

OSNOVNI PRINCIPI 3D MODELIRANJA

LARISA CARLI

Fakulteta za matematiko in fiziko
Univerza v Ljubljani

3D modeliranje je del računalniške grafike in je tesno povezano z matematiko, predvsem z linearno algebro. Je proces ustvarjanja matematične predstavitve tridimenzionalnega objekta. Proces, ki računalniku omogoči, da tako predstavljene objekte prikaže na dvodimenzionalnem zaslonu, se imenuje 3D upodabljanje. Tudi 3D upodabljanje temelji na matematiki in delih fizike. V članku bodo predstavljeni osnovni principi 3D modeliranja.

V članku so najprej prikazane osnovne modelirne operacije, potem pa različni pristopi k 3D modeliranju in metode, ki se pri pristopih uporabljajo. Na koncu je predstavljena še pomembnost pravilnega modeliranja in lastnosti ustrezno zmodeliranega modela.

BASIC PRINCIPLES OF 3D MODELING

3D modeling is a part of computer graphics and is closely related to mathematics, especially linear algebra. It is the process of developing a mathematical representation of a three-dimensional object. The process that enables the computer to visually represent those objects on two-dimensional screen, is called 3D rendering. 3D rendering relies heavily on mathematics and branches of physics, such as optics and mechanics. The basic principles of 3D modeling will be presented.

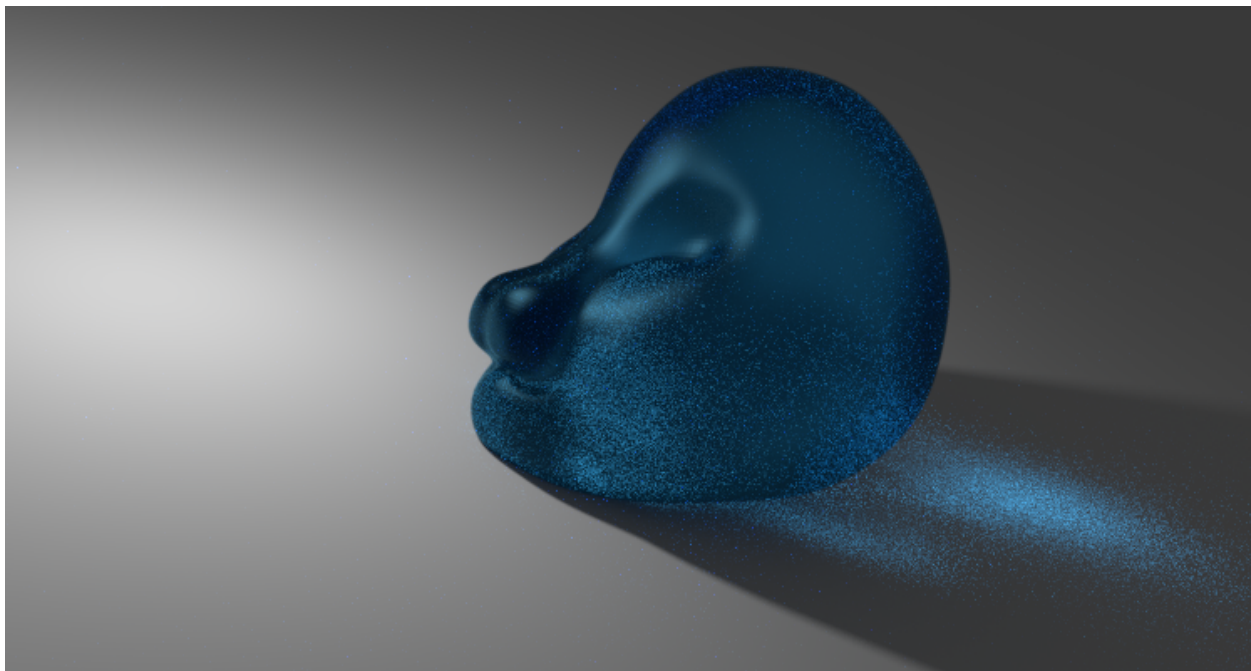
Firstly, some basic modeling operations are presented in the article, which are followed by different approaches to modeling as well as methods used with those approaches. At the end, the importance of proper modeling practices and the properties of a properly modeled model are shown.

1. Uvod

3D modeliranje v računalniški grafiki imenujemo proces razvijanja oziroma ustvarjanja matematične predstavitve trodimenzionalnih objektov. To lahko dosežemo z uporabo orodij v programih za modeliranje ali direktno s programiranjem in uporabo enačb [4]. Uporaba temu namenjenih orodij je enostavnejša, saj oblikovalcu omogoča precej večji nadzor nad obliko modela. Takšni programi za zakulisjem pišejo enačbe, ki ustrezajo našemu modelu, mi pa skrbimo samo za izgled modela. Med uporabo takih programov računalnik prikazuje vizualno predstavo naših objektov, sam pa v ozadju operira z velikimi količinami podatkov, tipično shranjenih v matrikah.

Rezultat našega ustvarjanja imenujemo 3D model. Model ima določeno obliko, ki ji doda še druge optične lastnosti - materiale in/ali teksture. Ponavadi se tega ne zavedamo, saj programi osnovne konfiguracije opravijo namesto nas. Če ne določimo barve objekta, navidezne kamere in luči v prostoru, objekta računalnik ne more upodobiti. Objekt, ki ga vidimo na ekranu, je rezultat 3D upodabljanja [1, str. 139-144, 169-178]. 3D upodabljanje je velika veja računalniške grafike in se ukvarja predvsem s tem, kako objekt z učinki odsevnosti, senčenja, lomljenja svetlobe materialu itd. prikazati na dvodimenzionalni ekran [3, str. 144].

