja (<i>Non-uniform rational B-spline</i> , bez dat.) Preuzeto 12.08.2019 sa https://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline	7
Slika 5: NURBS modeliranje (<i>Uvod u 3D modeliranje</i> , bez dat.) Preuzeto 12.08.2019. sa http://gamedev.machina.hr/uvod-u-3d-modeliranje/	7
Slika 6: Primjer subdivizijskog modeliranja (<i>Subdivision: The Basics</i> , 01.08.2008.) Preuzeto 12.08.2019. sa http://www.roydriscoll.com/2008/08/01/catmull-clark-subdivision-the-basics/ 8	8
Slika 7: Primjer patch modeliranja (<i>Modeling for Low-poly Character</i> , bez dat.) Preuzeto 12.08.2019 sa http://www.muranon.com/axel/character/index.html	9
Slika 8: Screenshot iz filma Sintel (<i>4 najpopularnija programa za 3D modeliranje</i> , bez dat.) Preuzeto 15.08.2019. sa http://gamedev.machina.hr/4-najpopularnija-programa-za-3d-modeliranje/	11
Slika 9: Arhitektonska vizualizacija (<i>4 najpopularnija programa za 3D modeliranje</i> , bez dat.) Preuzeto 15.08.2019. sa http://gamedev.machina.hr/4-najpopularnija-programa-za-3d-modeliranje/	12
Slika 10: Sučelje ZBrush alata prikazano na prijenosnom računaru Acer Aspire 5	14
Slika 11: Primjer modela nastalog pomoću Live Boolean opcija (<i>Live Boolean</i> , bez dat.) Preuzeto 16.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/live-boolean/	16
Slika 12: Primjer korištenja ZRemesher alata (<i>ZRemesher</i> , bez dat.) Preuzeto 16.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/reference-guide/tool/polymesh/geometry/zremesher/	17
Slika 13: ZSpheres (<i>ZSphere Character Setup</i> , bez dat.) Preuzeto 16.08.2019. sa https://www.pinterest.com/pin/504825439461534073/?lp=true	18
Slika 14: Izgled izbronika za četke (<i>The Brush Menu</i> , bez dat.) Preuzeto 17.08.2019 sa http://what-when-how.com/zbrush-character-creation-advanced-digital-sculpting/the-brush-menu-sculpting-in-zbrush-zbrush-character-creation-part-1/	19
Slika 15: Izgled Subtool palete (<i>Subtool</i> , bez dat.) Preuzeto 17.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/zbrushcore/reference-guide/tool/subtool/	21
Slika 16: Izgled Layers palete (<i>3D Layers</i> , bez dat.) Preuzeto 17.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/sculpting/3d-layers/	22

Slika 17: Različiti tipovi površinskih „šumova“ (<i>Surface Noise Presets for ZBrush</i> , bez dat.) Preuzeto 17.08.2019. http://www.environmentary.com/zbrush-surface-noise/	23
Slika 18: Primjer korištenja Transpose opcije (<i>Transpose</i> , bez dat.) Preuzeto 18.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/transpose/	23
Slika 19: Primjer upotrebe VDM-a (<i>Alpha 3D Brushes</i> , bez dat.) Preuzeto 18.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/sculpting/sculpting-brushes/vector-displacement-meshes/alpha3d-brushes/	24
Slika 20: Različite frizure napravljene FiberMesh alatom (<i>FiberMesh</i> , bez dat.) Preuzeto 18.08.2019. sa https://pixologic.com/zclassroom/workshop/fibermesh	25
Slika 21: MicroMesh primjer (<i>MicroMesh</i> , bez dat.) Preuzeto 18.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/micromesh/	26
Slika 22: Izgled Projection Master dialoga (<i>Projection Master</i> , bez dat.) Preuzeto 19.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/sculpting/projection-master/	26
Slika 23: Polypaint bez gradijenta (lijevo) i sa uključenim gradijentom (desno) (<i>Polypaint</i> , bez dat.) Preuzeto 19.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/painting-your-model/polypaint/	27
Slika 24: <i>Spotlight</i> opcije na paleti tekstura (<i>Spotlight</i> , bez dat.) Preuzeto 19.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/painting-your-model/spotlight/	28
Slika 25: Izgled i funkcije <i>Spotlight</i> „brojčanika“ (<i>Spotlight Dial</i> , bez dat.) Preuzeto 19.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/snapshot3d/spotlight-dial/	29
Slika 26: Prikaz 3D tijela (lijevo) i pripadajućeg spljoštenog prikaza (<i>UV Master</i> , bez dat.) Preuzeto 19.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/zbrush-plugins/uv-master/	29
Slika 27: Prikaz modela u <i>Best Preview Render</i> načinu (<i>BPR</i> , bez dat.) Preuzeto 20.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/materials-lights-rendering/rendering/bpr/	30
Slika 28: <i>Timeline</i> izgled (<i>Timeline</i> , bez dat.) Preuzeto 20.08.2019. sa http://docs.pixologic.com/user-guide/movies/timeline/	31
Slika 29: Primjer ilustracije (<i>Phoenix Concept – ZBrush Illustration</i> , bez dat.) Preuzeto 20.08.2019. sa https://www.artstation.com/artwork/Yagvww	32
Slika 30: Primjena ZBrush-a u filmu, <i>Avatar</i> (<i>ZBrush Film Reel 2013</i> , 18.12.2013.) Preuzeto 20.08.2019. sa http://www.cgmeetup.net/home/zbrush-film-reel-2013/	34
Slika 31: Primjena ZBrush-a u videoigrama (<i>Video Game Beards and Hair</i> , 17.06.2013.) Preuzeto 20.08.2019. sa https://kotaku.com/video-game-beards-and-hair-are-more-interesting-than-513932669	35
Slika 32: Konceptualni model automobila (<i>Vehicle Design</i> , bez dat.) Preuzeto 20.08.2019. sa https://pixologic.com/zbrush/industry/automotive-design/	35
Slika 33: Početak modeliranja uz ZSphere prikazan na prijenosnom računaru Acer Aspire5	36
Slika 34: Dodavanje novih sfera prikazano na prijenosnom računaru Acer Aspire 5	37

Slika 35: Produživanje novih sfera prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	37
Slika 36: Izrada prvog para nogu prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	38
Slika 37: Središnji dio s tri para nogu prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	38
Slika 38: Dodana glava i ostatak tijela prikazano na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	39
Slika 39: <i>Base mesh</i> izgled pauka prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	39
Slika 40: Konačni izgled "kostura" prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	40
Slika 41: Obojan model prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	41
Slika 42: Konačni izgled modela pauka napravljenog u alatu ZBrush prikazan na prijenosnom računalu Acer Aspire 5	41