Računalnik 3D model s procesom upodabljanja (ang. 3D rendering) prikaže kot dvodimenzionalno sliko, pri čemer gre v osnovi za pravokotno projekcijo objekta na ravnino, katere del vidimo na ekranu, kot sliko. Prikazovanje takih slik temelji na kompleksnih algoritmih iz optike in mehanike, zaradi česar pravo upodabljanje objekta traja precej časa (lahko tudi nekaj dni). Pri sprotni vizualni predstavitvi objekta med modeliranjem gre za precej enostavnejše upodabljanje, saj temelji na najenostavnejših algoritmih za prikaz tridimenzionalnih objektov na dvodimenzionalni površini – ekranu. Zato med takim upodabljanjem ne vidimo pravih učinkov luči, senčenja, lastnosti materialov, npr. prosojnosti. To nam omogoča nemoteno modeliranje objektov, ki sicer, brez zelo zmogljivih računalnikov, ne bi bilo mogoče.



Slika 1. Na sliki lahko vidimo slabo upodobljeno sliko preprostega modela z dvema lučema in manj zahtevnim materialom. Medtem ko taka upodobitev traja okrog 5-10 minut, bi upodobitev, pri kateri ne bi več zaznali šuma, trajala okrog 30 minut (odvisno od moči procesorja in od tega ali uporabljamo CPU ali GPU). V primeru, da uporabljamo napredne nastavitve materialov, dodamo naprednejše nastavitve za senčenje in luči, sceni dodamo več luči itd., lahko kvalitetna upodobitev traja tudi več dni.

2. Zgradba 3D modela

Modele lahko ustvarimo in spreminjamo na različne načine, v osnovi pa so sestavljeni iz točk, robov in poligonov.

Točka

Točka je najosnovnejši element 3D (ali 2D) modela. Vsaka točka ima svojo X, Y in Z koordinato, ki predstavlja njeno postavitvev v tri-dimenzionalnem prostoru. Vsaka točka hrani informacije o svoji postavitvi, lahko pa hrani tudi dodatne informacije o svoji UV komponenti, teži, barvi in logični vrednosti, ki shranjuje informacijo o tem, ali je točka izbrana ali ne.

UV tekstura ali UV zemljevid hrani informacije o dveh dodatnih komponentah točk objekta. Prva komponenta (U) predstavlja predstavitev na vodoravni osi, druga komponenta (V) pa na navpični osi. UV zemljevidi so 2D predstavitev 3D prostora in se uporabljajo za nanos barve in drugih tekstur oziroma zemljevidov [2, str. 102-104].

Dodatna informacija o teži posamezne točke pomaga določiti, kako se bodo nekatera območja med animacijo modela premikala. Dodajanje teže točkam se uporablja predvsem pri dodajanju kosti telesu (ang. rigging), s čimer omogočimo telesu, da ga lahko deformiramo med uporabo pri animaciji. Težo se doda na primer točkam na bradi, da se ob premiku ustrezne obrazne kosti točke premaknejo s kostjo, kar omogoča bolj realne deformacije delov modela pri animaciji [2, str. 105], [1, str. 75].

Daljica ali rob

Del premice, ki je določena z dvema točkama, predstavlja daljico. V modeliranju to daljico ponavadi imenujemo rob (angl. edge), saj tako določene daljice predstavljajo robove modela. Tudi robovi

lahko hranijo informacije o svoji teži, vendar nekateri formati za izvoz modelov teh informacij ne podpirajo, zato se ponavadi ne uporabljajo. [2, str. 107]

Rob je enodimenzionalen objekt, več povezanih robov pa predstavlja dvodimenzionalen poligon. Preprostejši modeli so tipično sestavljeni iz nekaj sto ali nekaj tisoč poligonov, zelo kompleksni pa so lahko sestavljeni tudi iz več milijonov poligonov, kar je torej ogromno točk in ogromno informacij. Ker smo zaenkrat še precej omejeni s spominom računalnika (RAM) in številom jeder ter hitrostjo procesorja, je skrb za čim manjše število poligonov neizmerno pomembna. V nasprotnem primeru računalniki niso sposobni dovolj hitrega manipuliranja oziroma upodabljanja objektov.

Poligonska mreža

Poligonska mreža (angl. polygon mesh) je skupek točk, robov in poligonov, ki skupaj predstavljajo polieder [5].

Mrežo lahko direktno spreminjamo, tako da s točkami in posredno z robovi in poligoni upravljamo na različne načine. Točke, robove in poligone lahko v prostoru prestavljamo in jih razširjamo, robove in poligone pa lahko še skaliramo in rotiramo [1, str. 28-29]. Čeprav govorimo o poligonih, se za filmsko industrijo tipično uporabljajo štirikotniki [2, str. 157], v igrah pa trikotniki [2, str. 158].

Več o štetju poligonov in razlogih za uporabo štirikotnikov oziroma trikotnikov je opisano v poglavju Lastnosti dobrega modela.

3. Osnovne modelirne operacije

Modelirne operacije so operacije, ki nam omogočajo manipulacijo z objektom. Pod modelirne operacije spadajo translacija (vzporedni premik), rotacija in skaliranje (spreminjanje velikosti). Poznamo še več operacij, vsem pa je skupno to, da jih lahko kombiniramo in na objektu uporabimo več operacij hkrati – kompozitum operacij. Ker so točke s svojimi koordinatami shranjene v matrikah, gre pri uporabi operacij na objektih za množenje matrike z informacijami o objektu s transformacijskimi matrikami [3, str. 56], [1, str. 29-32]. V nadaljevanju je naštetih še nekaj osnovnih operacij, ki jih najdemo v vsakem programu za modeliranje.

3.1 Booleanove operacije

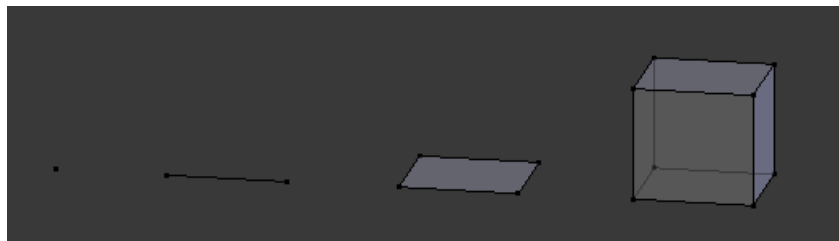
V modeliranju nas pri uporabi booleanovih operacij zanima, na kak način lahko združimo množice (točk), da dobimo nov objekt. V večini programov za modeliranje lahko uporabimo tri osnovne operatorje: IN (presek množic), ALI (unija množic) in NE (razlika množic). Pri zadnji operaciji moramo paziti, v kakšnem vrstnem redu izberemo množici, na katerih operacijo izvedemo. Operacija se pogosto uporablja pri objektih, ki jim želimo nek del izrezati iz površine, na primer za luknjo v predmetu.



Slika 2. Uporaba operacije NE (razlika množic) na kvadru (kvadru smo izrezali luknjo v obliki valja).

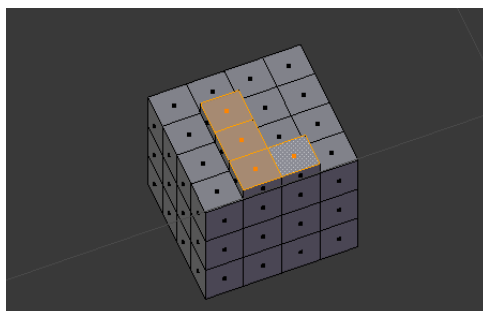
3.2 Izrinjevanje (ang. extrude)

To je ena izmed temeljnih tehnik dodajanja globine in/ali podrobnosti modelov. Operacija poveča/razširi del objekta na tak način, da doda poligonski mreži nov objekt, ki ima dimenzijo za ena višjo od objekta, iz katerega smo ga izrinili. Operacijo lahko uporabimo na točki, robu ali poligonu. Če razširimo točko, dobimo rob (1D). Če razširimo rob, dobimo poligon (2D). Če razširimo poligon, dobimo kvader (3D).



Slika 3. Uporaba operacije izrinjevanja na točki, premici in poligonu.

Med procesom izrinjevanja določenega poligona, poligoni, ki imajo skupne robove z izbranim poligonom, ostanejo na miru. Med njimi in poligonom, ki ga izrinjamo, pa se ustvarijo novi poligoni. Primer je prikazan na sliki 4.



Slika 4. Uporaba operacije izrinjevanja na delih modela.

3.3 Rez (ang. edge loop)

Pogosto se zgodi, da model nima dovolj poligonov, da bi ga lahko izrinili na ustreznem mestu. V tem primeru poligonski mreži dodamo rez, ki poligon razdeli na dva ali več delov na mestu, kjer želimo [1, stran 61].

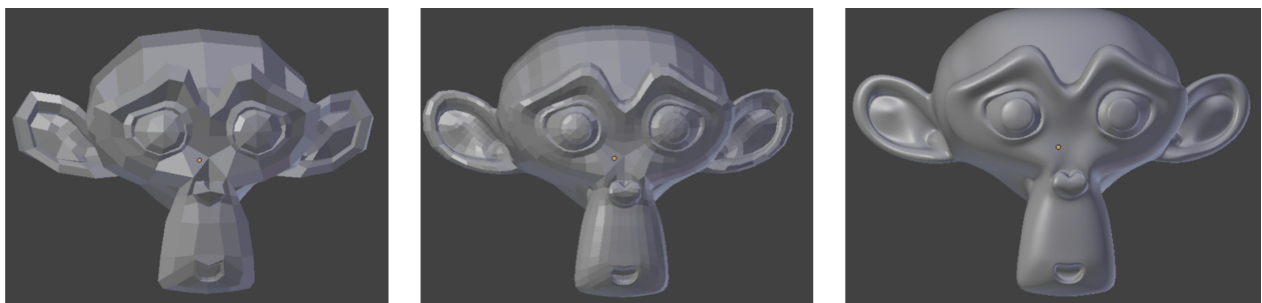


Slika 5. Na levi vidimo sliko dela modela, kjer bi radi dodali neka podrobnosti, na desni zgoraj uporabo operacije reza in na desni spodaj primer dodajanja podrobnosti s pomočjo dodatne geometrije.

3.4 Razdeljevanje površine (ang. subdivision surface, oznaka SubD)

Z algoritmom za razdeljevanje površine se zgladi površino modela. Tako dobimo bolj krivuljaste površine namesto grobih poligonastih površin. Algoritem deluje tako, da vsak poligon modela razdeli na več delov, pri čemer je učinek enak kot dodajanje rezov objektu na tak način, da vsak poligon razdelimo na več delov [2, str. 55-57, 63].

Dodajanje robov tudi posledično poveča število poligonov, ker pa število novih poligonov zelo hitro naraste, s tem algoritmom ne smemo pretirati. Uporaben je predvsem zato, ker omogoča hitro modeliranje enostavnejših, bolj grobo izgledajočih modelov, na katerih algoritem uporabimo, da zgladimo površino. Uporaben je tudi iz razloga, da je zelo koristno imeti isti model z različnim številom poligonov. Kjer model vidimo поблиže prikazan, uporabimo tistega z večjim številom poligonov, v ozadju pa tistega z manjšim. To tehniko zelo pogosto uporabljamo v 3D igrah [1, str. 160].

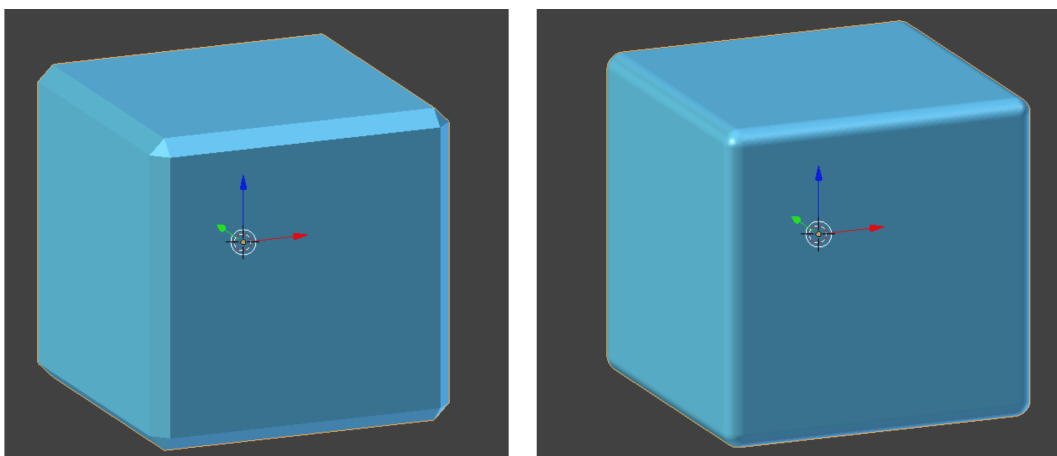


Slika 6. Razlika med izgledom modela brez uporabe algoritma za razdelitev površin (leva slika - 968 trikotnikov), razdelitev površine na stopnji 1 (sredinska slika - 15744 trikotnikov) in razdelitev površine na stopnji 4 (desna slika - 251904 trikotnikov).

Za večje razdelitve razlike med gladkostjo površine ne opazimo več. Zato je nesmiselno površine še bolj razdeljevati.

3.5 Zaokroževanje robov (ang. bevel)

Kot pove ime, ta operacija zaokroži robove na poligonski mreži. Učinek je viden na sliki 8.



Slika 7. Levo operacija z enim zaokroževanjem roba, desno operacija s 16 zaokroževanji roba.

Poznamo še ogromno podobnih modelirnih operacij, z uporabo katerih lahko poligone objektov zmanipuliramo v poljubne oblike, vendar bi bil članek predolg, če bi omenili vse.

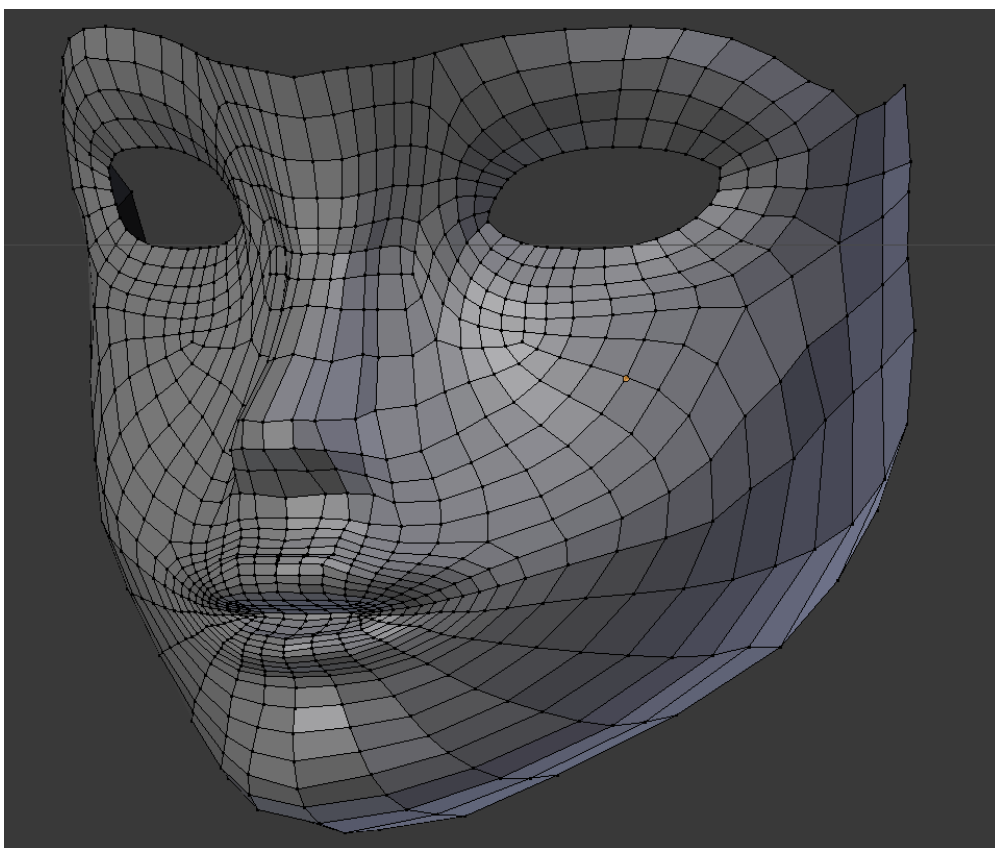
4. Pristopi modeliranja

Modeliranje je panoga, kjer lahko iste rezultete (torej modele) dobimo z uporabo različnih tehnik. Vsaka ima svoje prednosti in slabosti, zaradi česar je koristno poznati čim več tehnik in izbiro tehnike prilagoditi tipu modela. To nam pogosto lahko prihrani veliko časa ali izboljša natančnost podrobnosti modela [2, stran 121-122].

4.1 Pristop izgradnje (ang. build out ali edge-by-edge)

To je najstarejši pristop modeliranja, ki se še vedno zelo pogosto uporablja. Poznan je tudi pod imenom modeliranje z izrinjanjem, saj pri tem pristopu začnemo modelirati tako, da najprej ustvarimo prvo točko, rob ali poligon, potem pa točke, robove ali poligone ustrezno izrinjamo v robove in poligone, dokler ne povežemo vseh poligonov v poligonsko mrežo. Ta način je najbolj uporaben pri konstrukciji modelov, za katere točno vemo, kako bodo izgledali. Slike modela, ki ga želimo ustvariti, uvozimo v program, v katerem gradimo po tej sliki. Pri tem je dobro imeti slike (ali ilustracije) z večih zornih kotov, da lahko poligone točno prilagodimo obliki objekta.

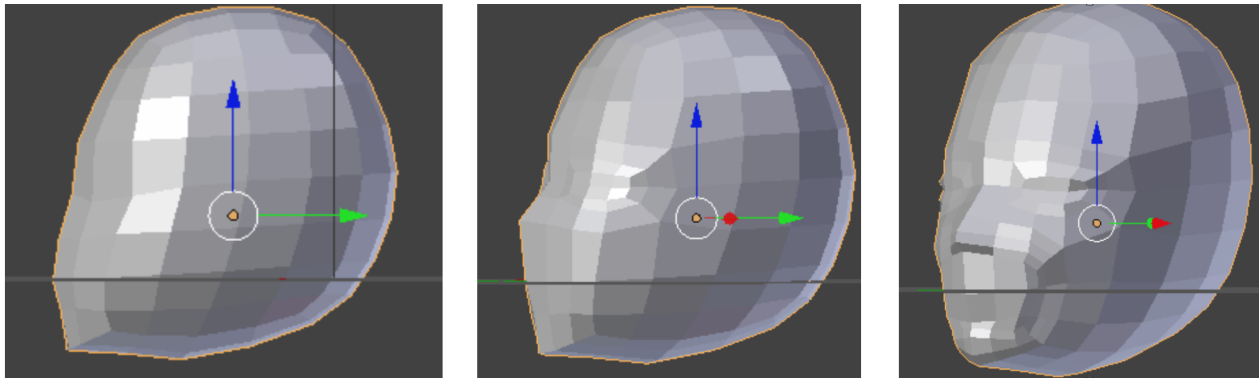
Točke z več kotov (ponavadi s sprednje strani, desne/leve strani in še ptičje perpektive) prilagajamo objektu, dokler ne dobimo zelene oblike. Ta pristop omogoča velik nadzor nad obliko modela in razporeditvijo oziroma pretokom poligonov (ang. polygon flow), kar je izjemno pomembno za nanašanje tekstur na objekte in kasneje za animiranje (več o tem v poglavju Lastnosti dobrega modela). Najpogosteje se pristop uporablja za konstrukcijo obraza [2, str. 121-123].



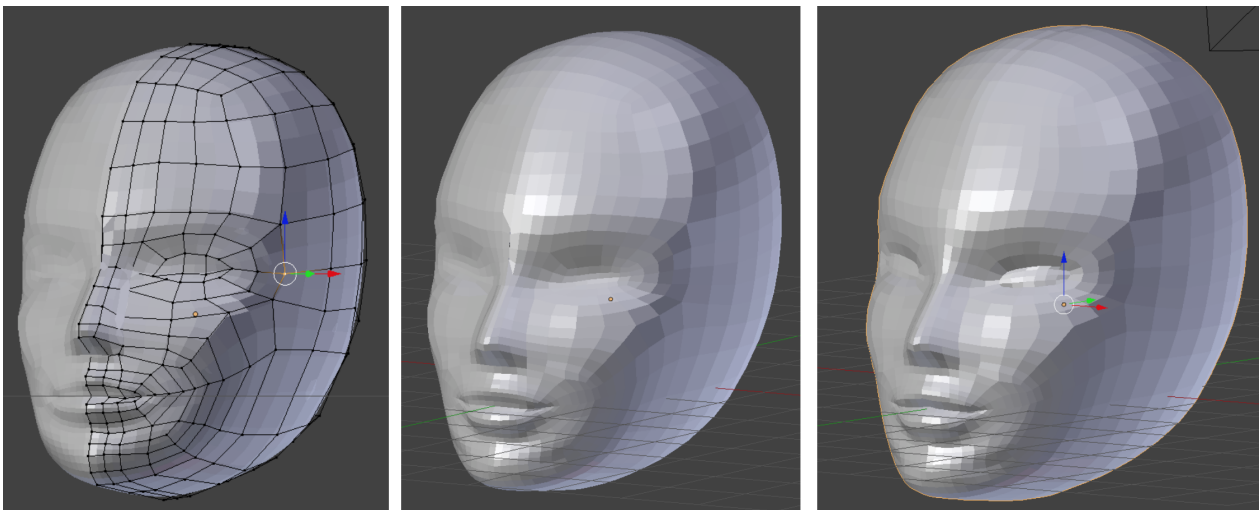
Slika 8. Primer konstrukcije dela obraza s tehniko „edge-by-edge“

4.2 Poligonsko modeliranje

Pri poligonskem modeliranju gre za manipuliranje enega izmed osnovnih likov, ponavadi kocke ali krogle, pri čemer uporabljamo osnovne operacije izrinjevanja, razdeljevanja površin itd. Uporablja se za podobne stvari kot metoda izgradnje in je podobno priljubljena. Razlika med pristopom izgradnje in poligonskim modeliranjem je, da pri tem načinu začnemo s telesom in ne z likom, kot pri metodi izgradnje. To telo oziroma polieder spreminjamo, dokler nismo z obliko zadovoljni, medtem ko pri metodi izgradnje telo sestavljamo iz poligonov in je sklenjeno pogosto šele, ko je model končan. Metode, ki jih uporabljamo pri poligonskem modeliranju, prav tako omogočajo hitro manipulacijo modela, je pa za dodajanje podrobnosti in ohranitev dobrega poligonskega toka potrebnih več izkušenj [2, str. 126-127].



Slika 9. Modeliranje začnemo z uporabo algoritma za razdelitev površine na kocki in obliko preoblikujemo, da bolje ustreza ciljni obliki. Objektu dodamo nove reze na mestih, kjer jih potrebujemo, in poskusimo obliko še bolje prilagoditi modelu.



Slika 10. Spet uporabimo algoritem za razdelitev površin, ki naredi naš model bolj gladek in enostavnejši za dodajanje podrobnosti. Modeliranje bi nadaljevali tako, da bi dodali reze na mestih, kjer model potrebuje več podrobnosti, torej na predelu oči, nosa in ust, ter novo nastale točke prilagajali obliki do želene natančnosti.

4.3 Uporaba NURBS krivulj

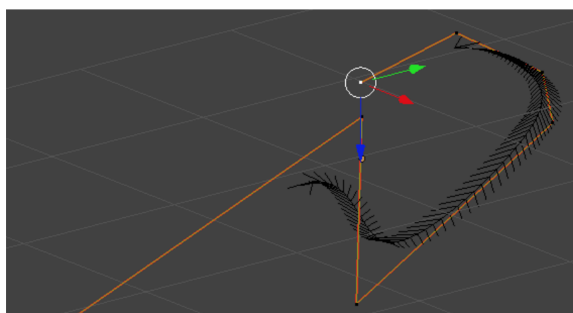
NURBS (Non-Uniform Rational Basis Spline) so matematično definirane krivulje. Določene so z redom, množico uteženih (ali neuteženih) kontrolnih točk in vozelnim vektorjem (ang. knot vector).

Red krivulje določa število bližnjih kontrolnih točk, ki vplivajo na točke na krivulji. Matematično

krivuljo predstavimo z polinomom, ki ima stopnjo za ena nižjo od reda (daljica ima red 2, krivulja s obliko podobno črki U red 3, krivulja s obliko podobno črki S red 4 itd.).

Kontrolne točke določajo obliko krivulje, s povečanjem števila kontrolnih točk pa dosežemo višjo natančnost prilagajanja krivulje željeni krivulji. S dodajanjem teže oziroma utežitvijo točke prav tako nadzorujemo obliko krivulje, vendar pri tem ni treba dodati dodatnih kontrolnih točk. Vozeljni vektor predstavlja zaporedje parametričnih vrednosti, ki določajo kje in kako kontrolne točke vplivajo na NURBS krivuljo. [6]

Za razliko od poligonske mreže, na kateri vidimo poligone, ko se mreži dovolj približamo, se nam pri NURBS krivuljah to ne more zgoditi. Ker so predstavljene z matematično enačbo, se jim pogostost točk nikoli ne zniža toliko, da bi lahko videli daljice oz. robove krivulje, kot pri modelih zmodeliranih z poligonskim modeliranjem. So resolucijsko neodvisne [3, str. 53].

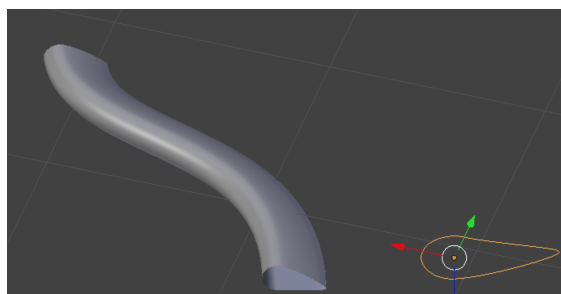


Slika 11. NURBS krivulja.

S pomočjo krivulj lahko na zelo hiter način ustvarimo objekte, kot so kozarci, vaze, cevi itd. S samo dvema krivuljema lahko ustvarimo precej zanimive in kompleksne oblike, ki jih dobimo tako, da programi med krivuljami „pokrpajo“ praznino s površinami, ki skupaj predstavljajo cel objekt.

Krivulje NURBS uporabljamo predvsem v industriji in strojništvu. Modelirji vozil pogosto uporabljajo izključno to metodo.

Ko iz NURBS krivulj dobimo model, s katerim smo zadovoljni, ga pretvorimo v poligonsko mrežo, saj jih računalnik sicer ne zna upodobiti z različnimi svetlobami, materiali in efekti. Z uporabo teh krivulj lahko v nekaj korakih ustvarimo izjemne stvari, je pa za dobro upravljanje in nadzor nad tako dobljenimi objekti potrebnih več izkušenj, kot pri nekaterih drugih tehnikah [1, str. 45-48].



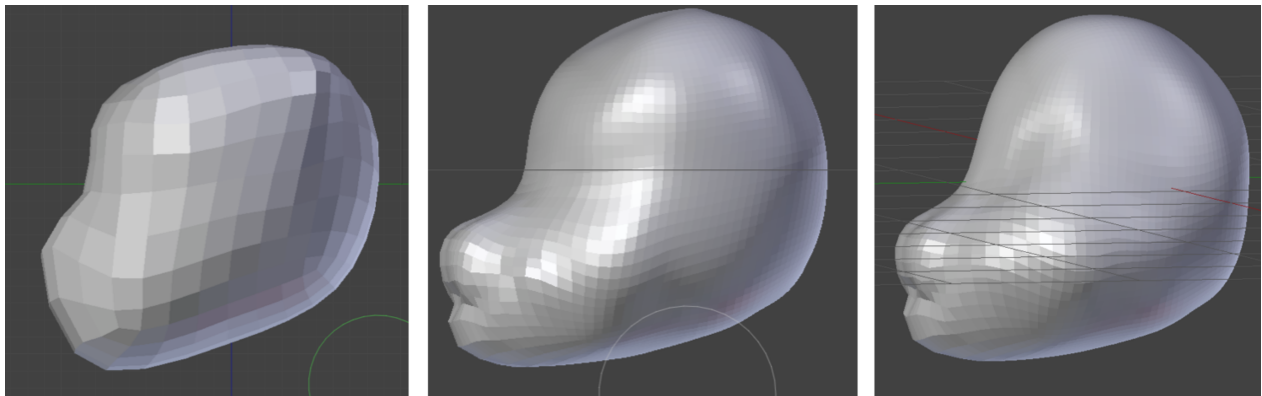
Slika 12. Primer nekakšne cevi, ki smo jo dobili iz dveh NURBS krivulj.

4.4 Digitalno kiparstvo (ang. sculpting)

Ta metoda je zelo podobna tradicionalnemu kiparstvu. Oblikovalec s pomočjo različnih pripomočkov preoblikuje eno od osnovnih oblik, ki ima tipično veliko število poligonov (pogosto nekaj milijonov – ti mu omogočijo velik nadzor nad obdelavo oblike).

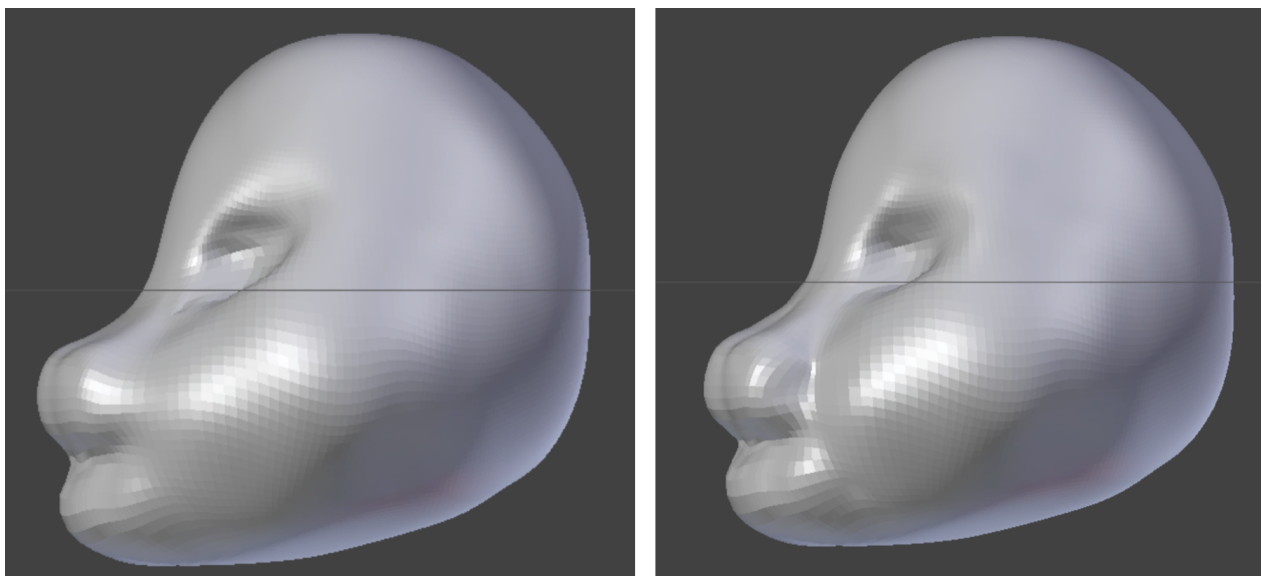
Na ta način oblikovalec doseže izjemen nivo natančnosti in foto-realističnost modela. Za razliko od drugih tehnik, pri tej tehniki oblikovalec ne posveča nobene pozornosti poligonom in mrežni topologiji (opisani v poglavju Lastnosti dobrega modela), ampak se posveča samo obliki. Kasneje po potrebi objektu spremeni tok poligonov [1, str. 128, 281-282]. Pogosto to metodo uporabimo, da podrobnosti na modelu shranimo v tako imenovan „normalni zemljevid“ (ang. normal map), ki ga uporabimo na modelu s precej manjšim številom poligonov. Ta zemljevid doda modelu veliko število podrobnosti, ne da bi povečali število poligonov objekta. Tehnika je precej pogosta pri izdelavi objektov za 3D igre, kjer je število poligonov na objekt zelo omejeno, saj bi veliko število poligonov zmanjšalo hitrost in gladkost delovanja igre [1, str. 150].

Sam proces kiparjenja je zelo sproščujoč in zabaven, saj z različimi „čopiči“ objekt preoblikujemo zelo hitro. Objektu zlahka spreminjamo obliko in mu dodajamo podrobnosti. Primer kako hitro lahko iz krogle ustvarimo enostavno obliko obraza neke živali je prikazan na slikah 13-15.



Slika 13. Podobno kot pri poligonskem modeliranju, začnemo s kocko, ki ji nekajkrat razdelimo površino. Uporabljamo čopič, ki nam dovoli, da „maso“oblikujemo, kot želimo.

Med procesom razdeljujemo površine, tako da imamo več poligonov s katerimi postopoma dodajamo podrobnosti.

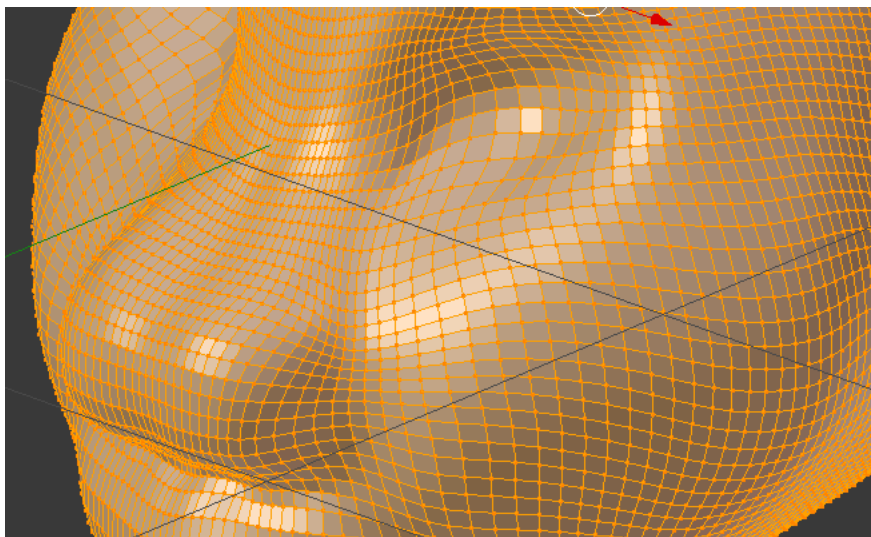


Slika 14. Dodamo še nekaj podrobnosti, da model začne dobivati obliko. Proces bi nadaljevali z različnimi čopiči, tako da bi v maso vrezovali podrobnosti ali jo kako drugače izpopolnjevali.

Na sliki 13 je prikazan model v začetnih fazah kiparjenja. Za izdelavo takega modela bi z drugimi tehnikami potrebovali več časa, čeprav je čisto enostaven. Ko gre za modeliranje objektov z mnogimi

podrobnostmi, kot so luske na nekaterih živalih, se ob izbiri tega načina modeliranja porabljen čas za izdelavo objekta izjemno skrajša.

Pristop pa ima vseeno dve slabosti - precej manjši nadzor nad številom in tokom poligonov in nenatančnost modela. Primeren je za umetniško oblikovanje, nikakor pa ne za strojništvo. Seveda je pri tej metodi zelo pomemben talent, brez katerega precej težje kaj ustvarimo. Pri drugih tehnikah talent ni toliko pomemben, saj gre bolj za naučene procese in izkušnje.



Slika 15. Na sliki je prikazano precej veliko število nepotrebnih poligonov, ustvarjenih ob kiparjenju. Ko model ustvarjamo z drugimi metodami, poligone bolje izkoristimo in isto natančnost dosežemo z manjšim številom poligonov in boljšo razporeditvijo.

5. Lastnosti dobrega modela

Pri modeliranju ne gre samo za izgled modela. Model s prevelikim številom poligonov je za uporabo v računalniških igrah neuporaben, saj igra zaradi njega ne bo mogla gladko teči. Prav tako je neuporaben model s poligonsko mrežo, ki je neenakomerna ali na mestih celo pretrgana. Taka mreža se pri animaciji in UV odvijanju (proces za nanos tekstur) ne bo dobro obnesla. Če je mreža sestavljena tudi iz n-kotnikov z večjim številom kotov kot 4, se lahko pri uporabi algoritma za razdeljevanje površine na površini modela pojavijo čudni izrastki, saj algoritem ne deluje dobro na takih poligonih. Takemu modelu je težko dodati kosti za animacijo, saj se v pregibih ne bo ustrezno upogibal.

Negativnih posledic slabega dela oblikovalca je za kasnejšo uporabo modela ogromno. Zaradi tega je za oblikovalca pomembno, da pozna tudi osnove UV odvijanja in vstavljanja kosti, saj s tem znanjem bolje razume ustrezno razporeditev in tok poligonov. Po mnenju Williama Vaughana, avtorja knjige *Digital modeling*, ki je modeliral za več znanih podjetij kot je Pixar, kakovost modela določita dve glavni lastnosti: število poligonov in mrežna topologija [2, str. 147-158].

Število poligonov

Čim nižje število poligonov ni pomembno samo zaradi procesiranja in upodabljanja, ampak tudi zaradi precej lažjega in bolj predvidljivega UV odvijanja in dodeljevanja teže in kosti točkam. Poligone štejemo po tem, koliko trikotnikov ima model. V osnovi težimo k temu, da imamo v modelu samo štirikotnike (v nekaterih področjih trikotnike), štejemo pa jih po tem, koliko je trikotnikov. Računalnik pred upodabljanjem poligone modele pretvori v trikotnike, saj grafične kartice delajo samo s preprostimi poligoni [1, str. 33].

Najbolj povečamo število poligonov, ne da bi se tega zavedali, z uporabo algoritma za razdaljevanje površin, kar smo videli že v poglavju o njegovi uporabi.

Mrežna topologija (ang. mesh topology)

V modeliranju, topologija označuje način, na katerega je zgrajen 3D model, tj. kako so razporejeni in med sabo povezani poligoni. Razporeditev in tok poligonov sta zelo pomembna, če želimo modelu dodati materiale in kosti. Če je razporeditev poligonov neprimerna, se ob nanosu materialov nekateri deli teksture na modelu lahko preveč raztegnejo ali skrčijo, ob deformacijah modela pa celo strgajo. Poligoni s številom robov večjim ob 4 se ob deformacijah obnašajo zelo „nenaravno“, zaradi česar je objekt težje animirati.

Za prepoznavanje dobre mrežne topologije je potrebnih precej izkušenj, saj neprimerne mrežne razporeditve včasih ni enostavno prepoznati. V principu poskušamo robove čimbolje prilagoditi naravni zgradbi objekta. Če modeliramo telo ali obraz človeka, poskušamo robove prilagoditi mišicam in čimbolje upoštevami anatomijo človeka. Če zanke dodamo na ustrezna mesta, tako da poligonski tok teče v smeri mišičnih tkiv, se ob deformacijah deli modela obnašajo zelo naravno, kar ponavadi želimo doseči [2, str. 156]. Na modelu s ustreznim poligonskim tokom je zelo enostavno doseči, da se ob nasmehu usta raztegnejo in prizdignejo, lica ustrezno dvignejo, kotički oces privzdignejo itd. Občutek za ustvarjanje dobre topologije dobimo z poznavanjem teorije in veliko izkušnjami, pogosto pa je ta občutek to, kar loči profesionalnega oblikovalca od povprečnega ali slabega oblikovalca. [2, str. 153-158]

6. Zaključek

Računalniška grafika je zelo razsežna panoga, 3D modeliranje pa je le njen del, ki se ukvarja z izdelavo oblike modelov. Veliko modelov izdelanih s 3D modeliranjem gre tudi skozi fazo prirejanja materialov oziroma tekstur, fazo dodeljevanja kosti modelu in pogosto tudi skozi fazo animacije. Tako izdelan model je potem dokončan in primeren za uporabo v filmih in igrah. Kot smo omenili, je za razumevanje dobre topologije potrebno poznavanje vsaj osnovnih principov vstavljanja kosti in tekstiranja oziroma UV odvijanja [2, str. 40-50]. Žal sta ti dve področji preobsežni, da bi jih v tem članku spoznali.

LITERATURA

- [1] CHOPINE, Ami. 2011. 3D Art Essentials: The Fundamentals of 3D Modeling, Texturing and Animation. Oxford: Elsevier. ISBN: 978-0-240-81471-1
- [2] VAUGHAN, William. 2012. Digital Modeling. USA: Pearson Education. ISBN: 978-0-321-70089-6.
- [3] ERZETIČ, Blaž in GABRIJELIČ, Helena. 2010. 3D od točke do upodobitve. Druga izdaja. Postojna: Pasadena. ISBN: 978-961-6661-11-9.
- [4] 3D modeling [online]. 2016. Wikipedia, the free encyclopedia. [Povzetek 17. avg. 2016]. Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling.
- [5] Polygon mesh [online]. 2016. Wikipedia, the free encyclopedia. [Povzetek 17. avg. 2016]. Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon_mesh.
- [6] Non-uniform rational B-spline [online]. 2016. Wikipedia, the free encyclopedia. [Povzetek 11. sep. 2016]. Dostopno na spletnem naslovu: https://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline.