

UNIVERZITET SINGIDUNUM
Departman za poslediplomske studije

PRIMENA VEKTORSKE I RASTERSKE GRAFIKE
U FOTOREALISTIČNOM 3D RENDEROVANJU
MASTER RAD

Mentor:

Prof. dr Dragan Cvetković

Student:

Igor Pavlović

Br. Indeksa: 410575/2011

Beograd, 2013.

S A D R Ž A J

Predmet istraživanja	5
Cilj istraživanja	6
Hipoteze istraživanja	7
Metode istraživanja	8
PRINCIPI RAČUNARSKE GRAFIKE	9
Grafički standardi	10
<i>PHIGS</i>	11
<i>OpenGL</i>	12
<i>DirectX</i>	12
HARDVER	13
Računar.....	13
Razvoj i primena	13
Komponente	14
Render farma	17
SKENIRANJE.....	18
3D skeneri	19
ŠTAMPANJE	20
FOTOGRAFIJA	21
Analogna fotografija	21
Digitalni fotoaparati	22
Prikaz boja.....	24

VEKTORSKA GRAFIKA	26
Uvod	26
Standardi.....	27
Formati	27
Programi	28
<i>Corel DRAW</i>	28
<i>Adobe Illustrator</i>	29
Oblici	30
<i>Linije</i>	30
<i>Krive</i>	30
Font.....	31
RASTERSKA GRAFIKA	32
Uvod	32
Programi	34
Photoshop	34
Osvetljenje.....	35
Layers	36
Standardi i formati.....	37
3D RAČUNARSKA GRAFIKA	39
Istorija.....	39
Programi	41
<i>3DS Max</i>	41
<i>Maya</i>	42
Standardi i formati.....	43
Perspektiva	45
Kamera u perspektivi	46
Modelovanje.....	47
<i>Poligoni</i>	47
<i>Nurbs</i>	47
<i>Digital Sculpt</i>	47

VEKTOR U 3D MODELOVANJU.....	48
Modifikatori	49
<i>Projekcija osnove</i>	49
<i>Nedestruktivno modifikovanje</i>	49
<i>Edit poly</i>	51
RASTER U 3D MODELOVANJU.....	52
Konvertovanje rastera u 3D.....	52
<i>Displacement mapping</i>	53
<i>Bump mapping</i>	53
<i>Parallax mapping</i>	54
MATERIJALI.....	55
Arch & Design	55
UVW mape.....	58
Blend materiali	59
Materijal Editor	60
RENDEROVANJE	61
Render engine.....	61
Ray tracing	62
Recursive ray tracing i Caustics	62
Photon mapping.....	63
Global Illumination	63
Render podešavanja.....	64
KAMERA	65
Objektiv	65
Dubina polja	66
Parametri osvetljenja	67
TEST SCENA.....	70
ZAKLJUČAK	79
LITERATURA.....	80

Predmet istraživanja

Prvi deo master rada opisuje osnove računarske grafike, uređaje i principe na čijem osnovu je nastala, kao i one na kojima se danas realizuje.

Drugi deo bazira se na osnovima vektorske, rasterske i 3d grafike, njihovim standardima, formatima, programima i alatima koji će kasnije biti korišćeni u trećem, finalnom pristupnom radu.

U trećem delu biće prikazani najbolji i najefikasniji načini korišćenja vektorske grafike za potrebe pripreme osnova trodimenzionalnih modela i rasterske grafike za pripremu slika i tekstura, koje će u kombinaciji sa alatima za trodimenzionalnu vizuelizaciju omogućiti postizanje fotorealističnih rezultata. Takođe, biće prikazani načini uštede vremena i resursa bez uticaja na konačan ishod finalnog proizvoda.

Cilj istraživanja

Naučni cilj istraživanja ovog master rada predstavlja proučavanje i primenu različitih tehnika trodimenzionalnog modelovanja, kombinovanog sa upotrebom vektorske i rasterske grafike u cilju postizanja fotorealističnih rezultata trodimenzionalne vizuelizacije.

Praktični cilj istraživanja je demonstriranje tehnika pripreme, podešavanja i izrade trodimenzionalnih modela i tekstura pomoću kojih je moguće skratiti vreme renderovanja na način koje neće negativno uticati na kvalitet finalnog proizvoda.

Hipoteze istraživanja

Opšta hipoteza: Kreiranje trodimenzionalne vizuelizacije predstavlja komplikovan proces kombinovanja rasterske i vektorske grafike, spojen matematički tačnim algoritmima preračunavanja kretanja i odbijanja svetlosti, kako bi se na što fotorealistični način simulirao realan svet oko nas.

Posebna hipoteza: Zbog prirode prikaza trodimenzionalnih modela i okruženja na dvodimenzionalni način, moguće je izvršiti zaobilaženje prikaza određenih prirodnih pojava, kao i uprošćavanje prikaza određenih materijala na takav način da je moguće skratiti i pojednostaviti proces bez negativnog uticaja na finalni ishod.

Metode istraživanja

Metodološku osnovu rada čini dijalektički metod istraživanja koji se zasniva na zakonitostima, posmatranju i istraživanju pojava kao i istorijskom razvoju. U trodimenzionalnoj vizuelizaciji to predstavlja kombinovanje tri oblasti računarske grafike i matematičke zakonitosti kroz računarske procese u cilju postizanja željenih rezultata.

Metoda analize i sinteze - proces kojim se analiziraju svi pojedinačni faktori koji mogu da utiču na postizanje fotorealističnih rezultata u trodimenzionalnoj vizuelizaciji.

Metoda indukcije i dedukcije – proces kojim se na osnovu prikupljenih rezultata istraživanja i testiranja dolazi do validnih podataka koji će se primenjivati u procesu reprezentacije stvarnog sveta putem 3D modela.

Metoda klasifikacije – metod kojim se svaki pojedinačni proces klasifikuje u određene kategorije i hijerarhijski ređa po prioritetu izrade.

Metoda deskripcije – proces u kome se klasifikovani metodi precizno opisuju i definišu.

Metoda kompilacije – proces kojim se postojeća saznanja, testovi i radovi iz oblasti kombinuju u cilju postizanja što preciznijih rezultata trodimenzionalne vizuelizacije.

PRINCIPI RAČUNARSKE GRAFIKE

Računarska grafika može da se definiše kao vizuelizacija slike napravljene pomoću računara. Interpretacija i razumevanje kompjutera kao i interpretacija dobijenih podataka omogućena i olakšana je korišćenjem računarske grafike. Njen razvoj je imao značajan uticaj na mnoge tipove medija što je dovelo je do revolucije animacije, filmova i industrije video igrice.

Izraz računarska grafika u širokom smislu koristi se za sve prikazano na računaru osim teksta ili zvuka (iako i prikaz teksta spada u računarsku grafiku). Tipično, koristi se za sledeće stvari:

- Predstavljanje i manipulaciju slike pomoću računara
- Različite tehnologije korišćene za stvaranje ili manipulaciju slika
- Polje kompjuterske nauke koja proučava metode digitalne sinteze i
- Manipulacije vizuelnog sadržaja

Računarski generisana slika (CGI - computer generated imagery) je danas široko rasprostranjena i može da se nadje u svim vizuelnim medijima.

Mnogi moćni alati razvijeni su da na što bolji način vizuelizuju podatke. Oni mogu biti podeljeni u tri osnovne celine:

- Alati za dvodimenzionalnu grafiku - 2D
- Alati za trodimenzionalnu grafiku - 3D
- Alati za animiranu grafiku

Napretkom tehnologije 3D grafika postaje sve prisutnija iako je 2D grafika i dalje najšire rasprostranjena. Računarska grafika pojavila se kao pod-polje računarske nauke koja izučava metode digitalno sintetizovanog sadržaja. Tokom prošle dekade, dodatno su razvijena ostala polja kao što su informatička vizuelizacija, kao i vizuelizacija trodimenzionih fenomena u meteorologiji, medicini i biologiji gde je naglasak na realističnosti volumena, površina, osvetljenja itd.

Grafički standardi

Graphical Kernel System - GKS

*Graphical Kernel System*¹ je prvi ISO standard računarske grafike uveden 1977. godine. GKS obezbeđuje set odlika za crtanje dvodimenzionalne vektorske grafike pogodne za kreiranje grafikona i sličnih aktivnosti na rasterskim uređajima. Dizajniran je tako da bude prenosan i čitljiv na različitim programerskim jezicima, grafičkim uređajima i programima, kako bi grafika bila identična na svim platformama.

GKS slike prave se od određenog broja “blokova za izgradnju”. Blokovi ili “*primitives*” kako se najčešće zovu, predstavljaju različite delove koji mogu da se koriste kao komponente slike:

- *Polyline*: sekvenca koja spaja linije kroz određene tačke
- *Polymarker*: marker koji označava sekvencu istim simbolom
- *Fillarea*: prikazuje zatvorene površine koristeći teksture ili šablone

Glavni razvijач i promoter GKS-a bio je *José Luis Encarnaçāo*, direktor *Fraunhofer* Instituta za kompjutersku grafiku (IGD) u Nemačkoj.

GKS je tokom osamedsetih i devedesetih godina korišćen kao osnova za (*Digital Research's* GSX i GEM proizvode).

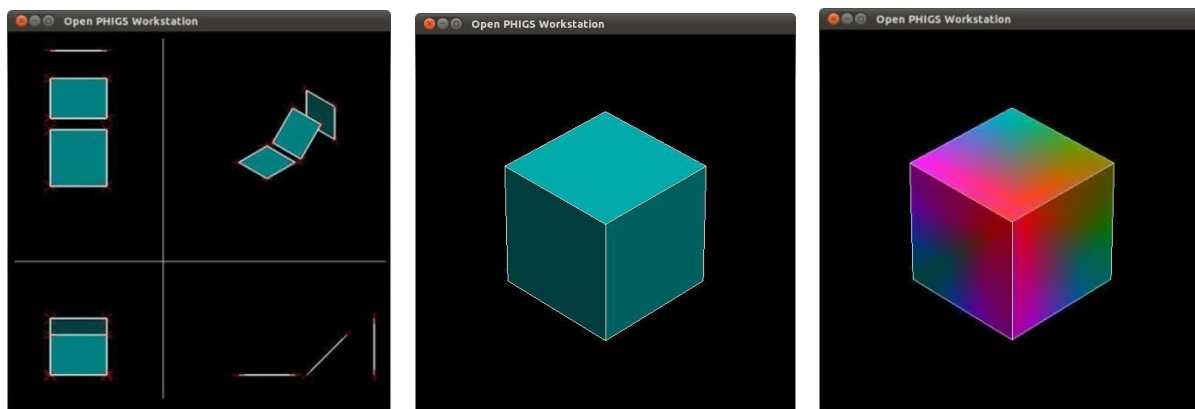
GKS standard objavljen je u sledećoj dokumentaciji:

- ANSI standard ANSI X3.124 1985.
- ISO standard ISO/IEC 7942, prvi deo 1985, drugi do četvrtog 1997-99.
- ISO standard ISO 8651.
- GKS-3D (*Graphical Kernel System for Three Dimensions*) ISO standard 8805 i 8806.

¹ *University of Wollongong* ([http:// www. ro.uow.edu.au/](http://www.ro.uow.edu.au/))

PHIGS

PHIGS (*Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System*) je API (*Application programming interface*) standard za rederovanje trodimenzionalne grafike. Tokom osamdesetih godina smatran je glavnim standardom za 3d grafiku. Sredinom devedesetih zamenio ga je *OpenGL*. Reč hijarhijski u nazivu odnosi se na funkciju PHIGS-a koji je za razliku od većine grafičkih sistema u osnovnom modelu imao uključen sistem grafikona. Modeli se prave u CSS-u (*Centralized Structure Store*). Baza sadrži “svet” koji sadrži i crtane *primitives* i ostale attribute (boju, stil linije itd.)



The Vision and Autonomous Systems Center

CSS-ovi mogu da se dele između više virtuelnih urađaja, poznatih pod nazivom “PHIGS workstations” gde svaki od njih može da ima različite načine prikaza. Prikazivanje slike na ekranu u PHIGS-u je trostepeni proces; prvo se model napravi u CSS-u, potom bi se radna stanica napravila i pokrenula i na kraju bi se model konektovao na radnu stanicu. U tom trenutku stanica bi odmah renderovala model, a sve naknadne promene modela bi momentalno bile prikazane na svim “prikazima”. PHIGS je imao slabe mogućnosti renderovanja osvetljenja scena što je dodato u PHIGS+-u.

PHIGS+ je funkcionisao na sličan način s’tim što je bio dodat metod osvetljenja u okviru 3D scene. Pored toga, uveo je i nove napredne grafičke “*primitives*” kao što su (*Nonuniform Rational B-spline* (NURBS) površine. PHIGS standard objavljen je u sledećoj dokumentaciji:

- ISO standard ISO/IEC 9592 i ISO/IEC 9593²

² http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=45252

OpenGL

OpenGL (*Open Graphics Library*)³ je multiplatformski jezik (API) za renderovanje dvodimenzionalne i trodimenzionalne računarske grafike. Tipično se koristi u interakciji sa grafičkom karticom (*Graphics processing unit* - GPU), kako bio iskoristio mogućnosti akceleracije uređaja za svrhe renderovanje. Razvila ga je (*Silicon Graphics Inc* – SGI).

Pušten je u rad 1992. godine i od tad se koristi za CAD, prikaz virtuelne realnosti, naučnu vizuelizaciju, informatičku vizuelizaciju, simulatore letenja i video igrice. *OpenGL*-om upravlja neprofitabilni konzorcijum *Khronos* grupa. Ona kreira standarde za akceleraciju paralelnih operacija, grafike, procesuiranja senzora i dinamičke grafike za različite platforme i uređaje.

Grupa uključuje standarde kao što su: OpenGL®, OpenGL® ES, WebGL™, OpenCL™, WebCL™, OpenVX™, OpenVG™, OpenGL ES™, StreamInput™, glTF™ i COLLADA™.

OpenGL standard objavljen je u sledećoj dokumentaciji:

- ISO standard SC4 TC184
- ISO/PAS 17506

DirectX

*Microsoft DirectX*⁴ je kolekcija API-ija za manipulisanje zadacima vezanim za multimediju. U početku svi API su počinjali sa nazivim *Direct*: *Direct3D*, *DirectDraw*, *DirectMusic*, *DirectPlay*, *DirectSound* itd. a kasnije su vezani u jednu kolekciju pod nazivom *DirectX*. Kada je *Microsoft* odlučio da se oprobao u proizvodnji konzola za igranje naziv *X* uzet je iz naziva i iskorišćen u *Xbox*-u i *XACT*-u. *Direct3D* (3D grafika API-a u okviru *DirectX*-a) široko se koristi u razvijanju video igara za *Windows* platformu i *Xbox* konzole. *Direct3D* se takođe koristi u programskim aplikacijama za vizuelizaciju poput CAD/CAM-a.

Iako široko rasprostranjen *DirectX* se i dalje ne smara standardom niti je priznat od strane organizacija kao što su IEEE ili ISO. Trenutna aktuelna verzija je: *DirectX* 11.1

³ <http://www.opengl.org/>

⁴ <http://en.wikipedia.org/wiki/DirectX>

HARDVER

Računar

Računar, elektronski uređaj koji koristi obradu podataka prema strogo uređenoj proceduri. U engleskom jeziku reč računar (*computer*) izvorno se koristila za ljude zaposlene da obavljaju aritmetičke proračune, sa ili bez pomagala, a kasnije je korišćena za same računarske mašine.⁵ Prvi računari bili su ograničeni isključivo na aritmetičke probleme.



Harvard Mark I

Razvoj i primena

Lični računar (*personal computer*) je uređaj namenjen za ličnu upotrebu jednog korisnika. Naziv se prvenstveno odnosi na početnu i osnovnu namenu, više nego na njegovu realnu upotrebu. Iako se naziv zadržao, sadašnji personalni računari podržavaju višekorisnički rad. Još od sedamdesetih godina, razvoj računarske tehnike prati Murov zakon (*Moore's law*) koji kaže da se broj tranzistora u integrisanom kolu duplo povećava svake dve godine, što je dovelo do rasta od 2600 tranzistora u prvom računaru do današnjih 2.600.000.000. Današnji računari, bez obzira na operacije multitaskinga i količinu procesorske moći, i dalje nisu dovoljno brzi za potrebe trodimenzionalnog renderovanja. To je dovelo do razvoja umreženih računara i izgradnje specijalnih sistema (render farma) za potrebe renderovanja materijala.



The Programma 101

⁵ Michigan technological university <http://www.mtu.edu/>

Komponente

Početkom sedamdesetih godina veoma mali broj kompanija imao je dovoljno znanja i para da investira u razvoj računara što je rezultovalo malom ponudom na tržištu. Kupac je bio primoran da izabere određeni računar neke kompanije bez ikakve mogućnosti izbora. Takav trend nastavio se do devedesetih godina i omasovljavanja ličnih računara na tržištu. Velika potražnja zahtevala je i veliku ponudu što je dovelo do stvaranja mnogih kompanija koje su pokušale da zadovolje tu tržišnu potrebu. Određene kompanije skoncentrisale su se na pravljenje specijalizovanih komponenti za potrebe velikih računarskih giganta. Taj trend se nastavio a pojavom sve većeg broja kompanija povećavala se i ponuda kao i razlika u kvalitetu i ceni datih komponenti. Ubrzo su prodavnice računara, kako bi na što bolji način zadovoljile kupca, počele same da sklapaju svoje računare deleći ih po cenovnom rang. Taj metod traje do danas i predstavlja standardni način kupovine računara. Veoma mali broj kompanija, izuzev tržišta laptopova, ostao je pri tome da same sklapaju i plasiraju svoje gotove proizvode.

Za potrebe vektorske i rasterske grafike, većina današnjih računara zadovoljava potrebe hardverske zahtevnosti. Jedna od najbitnijih komponenti koja se izdvaja jeste izbor monitora. Da li će računar neku operaciju odraditi brzo ili sporo, ne utiče na kvalitet operacije koliko na strpljenje korisnika. Međutim kvalitet prikaza slike na monitoru može biti dobar ili loš. Nekoliko faktora utiču na kvalitet slike.

Moguće je napraviti dve podele: osnovne i sekundarne.

Osnovne karakteristike:

- Veličina ekrana
- Rezolucija ekrana
- Kontrast
- Osvetljenje
- Prikaz boja

Sekundarne karakteristike:

- Ugao gledanja
- Osvežavanje slike

Prve dve karakteristike su međusobno povezane. U zavisnosti od veličine ekrana i rezolucije zavisice i kvalitet prikaza slike. Manji ekran pri istoj rezoluciji imaće kvalitetniji prikaz u odnosu na ekran veće dimenzije.

Kontrast slike određuje maksimalni razmak između prikaza crne i bele boje. Meri se u odnosu dve boje: 1000:1, 2000:1 itd. Dinamički kontrast predstavlja softversko upravljanje osvetljenjem slike i predstavlja ništa drugo nego marketinški trik.

Osvetljenje slike meri se u nivou osvetljenja bele boje po jedinici površine. Jedinica mere je cd/m^2 (kandel po metru kvadratnom). Vrednost prosečnog monitora je oko 300cd/m^2 .

Prikaz boja meri se u tome koliki je raspon prikazivanja tri osnovne boje. (*color gamut*). Postoje određeni standardi poput ADOBE RGB ili sRGB standarda. Što je prikaz slike bliži standardu, bolji je prikaz boja. Prosečan monitor boje prikazuje sa približno 70% tačnosti. Kalibracijom na monitoru moguće je delimično uticati na rezultat.

Sekundarne karakteristike odnose se na one koje mogu negativno da utiču na rad u zavisnosti od potreba korisnika.

Osvežavanje slike predstavlja vreme koje je potrebno određenom pikselu da promeni svoju boju/vrednost. Vreme se meri u milisekundama. Prosečan lcd monitor ima vrednosti oko 6ms. Brzina odziva slike najčešće može da se primeti u situacijama gde dolazi do brze promene slike (filmovi/igrice). Spor odziv ne utiče negativno na potrebe grafičkog dizajna.

Ugao gledanja predstavlja ugao pod kojim je prikaz slike isti. Gledanje u monitor pod većim uglom od propisanog, dovodi do promene boje, nijanse i osvetljenja crne boje. Ako se korisnik pravilno pozicionira, ugao gledanja neće predstavljati problem.

Kada su stariji CRT monitori (monitori sa katodnom cevi) u pitanju, postoji nekoliko značajnih razlika u odnosu na današnje LCD monitore. Iako su slabijih performansi, kabastiji, teži i generalno nezdraviji zbog nivoa radijacije koje katodna cev oslobađa, nude određene prednosti zbog kojih ih neki dizajneri i dalje koriste. To su pre svega nivo crne boje koji LCD ili LED monitori još nisu dostigli i izgled i pozicija piksela koji povoljno utiču na prikaz ivica slike od kojih LCD ekrani takođe pate.

Ostale komponente koje mogu da utiču na performanse u radu su izbor memorije, hard diska a posebno procesora i grafičke kartice kada je u pitanju trodimenzionalno modelovanje.

Za razliku od vektorske grafike gde veličina dokumenta zavisi isključivo od broja kontrolinih tačaka kojih koliko god da ima ne predstavljaju problem današnjim računarima, rasterska grafika zahteva veliku količinu raspoložive memorije. Obrada rasterske grafike obavlja se tako što se dati dokument otvori i raspakuje u svoj radni format koji zauzima znatno više prostora od onog u kome je bio smešten na hard disku. Svako modifikovanje ili dodavanje slojeva takođe utiče na resurse memorije. U toku rada računar sve promene beleži i omogućava stepene koraka vraćanja radnji unazad što zahteva izrazito velike količine raspoložive memorije jer za razliku od vektorske grafike gde je potrebno zapisati samo parametarsko pomeranje kontrolinih tačaka, mora da memoriše informacije za svaki piksel ponaosob. Nije retka situacije gde računar za obradu jedne slike od 12mp potroši 16GB raspoložive radne memorije.

Izbor procesora i grafičke kartice od presudnog je značaja za trodimenzionalnu grafiku. Trodimenzionalna grafika predstavlja korišćenje vektorske i rasterske grafike sa dodatom trećom dimenzijom što donosi razne komplikacije. Jednostavno crtanje kruga koje se u vektorskoj grafici može predstaviti sa samo četiri kontrolne tačke zahteva nekoliko stotina do hiljada tačaka da bi se predstavilo kao sfera u 3d modelovanju. Standardni 3d modeli mogu da imaju nekoliko desetina miliona kontrolnih tačaka za prikaz samo jedne scene. Na to treba dodati rastersku teksturu koja pritom u sebi mora da sadrži još nekoliko pod-tekstura (bump, specular, itd) koje dodato opterećuju resurse. Prikazivanje slike na ekranu (viewport) troši značajne količine resursa grafičke kartice koja je zadužena da preračunava pomeranje i iscrtavanje slike nakon svakod pomeranja objekta ili ugla gledanja. Proces samog modelovanja ne zauzima toliko procesorskih resursa koliko proces preračunavanja svetlosti.

Količina potrebnih resursa da bi se preračunalo odbijanje zraka svetlosti, fotonske mape ili globalnog osvetljenja (kasnije detaljno objašnjeno u trećem radu) koje nude procesor i grafička nije dovoljna za potrebe renderovanja materijala.

Za takve potrebe koriste se render farme.

Render farma

Render farma⁶ je sistem računara visokih performansi (*computer cluster*) napravljena da obradjuje – renderuje kompjuterski generisane slike (*computer-generated imagery* - CGI), tipično za potrebe vizuelnih efekata u filmovima i na televiziji.



Render farm

Renderovanje slika može se obavljati paralelno jer se slike ili delovi slika mogu preračunavati nezavisno jedni od drugih. Procesor kontroliše komunikaciju između unetog materijala (modela, tekstura, podešavanja) i finalnog rezultata.

Tokom protekle decenije napredak kompjuterske tehnike omogućio je kraće vreme renderovanja materijala. Međutim, zahtevniji proračuni zaslužni za fotorealistične rezultate kao i povećana rezolucija traženog materijala opet je produžila vreme renderovanja (render time) što je dovelo do ponovnog razvoja farmi.

Za održavanje velikih render farmi neophodno je uvesti automatski sistem menadžmenta obavljanja paralelnih procesa koji bi delio poslove, kako bi se obrađivanje slika ili delova istih obavljalo bez prekida i “čekanja u redu”.

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Render_farm

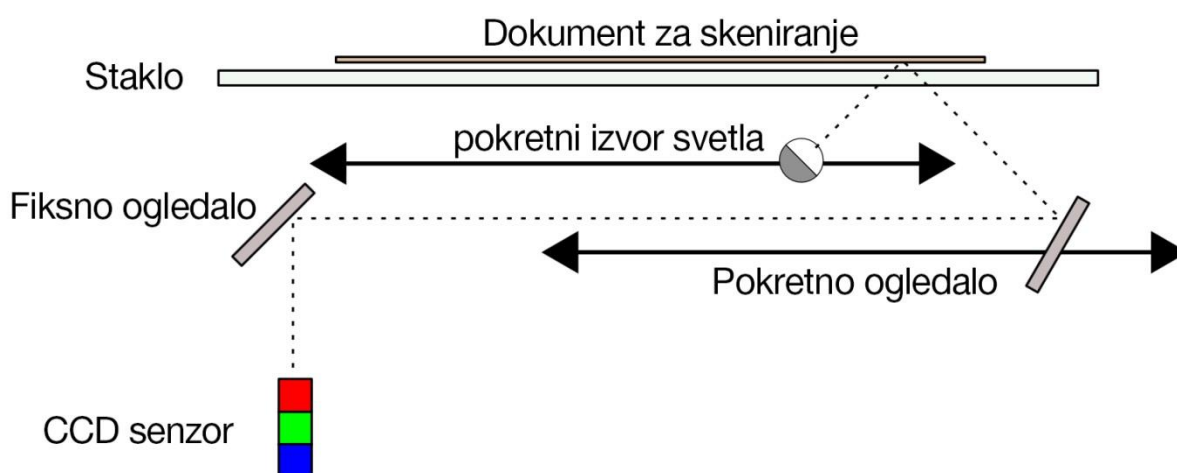
SKENIRANJE

Skener je analogni uređaj koji optički ili kontaktno skenira dvodimenzionalne slike ili trodimenzionalne objekte i pretvara u digitalni zapis. Po rezultatu skeniranja mogu da se podele u dve osnovne kategorije, 2D skenere (standardne desktop skenere) i 3D skenere.



Drum skeneri dobili su naziv po akrilnom cilindru na koji se montira predmet skeniranja. Danas samo mali broj kompanija proizvodi *Drum* skenere i najčešće su bazirani samo na modele za skeniranje negativa zbog mogućnosti skeniranja u rezoluciji od 24000 ppi

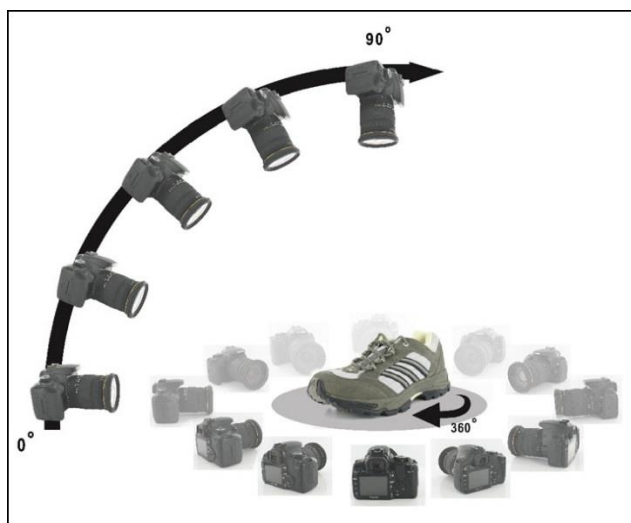
Moderni ravni skeneri koriste CCD (*charge coupled device*) ili CIS (*contact image sensor*) kao senzor slike dok su stariji uređaji (*Drum*) koristili fotoumnožiteljsku cev (*photomultiplier tube*) kao senzor slike. Digitalni fotoaparati iako ne mogu da uklone refleksiju, senku i loš kontrast, povećanjem rezolucije i dodacima za stabilizaciju slike sve više preuzimaju ulogu skenera.



Klasični ravni skener obično se sastoji od staklene površine ispod koje se nalazi svetlo koje osvetljava predmet skeniranja i pokretne aparature sa CCD senzorom. Pokretanjem uređaja svetlo se pomera predefinisanim putanjom, odbija se od predmeta koji se skenira i sistemom ogledala se šalje nazad u senzor koji svetlo pretvara u digitalni zapis.

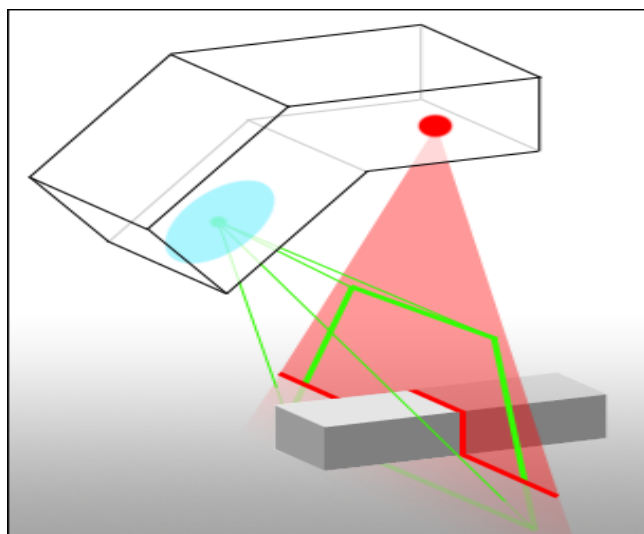
3D skeneri

3D skener je uređaj koji analizira objekte iz okruženja kontaktnom ili nekontaktnom metodom i od njih pravi funkcionalne trodimenzionalne modele. Skeneri prave mrežu tačaka koja može da se koristi kao početna referenca kreiranja trodimenzionalnog modela. Informacija boje takođe može biti dodeljena svakoj tački.



Nekontaktni 3D skeneri dele dosta osobina sa fotoaparatom. Imaju konusni vidokrug i mogu da prikupe informacije samo sa površina koje nisu zaklonjene. Za razliku od fotografije, 3d skeniranje osim boje skuplja i informaciju o udaljenosti objekta na osnovu čega pravi trodimenzionalni model. Kreiranje verodostojnog 3d modela nije moguće postići jednom fotografijom. Desetine,

ponekad stotine fotografija slikanih iz različitih uglova potrebno je napraviti kako bi se skupilo dovoljno informacija za precizan 3d model.. Sve fotografije moraju biti usklađene sa sistemom reference kako bi se osiguralo verodostojno konvertovanje iz dvodimenzionalnog izvora u trodimenzionalni model.



U drugi tip nekontaktnih skenera spadaju laserski skeneri. Oni koriste sistem trijangulacije kako bi dobili informaciju o daljini objekta. Laser se koristi kako bi usmerio svetlosnu tačku ili liniju na objekat. U zavisnosti od pozicije tačke/linije i njenog položaja na senzoru, matematičkim proračunom na osnovu trijangulacije može se odredi pozicija u koordinatnom sistemu skenera.

ŠTAMPANJE

Štampač (*printer*) predstavlja osnovni uređaj za otelovljavanje elektronskih radova računarske grafike u manjim tiražima, kao što je štamparska presa za visokotiražne potrebe. Razvoj tehnologije polako štampač pretvara u uređaj za *desktop publishing* (stono izdavaštvo).

Štampači po načinu funkcionisanja mogu da se podele u nekoliko kategorija:

Tonerski štampači

Laserski štampači – Mogu veoma brzo i sa visokim nivoom kvaliteta da štampaju tekst i grafiku. Kao digitalni fotokopir aparati i multifunkcionalni printeri, laserski štampači koriste *xerographic* proces štampanja.

LED štampači – Rade na istom principu kao laserski štampači s' tim što koriste red *LED* dioda umesto lasera kako bi pokrenuli proces adhezije (vezivanje sitnih čestica).

Tečni *Inkjet* štampači

Inkjet štampači – Najrasprostranjenija vrsta kućnih štampača. Funkcionišu tako što mala cevčica izbacuje tačkice boje različite veličine i boje na papir kreirajući sliku na taj način.

Čvrsti *Ink* štampači

Solid ink štampači - poznati kao tremalni printeri, koriste čvrste štapiće CMYK boja koji su slične viskoznosti kao vosak, koji se tope kristalnom glavom na papir.

Dye-sublimation štampači – Proces u kome se toplotom prenosi mastilo na papir boju po boju koristeći trake koje imaju kolor panele. Koriste se prvenstveno za štampanje fotografija.

Ploteri

Specijalni štampači napravljeni prvenstveno za potrebe vektorske grafike. Koriste se za štampanje velikih formata. Funkcionišu tako što na mehanički način pomeraju olovku ili neki drugi instrument crtajući po papiru. Zbog prirode mehaničkih pokreta veoma su spori.

FOTOGRAFIJA

Analogna fotografija

Fransoa Agagoa, na francuskoj Akademiji nauka, održao je govor prezentujući svoj novi izum, fotografiju, 1839. godine. Ubrzo posla toga, Henri Foks Talbot, objavio je svoja otkrića fotografskog procesa koja su funkcionisala na različitom principu. Nakon nekoliko unapređenja procesa, njegova negativ-pozitiv metoda se ispostavila kao bolje rešenje i postala osnova principa analogne fotografije koju danas koristimo.

Osnovna funkcija aparata pruža mogućnost da se scena koja se vidi kroz objektiv fotografiše i na taj način ovekoveči trenutak i ono što je u jednom momentu stajalo ispred objektiva.

Prema funkciji, osnovne kontrole aparata mogu da se podele na:

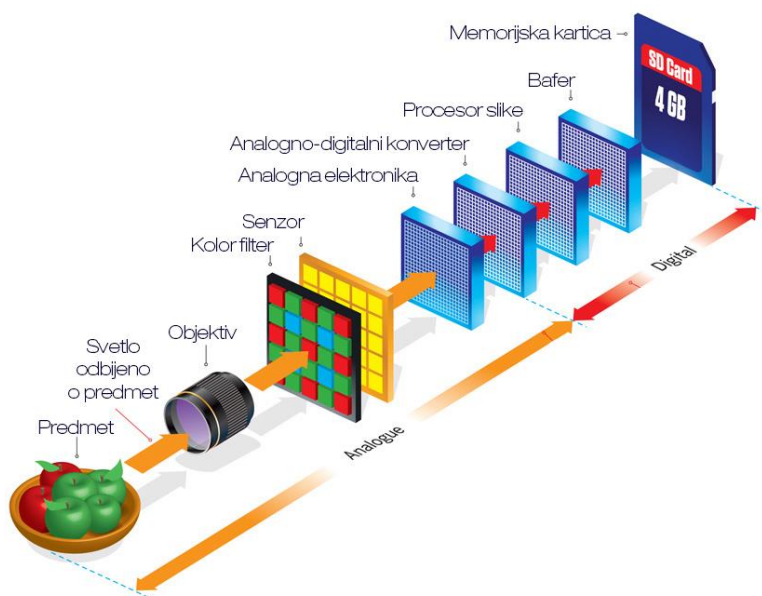
- Komande koje kontrolišu veličinu kadra
- Komande koje određuju fokus scene
- Komande koje kontrolišu vreme ulaska svetlosti u aparat
- Komande koje kontrolišu količinu svetlosti koja ulazi u aparat

Objektiv – deo aparata koje skuplja svetlosne zrake koji dolaze ispred scene i projektuje ih na film/čip. U zavisnosti od izbora i položaja sočiva zavisice i ugao pod kojim svetlost može da uđe u aparat. Objektiv može da bude širokougaoni, normalni, i teleobjektiv. Izbor objektiva donosi i svoje nedostatke. Ti nedostaci su već toliko dugo prisutni da su se ustalili kao normalna i očekivana pojava (distorzija perspektive, zatamnjenje ivica, hromatske aberacije itd.) Te pojave je poželjno simulirati u procesu renderovanja, jer savršeni rezultati koji su rezultat rendera deluju neprirodno zbog nedostataka mana koje aparat pravi. Još jedna karakteristična pojava objektiva je dubina polja, konfigurabilna ali uvek prisutna. Renderovane fotografije nemaju dubinu polja, tako da je i nju potrebno veštački stvoriti kako bi rezultat bio što približniji fotografiji i njenim „nedostacima“ koji čine da render bude fotorealističan.

Komande koje utiču na količinu i vreme ulaska svetlosti u aparat i njihovi nedostaci najviše utiču na objekte u pokretu što je moguće kontrolisati alatima u procesu posprodukcije.

Digitalni fotoaparati

Za razliku od klasičnih analognih, digitalni fotoaparati ne koriste film da bi pravili fotografije. Osnovni princip generisanja fotografije kroz objektiv je isti kao na analognim aparatima ali umesto da eksponiraju film, svetlosni zraci dolaze do kompjuterskog čipa (CMOS ili CCD) koji pomoću fotoosetljivih ćelija zrake svetlosti konvertuje u električni signal koji se potom u procesoru lociranom u aparatu pretvara u digitalni zapis i pohranjuje na memorijsku karticu ili hard disk.

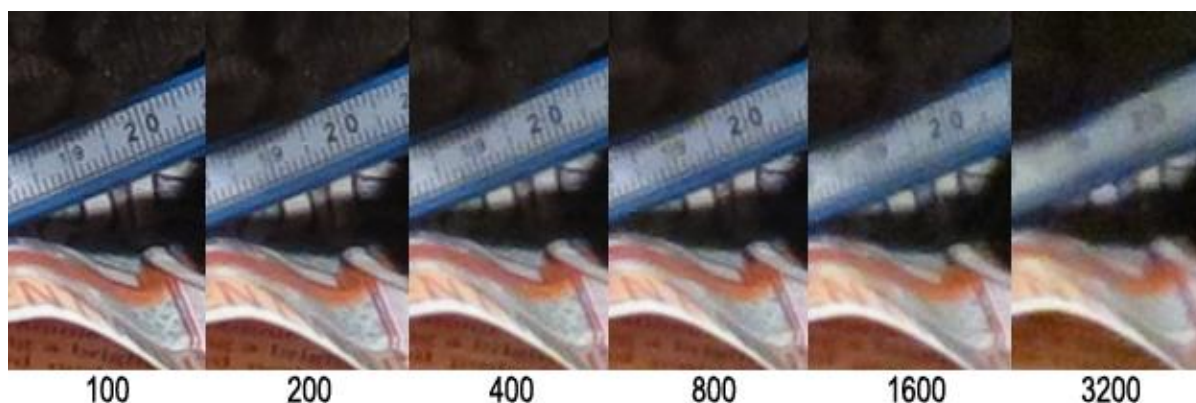


Kvalitet konvertovanja svetla u električni signal zavisi od više faktora: rezolucije senzora, šuma, osetljivosti na svetlo itd. Što je veći broj fotoosetljivih ćelija (*pixel*) na senzoru, bolji je kvalitet slike (veća rezolucija). U zavisnosti od dimenzija senzora zavisi i veličina samog piksela. Što je piksel veći, više svetla može da primi i samim tim napravi

bolju/jasniju fotografiju. Dimenzije piksela utiču na šum (noise). Smanjivanjem dimenzija senzora, samim tim i piksela, dolazi do pojave preskakanja elektrona zbog fizičke blizine piksela, što dovodi do fluktuacija u električnom signalu koji dovodi do nepravilnog konvertovanja signala, koji se na fotografiji ispoljava kao šum.

Treći bitan faktor je osetljivost piksela na svetlost. Veća osetljivost senzora omogućava primanje veće količine svetlosti, čime je omogućena kraća izloženost svetlosti. Osetljivost se iskazuje ISO vrednošću. Što je viša iso vrednost, osetljivost je veća. Problem kod visoke osetljivosti je amplifikacija „grešaka“ u signalu što opet dovodi do stvaranja šuma.

Sa druge strane, duža izloženost svetlosti pri nižim ISO vrednostima osigurava oštriju sliku sa manje šuma, međutim samo u idealnim uslovima statičnosti aparata i objekta koji se u tom trenutku fotografiše, jer u suprotnom dolazi do stvaranja zamućenosti usled kretanja objekta ili pomeranja samog aparata (*motion blur*).



Sledeći korak koji utiče na kvalitet fotografije je proces obrade signala. Nakon što je signal konvertovan u digitalni zapis, dodeljuju mu se vrednosti oštine (mikro kontrasta), balansa bele boje, gradacije svetlosti itd. Signal sa dodeljenim vrednostima se potom upisuje na memorijsku karticu u jedan od predefinisanih formata. Najčešće JPG ili RAW. U zavisnosti od izbora formata, zapis prolazi kroz još jedan korak koji utiče na kvalitet. Izbor nivoa JPG kompresije može drastično da utiče na konačan kvalitet fotografije.

S obzirom da su digitalni fotoaparati danas najrasprostranjeniji, samim tim i fotografije njima napravljenje, okružuju nas svakodnevno i kreiraju nam predstavu realnosti uhvaćene i prenete u dvodimenzionalnu ravan. Iz tog razloga neophodno je simuliranje tih nedostataka kako bi se postigao što fotorealističniji render.

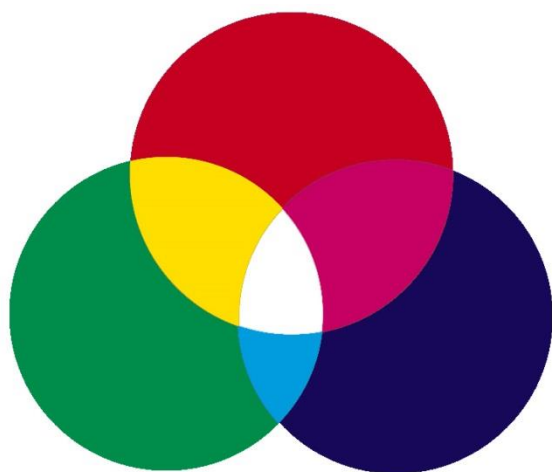
Za razliku od grešaka koje stvara objektiv koje je moguće simulirati u programima za trodimenzionalno modelovanje, simuliranje nedostataka digitalnog aparata i procesa konverzije i kompresije fotografije moguće je napraviti isključivo u programima za rastersku obradu slike nakon što je proces renderovanja završen.

Prikaz boja

U zavisnosti od načina prikaza, boje je moguće podeliti u dve kategorije, boje nastale metodom dodavanja i metodom oduzimanja boja. Metoda u kojoj se boje dodaju kako bi se dobio širok spektar boja zove se (*additive color model*). Najčešće se koriste crvena, zelena i plava (RGB) čiji je način kombinovanja boja baziran na ljudskoj percepciji prepoznavanja boja. Ovaj metod se koristi u svrhe prikaza boja na monitorima, televizorima, projektorima i sličnim elektornskim uređajima. Kao ulazni uređaji koji koriste ovaj metod smatraju se televizijske, video i digitalne kamere kao i skeneri.

Metod funkcioniše od prikaza boje “nulom intenziteta” gde u nedostatku bilo kakvog izvora svetlosti ostajemo u mraku (crna boja), do punog intenziteta svih boja čime se dobija bela boja. Kvalitet dobijanja bele boje zavisi od prirode izvora svetlosti i izbalansiranosti primarnih boja. RGB model ne definiše šta se smatra primarnom bojom, tako da mešanje boja nije apsolutno, nego relativno u odnosu na primarne boje. U slučaju da se primarnim bojama definiše tačna hromatičnost, model boja postaje apsolutan, definisan kao sRGB i AdobeRGB.

Sekundarne boje dobijaju se kombinacijom dve primarne boje identičnog intenziteta:

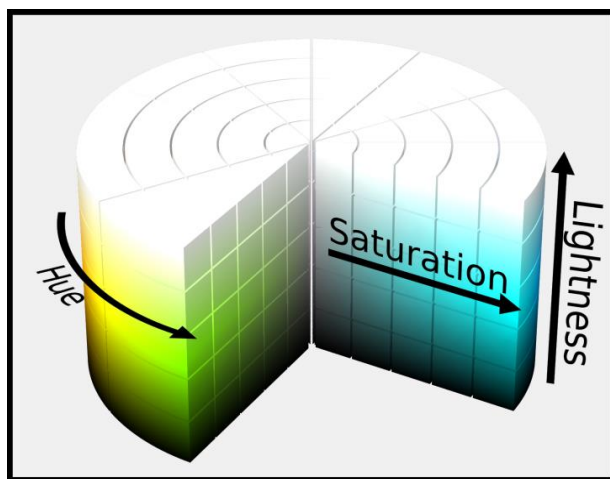


Crvena + Zelena = Žuta

Zelena + Plava = Cijan

Plava + Crvena = Magenta

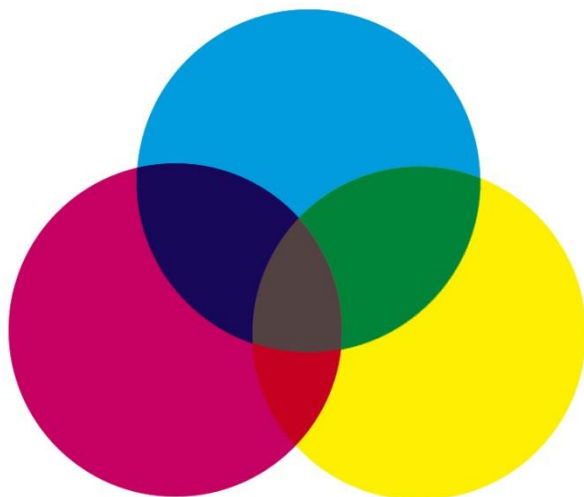
Additive Color (RGB)



Hue-saturation-lightness prikaz

HSL (*hue, saturation, lightness*) predstavlja najčešći cilindrično kordinisani metod prikazivanja boja RGB modela. On predstavlja preuređenu geometriju standardnog kvadratnog modela u cilju intuitivnijeg načina prikazivanja boja. HSL model je standardni prikaz izbornika boje (*color picker*) u većini programa za obradu slike.

Metod oduzimanja boja (*subtractive color model*) koristi se u raznim vidovima štampanja materijala, pod nazivom CMYK. Skraćenica se odnosi na boje korišćene za prikaz: cijan, magenta, žuta i crna, a naziv “metod oduzimanja” zbog toga što se metodom dodavanja mastila boja oduzima osvetljenje bele boje. Za razliku od RGB modela gde se kombinacijom boja dobija bela, u CMYK modelu se kombinacijom dobija crna boja. Za potrebe štampanja, a u cilju štednje para i boja, crna boja se dobija štampanjem ketridžima crne boje a ne kombinovanjem cijan, magenta i žute.



Subtractive color (CMYK)

Cijan + Magenta = Plava

Magenta + Žuta = Crvena

Žuta + Cijan = Zelena

VEKTORSKA GRAFIKA

Uvod

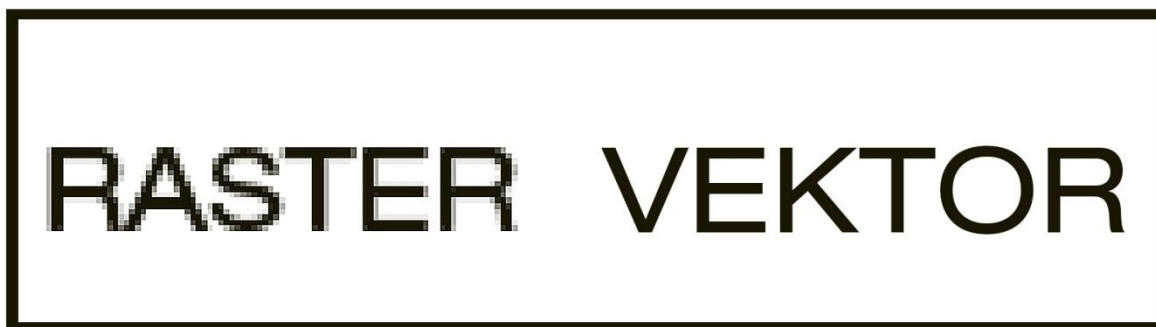
Vektorskom grafikom smatra se korišćenje osnovnih geometrijskih oblika (tačke, linije, krive, poligona) koji su bazirani na matematičkim izrazima u svrhu prezentovanja računarske grafike. U tom kontekstu vektor označava više od standardne matematičke definicije vektora.

Vektorska grafika je bazirana na vektorima vođenim kroz kontrolne tačke. Svaka od ovih tačaka definisana je pozicijom na X i Y osi. Tačka takođe može biti definisana bojom, oblikom i debljinom. Ove informacije služe kao vodilje u crtanju vektora. Spajanjem tačaka vektorima (*vector path*) dobija se oblik koji se kasnije pretvara u figuru (*shape*). Prednost vektora u odnosu na raster je nedostatak fiksne dimenzije. Bez obzira na koju veličinu se poveća slika, odnos tačaka ostaje nepromenjen, slika se ponovo preračuna i iscrta bez gubitka kvaliteta.

Prikaz na 100%



Povećan 500%



Moderni ekrani i štampači su rasterski uređaji, tako da vektorski formati moraju biti konvertovani u raster pre prikazivanja na ekranu ili projektoru. Kompjuterski ekrani sastavljeni su od mreže sitnih kvadrata koji se zovu pikseli. Oni su sastavni elementi slike koju vidimo. Što su pikseli manji i zbijenije napakovani, bolji je kvalitet slike (veća je rezolucija) međutim veći je i dokument potreban da sačuva ili prikaže toliku količinu informacija.

Veličina rasterskog dokumenta je generisana konverzijom iz vektora u raster u zavisnosti od izabrane rezolucije. Konvertovanje vektora u raster veoma je jednostavna operacija za razliku od obrnutog procesa, posebno ako je potrebno naknadno editivanje materijala.

Jednom konvertovan vektorski format u raster, gubi mogućnost menjanja, skaliranja i kontrolisanja pojedinačnih delova koji su činili jednu celinu. Takođe veličina dokumenta postaje znatno veća. Iz tog razloga neophodno je čuvati originalne vektorske formate. Za razliku od rasterskih dokumenata, veličina vektorskog dokumenta zavisi samo od broja elemenata u datom fajlu.

Standardi

*Scalable Vector Graphics*⁷ (SVG) je standard za vektorsku grafiku razvijen od strane *World Wide Web Consortium*-a (W3C). Standard je veoma kompleksan i trebalo je dosta vremena da se utvrdi, između ostalog i zbog komercijalnih interesa. Mnogi pregledači (*browsers*) i programi sada nude podršku za renderovanje SVG podataka iako je kompletna implementacija i dalje veoma retka.

Poslednjih godina SVG je postao značajan format koji nije u potpunosti nezavisan od rezolucije uređaja koji prikazuje sliku, kao što su monitori ili printeri.

Formati

Format predstavlja standardni način na koji se informacija kodira i upisuje u računarski fajl. Trenutno postoji preko dvadeset vektorskih formata ali su se samo dva odvojila kao nezvanični standard za razmenu vektorskih radova: *Adobe Illustrator AI* i *CorelDraw CDR*.

Metafile (složeni format) je generički naziv za format koji u sebi može da sadrži više tipova podataka. Najčešće se koristi za grupne grafičke formate. Obično se kombinuju rasterski i vektorski formati. Najpopularniji je *Adobe PDF*.

⁷ <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>

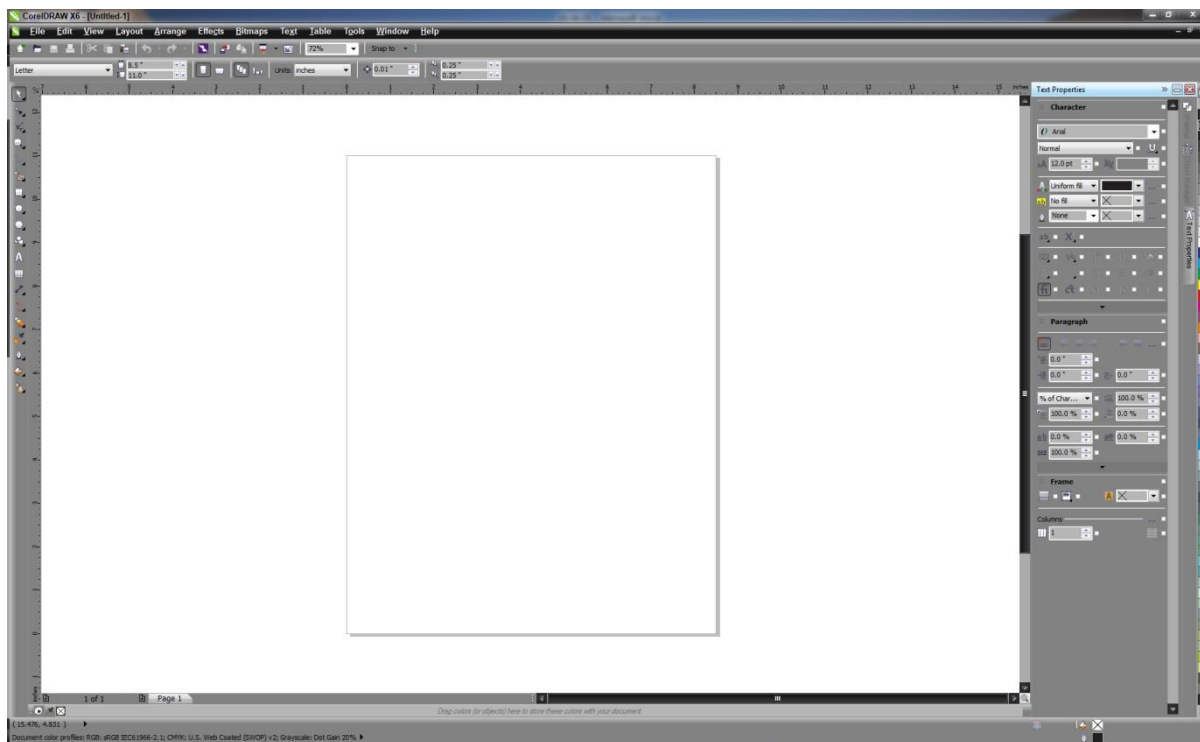
Programi

Corel Draw

*Corel Draw*⁸ je vektorski editor razvijen od strane *Corel* korporacije. *Corel* je 1987. godine angažovao *Michel Bouillon*-a i *Pat Beirne*-a da razviju vektorski baziran program za ilustraciju, za potrebe njihovog izdavačkog sistema. Uvođenjem *TrueType*-a prestao je da se oslanjati na dodatke za podršku a dobio je podršku sistemski instaliranih fontova. Dodatkom programa za editovanje rastera (*Corel Paint*) postao je prvi sistemski grafički paket.

Nekoliko bitnih inovacija u vektorskoj grafici poteklo je iz *Corel*-a.

- *Node-edit* - alat koji ima različite funkcije u zavisnosti od objekta
- *Text to path* - opcija koja postavlja tekst po putanji linije
- *Quick fill/stroke* - opcija za popunjavanje selekcije bojom
- *Perspective projection* - projekcija perspektive
- *Mesh fill* – kompleksno popunjavanje gradijentom



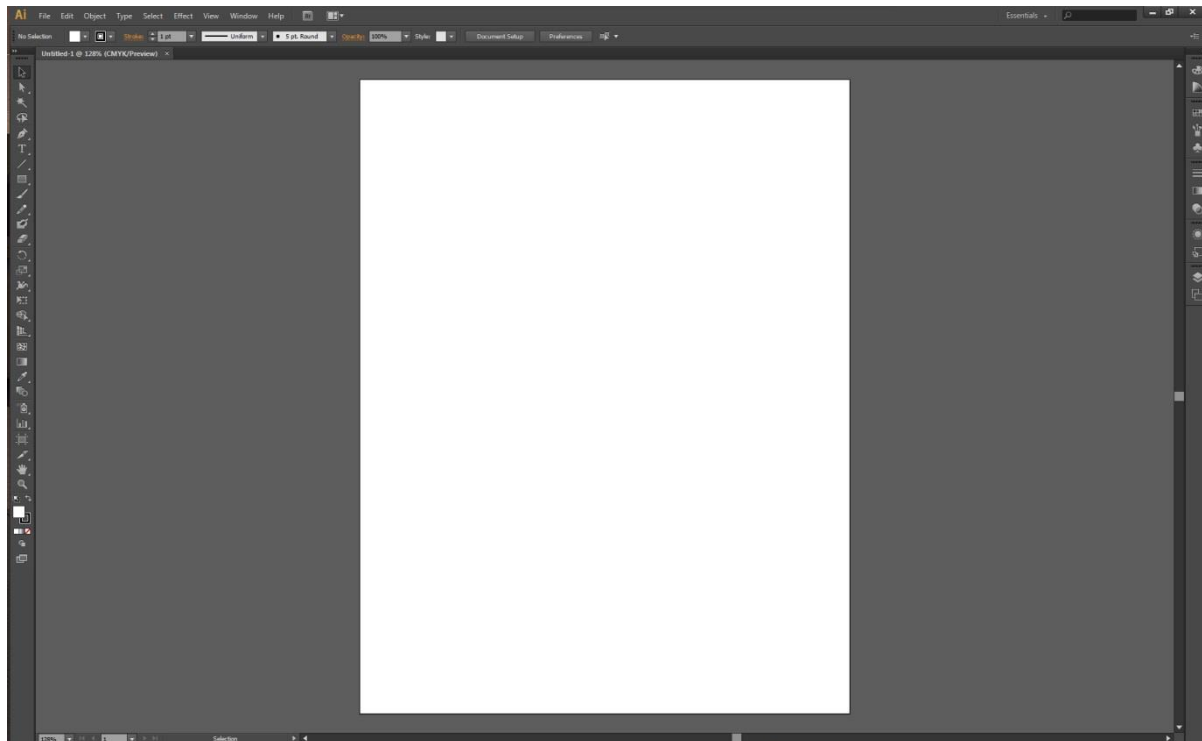
Trenutno je u aktuelnog verziji X6.

⁸ <http://www.corel.com/corel/>

Adobe Illustrator

*Adobe illustrator*⁹ nastao je kao komercijalizacija *Adobe*-ovog programa za razvoj fontova i *PostScript* formata. Razvijen je za kompaniju *Apple Macintosh* 1986. godine. *Illustrator 88* format danas se koristi u programu *MATLAB* za čuvanje matematičkih figura dobijenih proračunima. Podrškom za *TrueType* 1996. godine i standardizacijom za *Windows* i *Mac*, *Adobe* se ustalio kao standard za vektorsku grafiku. *Corel* je 1997. godine portovao *CorelDraw* za *Mac* računare ali je podrška kasno stigla i posle toga je prestao da se smatra alatom profesionalnog nivoa od strane velikih marketing agencija i dizajn studija.

Illustrator je u CS verzijama uveo trodimenzionalne mogućnosti izvlačenja 3D objekata iz dvodimenzionalnih modela (*extrude*). Izbacivanjem nove verzije *CC Illustrator* se seli u *Creative Cloud* okruženje što znači da se ukida klasično vlasništvo nad programom, seli se na server i klijentu se pruža mogućnost korišćenja programa za vreme trajanja pretplate. Problem je što je *Adobe* za potrebe čuvanja dokumenta u *Cloud*-u napravio novi format koji je čitljiv samo na serveru, a nije na ostalim programima za vektorsku grafiku. Koliko će prednosti, odnosno mana ta odluka doneti, ostaje da se vidi.



Trenutno je u aktuelnog verziji C6.

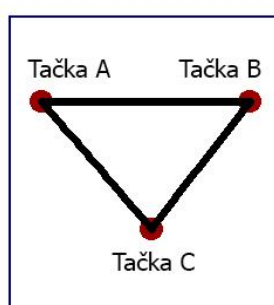
⁹ <http://www.adobe.com/products/illustrator.html>

Oblici

Formati vektorske grafike pružaju podršku samo određenim oblicima osnovnih objekata kao što su: linije (*lines*, *polylines*, *poligons*), krive (*bezier curves*), krugovi (*circles*).

Linije

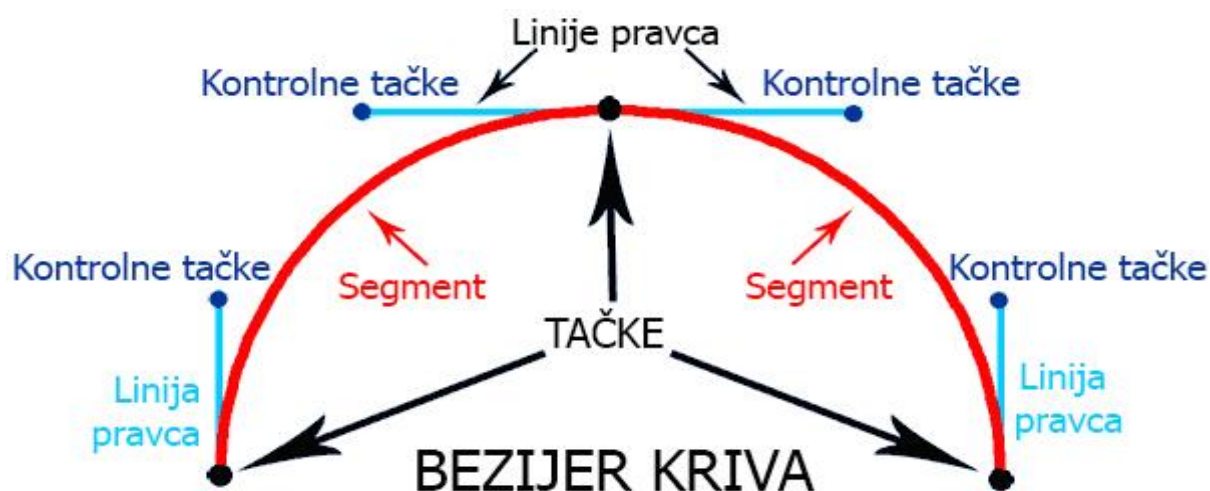
Crtanje linija dobija se pravljenjem tačaka (*Anchor point*). Zatvaranjem kruga, tj. crtanjem tačaka i povratkom na početnu tačku dobijaju se oblici (*shape*).



(Tačka A > Tačka B > Tačka C > Tačka A)

Krive

Bezier krive su parametarske krive bazirane na matematičkim osnovama. Klikom na tačku dobijaju se kontrolne tačke sa linijama pravca kojima se određuje pravac i zakrivljenje krive. Pravac krive određuje se pomoću ugla kontrolne tačke a dužina zakrivljenja pomoću udaljenosti od tačke.



Font

U tradicionalnoj tipografiji font je tipografsko pismo određene veličine, debljine i stila. Svaki font je napravljen od metala, svaki glif izliven posebno. Svako slovo moralo je biti izliveno od metala u livnici, na francuskom „Fondue“ odakle je izvedena reč *Font*. U štamparijama, slova su držana u fiokama (*Case*), ona češće korišćena u donjim fiokama (*Lower case*) a velika slova koja su ređe korišćena u fiokama iznad mašine (*Upper case*). *Italic* font, *zakrivljeni font* napravljen je u pokušaju da se na papir smesti više teksta jer zakrivljena slova zauzimaju manje prostora. Ime je dobio po zemlji porekla, Italiji.

Razvojem digitalne tipografije, font je postao sinonim za grupu stilova jednog tipografskog pisma: *Arial regular*, *Arial italic*, *Arial bold*, *Arial black* itd.

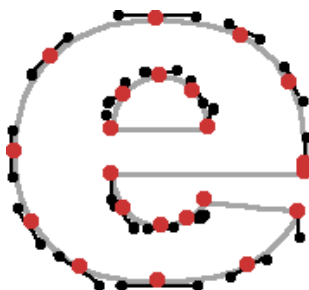
Moderni fontovi se dele na tri vrste:

- *Bitmap* (matriks piksela koji predstavlja rasterski izgled slova)
- *Outline* (vektorski font nacrtan pomoću Bezijerovih krivih)
- *Stroke* (serija određenih linija sa informacijama o definisanju pofila, oblika i veličine)

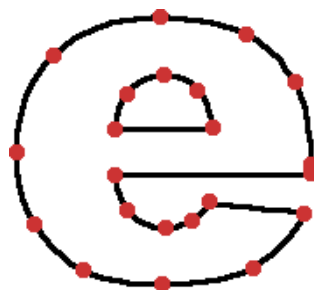
Bitmap fontovi se brže i lakše koriste u kompjuterskom kodu ali nemaju mogućnost skaliranja, što zahteva različit font za svaku veličinu slova. *Outline* ili *stroke* fontovi imaju mogućnost skaliranja ali zahtevaju više vremena za prikazivanje s obzirom da svaki put moraju biti iscrtani iz početka.



Bitmap font



Vektorski font u berzijer krivima



Gotov oblik vektorskog fonta

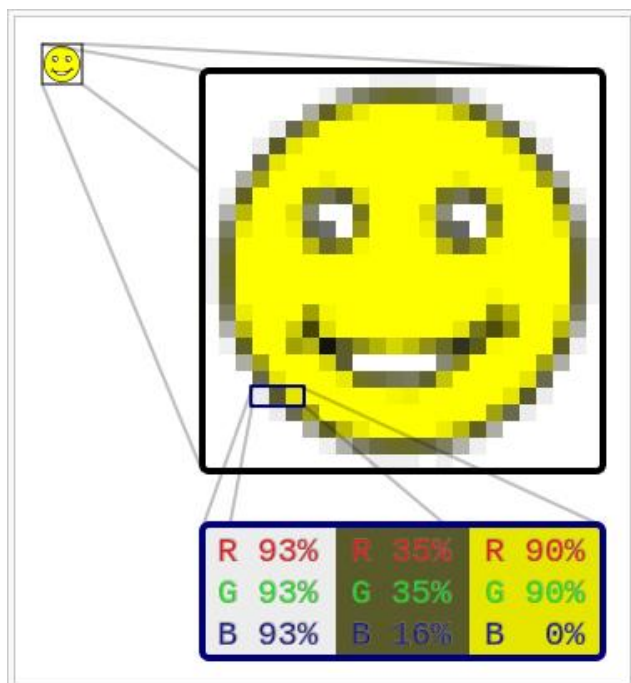
RASTERSKA GRAFIKA

Uvod

U računarskoj grafici, raster ili *bitmap* predstavlja matričnu strukturu podataka prikazanih piksela ili tačaka u kvadratnoj rešetki podataka, okarakterisanih određenom bojom koji grupisani zajedno čine vidljivu celinu, sliku, prikazanu na monitoru, papiru ili nekom drugom mediju.

Raster korespondira *bit* za *bit* sa slikom prikazanom na monitoru. On je tehnički okarakterisan visinom i širinom slike u pikselima i brojem *bit*-ova po pikselu koji određuje maksimalni broj prikazanih boja.

Reč raster nastala je iz latinskog jezika od reči *rastrum* (grablje). Prvobitno je korišćena u opisu rasterskog skeniranja katodne cevi na CRT monitorima koji su prikazivali sliku liniju po liniju, magnetom upravljajući fokusirani snop elektrona. Po asocijaciji počela je da se koristi kao naziv za prikaz mreže piksela.



Piksel, predstavlja apstraktni osnovni element za opis digitalne slike. Sam piksel nema predefinisane dimenzije. Ona se preračunava u odnosu na dimenzije cele slike. Lokacija piksela korespondira njegovim fizičkim koordinatama na uređaju. Svaki uređaj ima tačno definisan broj piksela koji se naziva rezolucija (broj horizontalnih tačaka pomnožen sa brojem vertikalnih tačaka). Neki uređaji rezoluciju objavljuju kao rezultat pomnoženih dimenzija vertikalnih i horizontalnih piksela. Najčešći primer je u

opisu dimenzija čipa na digitalnim aparatima gde je dimenzija čipa npr. 3000 piksela po horizontali i 2000 po vertikali. $3000 \times 2000 = 6000000 = 6 \text{ miliona piksela ukupno} = 6\text{MP}$

Današnji ekrani nemaju mogućnost prikaza različitih boja na jednom mestu. Kao rešenje tog problema, svaki piksel je podeljen na tri jedinice gde svaka prikazuje samo jednu boju: crvenu, zelenu i plavu (RGB). Ti zasebni delovi piksela zovu se subpikseli. Određena boja piksela dobija se kombinacijom tri osnovne boje i količinom osvetljenja datog piksela. U digitalnom zapisu količina boja određuje se brojem bitova po pikselu. Jedan bit po pikselu (*bpp*) daje mogućnost rada piksela, radi - ne radi. Dva *bpp* daju mogućnost prikaza četiri boje, 3 *bpp* osam boja itd... Zapisom od 24 *bpp* moguće je napraviti 16.8 miliona boja (*True color*). Smatra se da ljudsko oko može da prepozna oko 10 miliona boja.



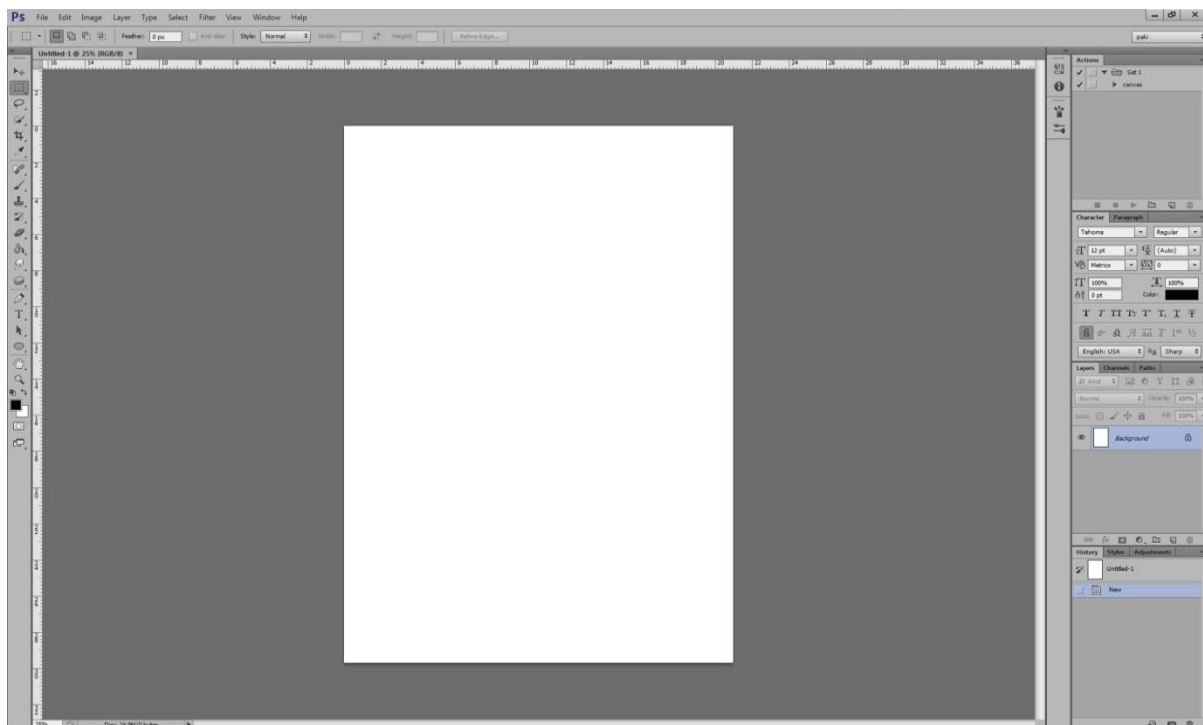
Gustina piksela meri se u broju piksela po kvadratnom inču (PPI). Što je broj veći, veća je gustina piksela (*pixel density*), to je slika preciznije prikazana. Na gustini od 300PPI dimenzija pojedinačnog piksela postaje tolika, da on postaje nevidljiv ljudskom oku.

Programi

Postoji nekoliko visoko razvijenih programa napravljenih za editovanje rasterske grafike kao što su *Corel Paint*, *Gimp*, *PaintNET*, međutim ni jedan ne nudi toliku količinu alata za editovanje, integracije sa pratećim programima i pluginovima kao što je *Photoshop*.

Photoshop

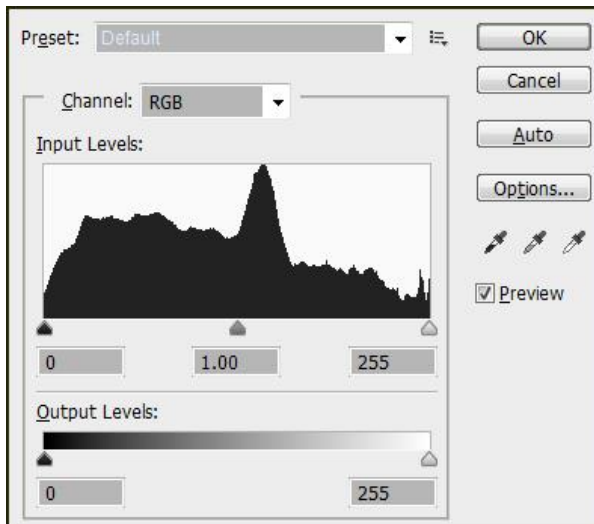
Adobe Photoshop razvio je Tomas Nol, u saradnji sa svojim bratom, 1987. godine. Oni su stupili u kontakt sa kompanijom *Adobe* ponudivši im svoj prototip programa. Kompanija je kupila licencu i 1988. godine krenula u distribuciju programa. Zbog velike ponude unikatnih alata za editovanje i manipulisanje slikom veoma brzo je postao industrijski standard. *Photoshop* nudi veliki broj mogućnosti manipulacije slike, pravljenja selekcija, kreiranja alfa kanala i maski koje su neophodne za kreiranje tekstura što ga čini posebno značajnim alatom za potrebe vizuelizacije trodimenzionalnog modelovanja. Trenutno predstavlja deo paketa (*Adobe creative suite*) koji pored standardne obrade rasterske grafike, nudi mogućnost vektorskog editovanja, pretvaranja rastetera u vektor, konverziju vektora u trodimenzionalne modele, mogućnost editovanja pokretne grafike itd. zbog čega je postao najznačajniji program za editovanje rasterske grafike.



Trenutno je u aktuelnoj CS6 verziji.

Osvetljenje

Prikaz boje na ekranu određuje se nivoom njene vrednosti na skali od 0 do 255 gde 0 predstavlja najnižu vrednost (crnu) a 255 najvišu (belu). Sve tri boje podeljene po svojim kanalima imaju svoje zasebne vrednosti i mogu parametarski da se kontrolišu. Kombinacijama sve tri boje u 255 nijansi možemo da dobijemo $\sim 16.000.000$ boja. Ovim metodom moguće je kontrolisati boje kao i osvetljenje na fotografiji. Pod pretpostavkom da je fotografija pravljen pod sunčevom svetlosti, sva tri parametra boje moraju imati raspon vrednosti od početka do kraja skale. Ukoliko to nije slučaj, jednostavnim pomeranjem skale moguće je ponovo kalibrisati boje i izvršiti pravilnu kalibraciju boja. Iz fotografija slikanih pod veštačkim osvetljenjem takođe je moguće „izvući belu boju“ kalibrisanjem sva tri kanala ponaosob.



Layers

Slojevi (*layers*) predstavljaju odvojene elemente jedne slike koje koristimo u alatima za manipulisanje digitalnim slikama ili fotografijama. *Layer*-i nude opcije hijerarhijskog rasporeda slojeva, mogućnost stvaranja transparentnih površina kao i mnoge napredne opcije međusobnog blendovanja slojeva. Pored opcija međusobnog spajanja *layer*-a moguće je nameštanje *layer*-a sa efektima koji nedestruktivnim metodama menjaju konačni izgled slike.



Standardi i formati

Rasterska grafika može da se sačuva u velikom broju formata. Na izbor formata najviše utiče svrha korišćenja datog dokumenta. U širem smislu deli se na formate (*file format*) i kontejnere (*container*). Kontejner ili *wrapper format* je *metafile* format čija specifikacija opisuje na koji način se različiti tipovi podataka mogu skladištiti u istom dokumentu. Najpopularniji kontejner za čuvanje rasterske grafike je TIFF.

TIFF

TIFF¹⁰ (*tagged image file format*), nastao je 1987. godine u pokušaju da se uspostavi zajednički format za skenere umesto personalizovanih formata koje je u tom trenutku svaka kompanija koja proizvodi skenere imala. Format je prošao kroz šest revizija do 1992. godine a od tad nije imao nikakvih značajnih promena. Adobe korporacija je 2009. godine preuzela Aldus korporaciju i time postala vlasnik TIFF formata. Format je zaštićen ISO 12234-2 standardom.

TIFF je veoma fleksibilan format za čuvanje slika i podataka u jednom dokumentu, poseduje mogućnost čuvanja i kompresovanja podataka bez gubitaka, što ga čini odličnim formatom za potrebe arhiviranja. Pored toga, mogućnost da čuva vektorski bazirane putanje, slojeve (*layers*) uključujući i *Header Tag* (veličinu, aranžman slike-podataka, kompresiju) čini ga idealnim kontejnerom za profesionalne i amaterske potrebe rasterske grafike.

PSD

PSD (*photoshop document*) je Adobe-ov format za čuvanje slika nastao za potrebe Adobe Photoshop-a. Format nudi veoma širok spektar mogućnosti čuvanja slojeva, maski, transparentnosti, teksta, alfa kanala, *klipping* putanja, *duotone* podešavanja itd.

BMP

BMP (*bitmap*) je Microsoftov format napravljen kao pomoć nezavisnoj razmeni slika između uređaja. Kada se BMP slika otvori i učita u memoriju, ona je skoro u istom obliku zapisa kao u BMP format. Jednostavnost formata, i njegova rasprostranjenost čine ga veoma čestim formatom u grafičkim sistemima. Najveći nedostatak formata je njegova veličina zbog načina zapisa podataka i nedostatka kompresije. Format nije zaštićen ni jednim patentom.

¹⁰ <http://partners.adobe.com/public/developer/tiff/index.html>

GIF

GIF¹¹ (*graphic interchange format*) je bitmapski format nastao 1987. godine za potrebe potrebe interneta (*world wide web*). Format podržava 8 bita po pikselu što mu omogućuje samo 256 mogućih boja. Format je zastareo ali se i dalje koristi zbog podrške za animirani sadržaj.

PNG

PNG (*portable network graphics*) je rasterski format sa kompresijom bez gubitka podataka. Nastao je kao nepatentirana unapređena verzija GIF formata. Format podržava do 32 bitne dubine boja kao i alfa kanal (kanal koji nosi informacije o transparentnosti/providnosti pojedinačnog piksela).

RAW

RAW (sirov) format predstavlja neprocesuiranu informaciju dobijenu direktno sa senzora sačuvanu bez kompresovanja podataka. Nakon što se otvori u programima specijalizovanim za baratanje RAW formatom, posle dodeljivanja vrednosti boje, ostavljenja, kontrasta itd pretvara se u neki od široko rasprostranjenih formata kao što su TIFF, JPG, PNG itd.

JPG

JPEG (*Joint photographic experts group*) predstavlja standardni format koji se koristi u digitalnom zapisu fotografije. Kao metod kompresije podataka koristi kompresiju sa varijabilnim gubitkom kvaliteta. Slika se deli na kvadrate od 8x8 piksela kojima se algoritmom dodeljuje vrednost informacije u zavisnosti od njenog uticaja na vizuelnu percepciju slike gde se jedan deo nebitnih informacija u zavisnosti od nivoa kompresije briše.



Kompresovano minimalnom kompresijom



Kompresovano maksimalnom kompresijom

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Image_file_formats

3D RAČUNARSKA GRAFIKA

3D računarska grafika je reprezentacija trodimenzionalnih geometrijskih podataka u računar u svrhe kalkulacija i prikazivanja dvodimenzionalnih slika. Slike mogu biti sačuvane na računar ili prikazane u realnom vremenu.

Trodimenzionalna grafika oslanja se na iste algortime kao i dvodimenzionalna vektorska grafika u žičanom modelu (*wire-frame*) i na dvodimenzionalne rasterske prikaze u finalnom renderovanom prikazu. U računarskoj grafici, tačna lanija razgraničenja ne postoji. Dvodimenzionalne aplikacije koriste trodimenzionalne tehnike za prikazivanje efekata i obrnuto.

3D grafika se često naziva 3D modelima iako to nije tačan izraz. Osim renderovane grafike, model je matematička reprezentacija bilo kog trodimenzionalnog modela, uvek je sačuvana u obliku fajla i tehnički nije grafika dok se ne prikaže na ekranu ili isprintuje na papiru. Razvojem trodimenzionalnih printera situacija se polako menja jer je sada moguće u kućnim uslovima realizovati trodimenziomalni 3D model.

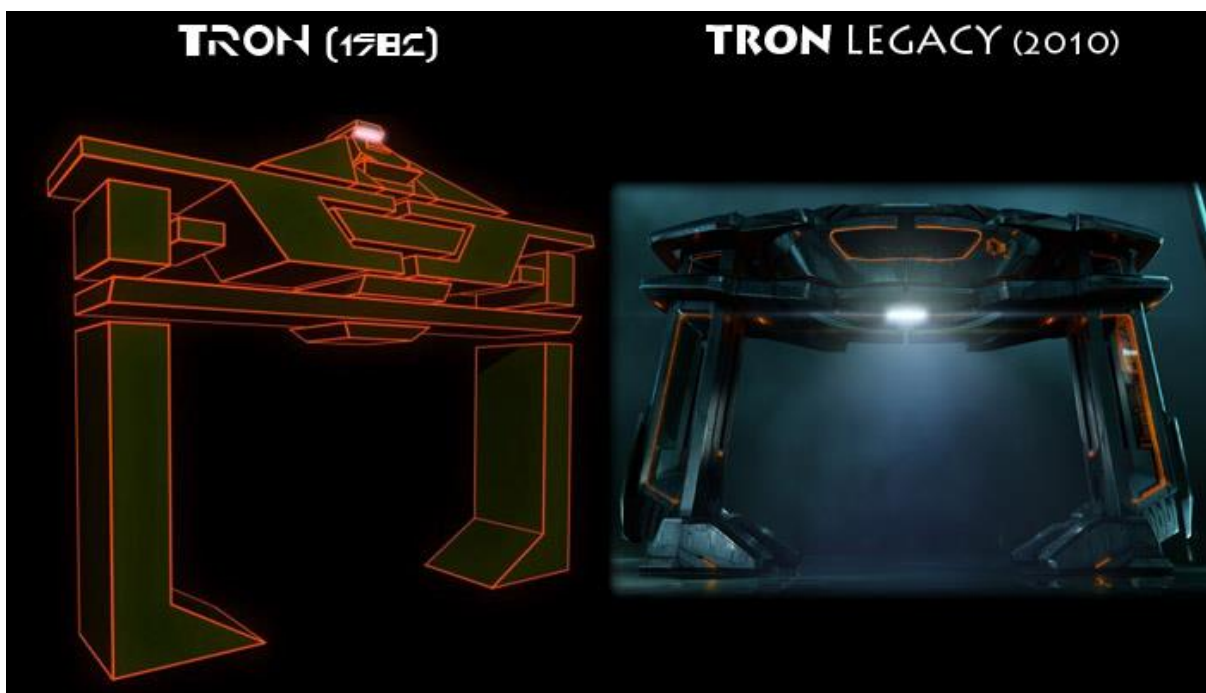
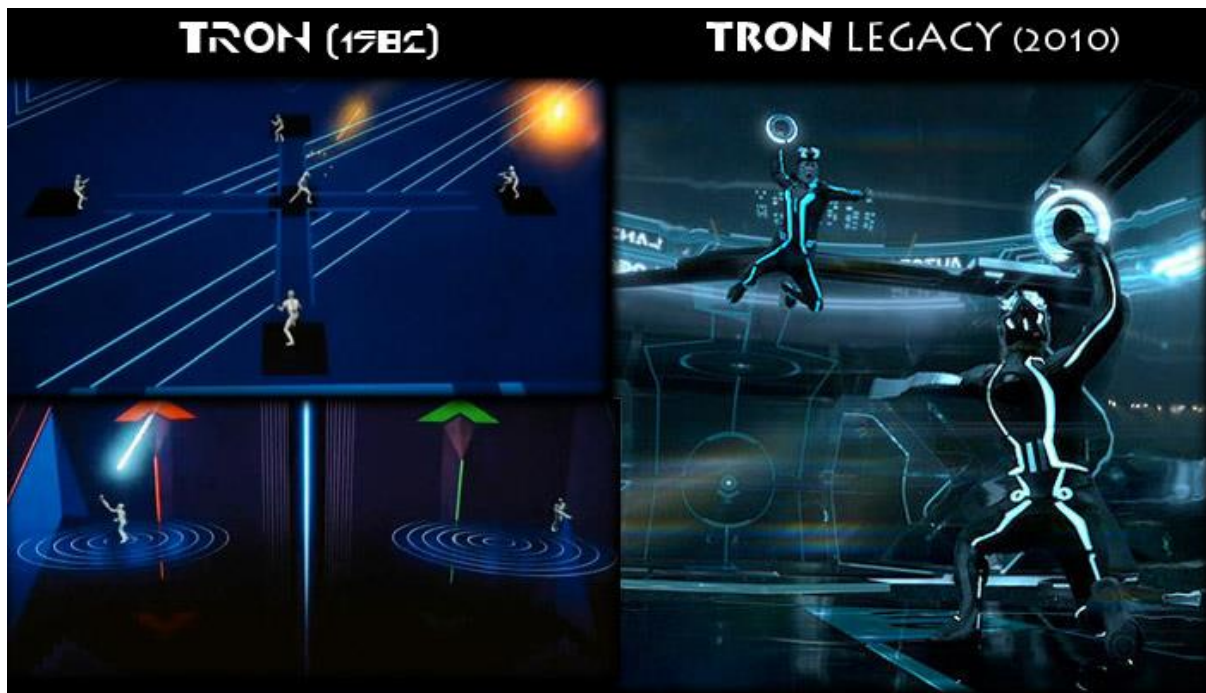
Istorija

Početkom četrdesetih godina prošlog veka počeli su eksperimenti sa računarskom grafikom. Najznačajniji je bio Džon Vitni (*John Whitney*) iako njegov rad nije bio preterano zapažen sve do početka šezdesetih godina kada su digitalni računari postali šire rasprostranjeni. Inicijalno, korišćeni su prevashodno u naučne, inženjerske i istraživačke svrhe, a eksperimentalna korišćenja u umetničke svrhe nisu počela do šezdesetih godina.

Do sredine sedamdesetih godina, uloženo je mnogo truda da se trodimenzionalna grafika ubaci u javne medije kojima je do tada vladala dvodimenzionalna grafika. Napretkom računara i mogućnostima postizanja relativno dobrih rezultata, 3D grafika počela je polako da se pojavljuje u medijima. Taj trend se nastavio do sredine osamdesetih kad su trodimenzionalni modeli dostigli mogućnost da nose kompletnu produkciju. Prvi približno fotorealistični rezultati nisu se pojavili sve do početka devedesetih godina.

Prvo korišćenje 3D modelovanja u filmskoj industriji

Prvi film u kinematografskoj industriji koji je obimno koristio 3D kompjuterski generisanu sliku bio je Walt Disney-jev *Tron*, koga je režirao Steven Lisberger 1982. godine. Film se proslavlja kao prekretnica u industriji. Trideset godina kasnije snimljen je nastavak pod nazivom *Tron Legacy*¹². Veliki napredak u 3D modelovanju, algoritmima osvetljenja i kombinovanja sa video snimcima više je nego očigledan.

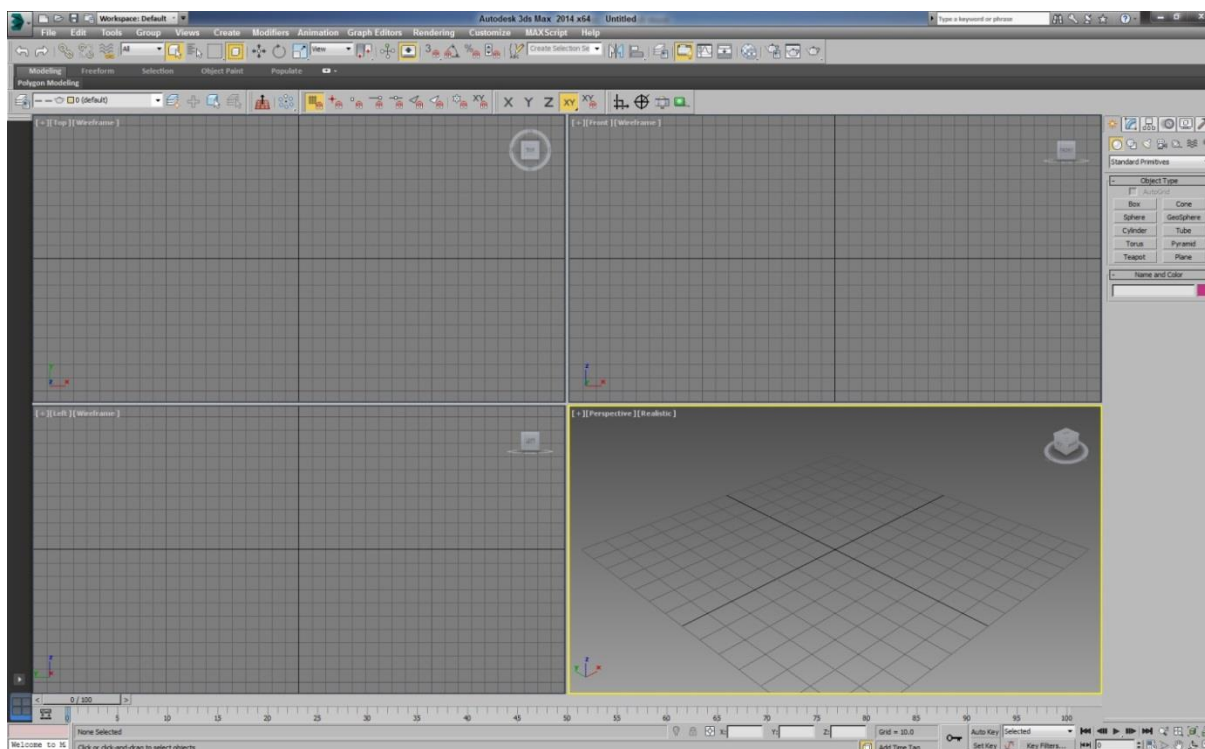


¹² http://en.wikipedia.org/wiki/Tron:_Legacy

Programi

3DS Max

3D Studio predstavlja prvi program namenjen trodimenzionalnom modelovanju, sa radnim nazivom THUD, razvijen od strane Yost grupe pod izdavaštvom kompanije Autodesk 1988. godine. Napravljen je za DOS platformu i imao je samo četiri modula (*Shaper, Loftter, Editor, Material editor*) zbog DOS-ovog limita od 640 kilobajta. Nakon ubacivanja petog modula (*keyframing*) dobio je naziv *3Dstudio*. Razvoj računarske tehnologije i povećanje performansi i kapaciteta računara, omogućio je razvoj komplikovanijih alata u okviru 3D programskog paketa. Autodesk je 1990. godine izdao prvi integrisani paket za modelovanje, rendering i animaciju. Stvaranjem mogućnosti za ubacivanje dodataka za funkcionalnost (*plugin*) razvijenih od specijalizovanih kompanija kao i sposobnosti importovanja formata programa specijalizovanih za precizno modelovanje (CAD – *computer aided design*), 3dsMax postaje najmoćniji i najpopularniji alat za trodimenzionalnu grafiku koji se primenjuje u vizuelizaciji arhitekture kao i u filmskoj i tv industriji.



Trenutno je aktuelnoj verziji 2014

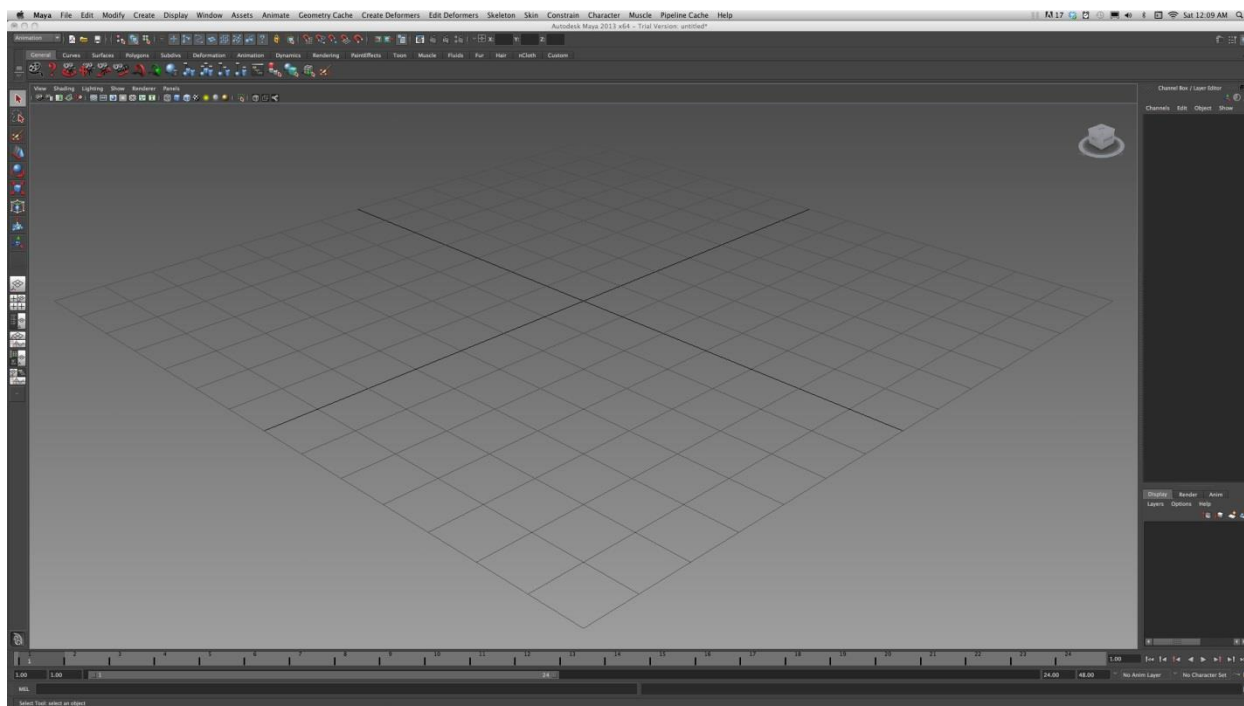
Maya

Alias Systems baziran na kodu *Power Animator* i *Alias Sketch*-a 1998. godine razvio je program za trodimenzionalno modelovanje, renderovanje i animaciju po nazivom *Maya*. Program je prvenstveno razvijen za IRIX operativni sistem a kasnije je postao dostupan na svim platformama: *Mac OS*, *Linux* i *Windows* platformama.

Saradnjom sa kompanijom *Walt Disney*, studio je za potrebe snimanja filma *Dinosaur* tražio da se razvije specijalizovani korisnički interfejs koji bi imao mogućnost personalizacije radnog prostora kako bi kreativni tok posla mogao biti omogućen. To je imalo veliki uticaj na otvorenu arhitekturu *Maya*-e, što je delimično i razlog velike popularnosti ovog programa u 3D industriji.

Pored personalizovanog radnog okruženja *Maya* nudi i mnoge jedinstvene opcije poput:

- *Node graph architecture* (manipulaciju resursa pomoću „čvorova“)
- *Fluid Effects* (simulacija elastičnih i neelastičnih fluida)
- *Cloth* (alat za simulaciju i dizajniranje tekstura tkanine)
- *Hair and fur* (simulator sila dinamike za kosu i dlake)



Trenutno je aktuelnoj verziji 2013SP2

Standardi i formati

Pored ranije navedenih standarda (*OpenGL* i *DirectX*), postoje još dva značajna standarda, bazirana na prikazivanju trodimenzionalnog sadržaja na internetu: X3D i WebGL.

X3D predstavlja ISO standard za XML bazirane formate za 3D grafiku. Naslednik je VRML-a (*Virtual reality modeling language*). Nudi mogućnost kodiranja scene koristeći XML sintaksu i sintakse slične VRML97 kao i *multistage* i *multitexture* renderovanje uz podršku mapi osvetljenja (*lightmap*, *normalmap*).

WebGL je standard baziran na *OpenGL*-u i predstavlja *JavaScript* API za renderovanje trodimenzionalne grafike u HTML5 formatu na bilo kom internet pretraživaču bez dodatne podrške *plugin*-ova. U potpunosti je integrisan u internet standarde dajući mogućnost korišćenja akceleracije grafičke karte u prikazivanju sadržaja na internet prezentaciji. Razvijen od strane Vladimira Vukićevića.

Formati za 3D grafiku mogu da se podele u dve osnovne kategorije: nelicencirane besplatne i licencirane opšteprihvaćene formate poznatih kompanija za razvoj 3d aplikacija.

U3D

Univerzalni 3D format¹³ (U3D) predstavlja standard za kompresovani format trodimenzionalne grafike. Razvijen je od specijalnog konzorcijuma zvanog *3D industry Forum* koji sačinjavaju razvojne grupe kompanija *Intel*, *Boeing*, *HP*, *Adobe*, *Right Hemisphere* itd u cilju promovisanja razvoja trodimenzionalne grafike u raznim oblastima industrije. Format je kasnije standardizovan od strane *Ecma International* organizacije kao ECMA-363.

OBJ

Geometrijski definisan format razvijen od strane *Wavefront Technologies* kompanije za potrebe animacije. Format nije zaštićen licencom i podržan je od strane mnogih vodećih kompanija koje se bave 3d grafikom. OBJ je veoma jednostavan format koji podržava isključivo trodimenzionalnu geometriju kao što su: pozicija verteksa, uv pozicija teksture, lista temena koja čine poligon, koordinate normala itd. OBJ ne sadrži jedinice dimenzija ali može da sadrži informaciju skaliranja.

¹³ <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-363.htm>

DVF

DVF (*Design Web Format*) je zaštićen format razvijen od strane *Autodesk* kompanije u svrhe efikasne distribucije podataka. Fajlovi mogu da sadrže podatke kompleksne grafike, fontove i slike nezavisne od originalne aplikacije, razolucije i operativnog sistema u kome su prevljeni. Format takođe podržava visok nivo matematičke tačnosti, *meta-data* i *markup* podatke.

DXF

DXF (*Drawing Interchange Format* ili *Drawing Exchange Format*) je CAD format koji omogućava interoperabilnost između CAD-ovih programa. Format je prošao kroz nekoliko revizija i dobio je podršku kompleksnijih tipova objekata kao i podršku za ASCII.

Formati kao što su *Skechup SKP*, *Autodesk 3DS* i *MAX*, *Maya IFF* su podržani u većini 3D aplikacija međutim ne predstavljaju najidealnije rešenje za deljenje podataka jer se dosta oslanjaju na sistem, sam program i instalirane funkcionalne dodatke. Takođe, prolaze kroz stalna unapređenja što ih čini nekopatibilnim sa prethodnim verzijama programa.

Ostali 3D formati su¹⁴: .blend, .COLLADA, .HSF, .IGES, .IMML, .IPA, .JT, .PRC, .STEP, .SKP, .STL, .VRML, .XAML, .XGL, .XVL, .xVRML, .X3D, .3D, .3DF, .3DM, .3ds, .3DXML, .X3D

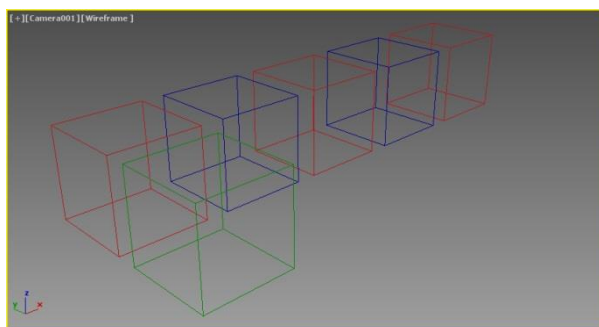
¹⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_file_formats

Perspektiva

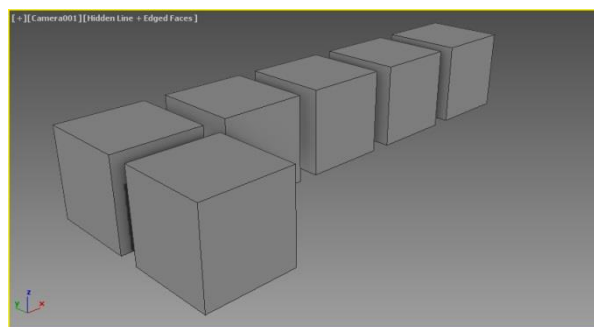
Najstariji oblici slikarstva definisali su dimenzije objekata na slici, ne prema njihovoj udaljenosti od ravni slike ili jednih od drugih, nego hijerarhijski, po redu tematske važnosti. Postoje naznake da se perspektiva koristila u slikarstvu nekoliko vekova pre nove ere, sporadično ali bez ikakve standardizacije. Taj trend se nastavio sve do sredine 15 veka kada je *Filippo Brunelleschi* „ponovo“ otkrio perspektivu i grafički predstavio kako se pravi pomoću tački nestajanja (*vanishing point*). Taj metod je postao standard u crtanju i predstavljanju radova od umetnosti do arhitekture.

U trodimenzionalnom modelovanju, u većini profesionalnih alata pored standardnih prikaza: odozgo, levo, spreda (*top*, *left*, *front*) koristi se i perspektiva i ortogonalna projekcija.

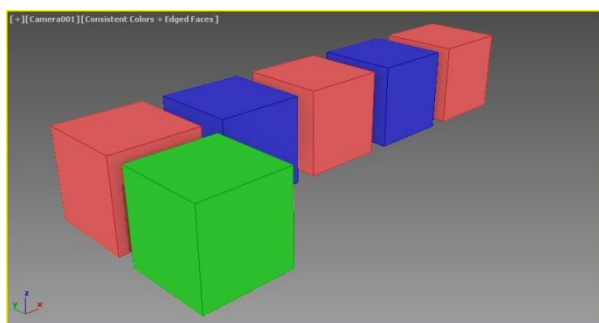
Izgled perspektive može da se menja u zavisnosti od potrebe prikaza ili modelovanja u:



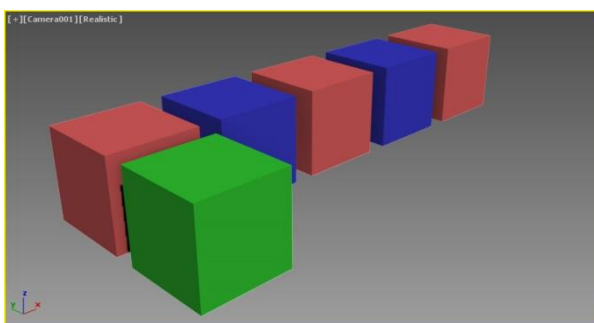
Wireframe



Clay



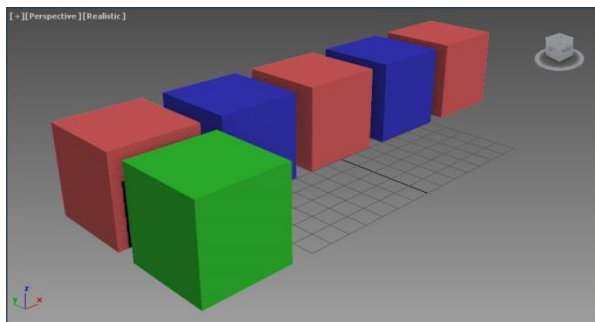
Colors



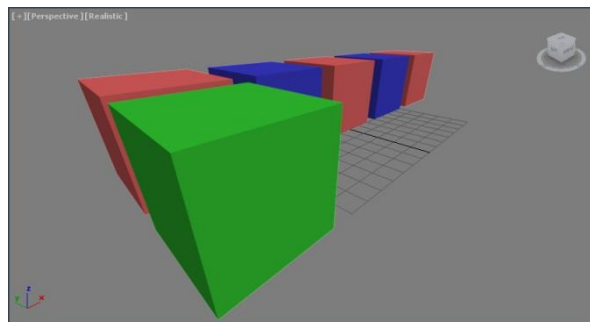
Real

Kamera u perspektivi

Pogled u perspektivu u programima za trodimenzionalnu grafiku podešen je da funkcioniše po principu objektivna na fotopaparatu. U zavisnosti od udaljenosti i žižne daljine tačke nestajanja biće više ili manje udaljene što će značajno uticati na konačan izgled prikaza.

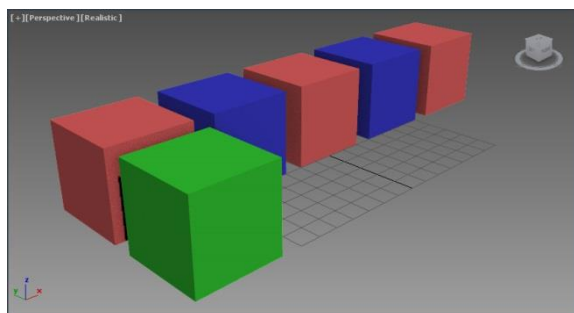


45mm (ugao gledanja približan ljudskom oku)

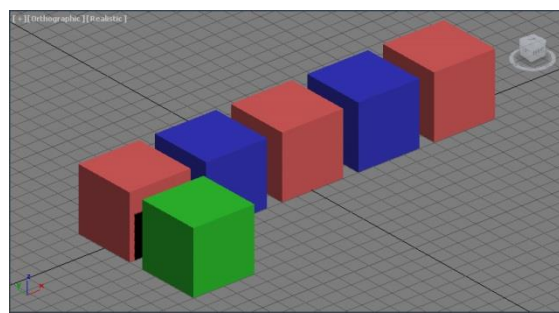


15mm (širokougaoi prikaz)

Ortogonalna projekcija je glavni način predstavljanja predmeta, delova, objekata itd. u tehničkim crtežima. Iz perspektive linealne algebre i funkcionalne analize, projekcija je linearna transformacija iz vektorskog prostora u sebe, tako da ostavlja sliku nepromenjenu. Iako apstraktna, ova definicija projekcije formalizuje ideju grafičke projekcije. Na vertikalnicu se projektuje pogled spreda, na horizontalnicu pogled odozdo, a na profilnicu pogled sleva. Tri profilne ravni čine prostorni koordinatni sistem, koji se zasecanjem po određenoj osi zaokreće i svodi u ravanski. Ortogonalnom projekcijom se u izvesnom smislu prostor pretvara u ravan. Iz tog razloga je ortogonalna projekcija najpogodnija za crtanje predmeta na tehničkim crtežima.



Perspektiva



Ortogonalna projekcija

Modelovanje

Trodimenzionarno modelovanje predstavlja proces stvaranja matematičke reprezentacije trodimenzionalnih objekta. Procesom renderovanja dobija se dvodimenzionarna slika koja predstavlja trodimenzionalni model iz određenje perspektive. 3d model, kao rezultat modelovanja predstavlja kolekciju tačaka i drugih informacija koje računar interpretira kao trodimenzionalni virtuelni model u prostoru. Za potrebe modelovanja moguće je koristiti predefinisane primitivne modele npr. kocku, sferu, cilindar, liniju itd, importovane vektorske modele ili neke od alata kojima koji omogućavaju direktno modelovanje: poligoni, NURBS i *digital sculpt*.

Poligoni

Poligono modelovanje nastaje spajanjem poligona koji se sastoje od tačaka (*vertex*), linija (*egde*) i površina (*face*). Spoj dve tačke čini liniju, spoj tri linije čini površinu. Spajanjem više površina dobija se objekat. U zavisnosti od kompleksnosti objekta i broja zakrivljenih površina, zavisi i ukupan broj poligona u modelu. Kao pomoć pri modelovanju moguće je koristiti predefinisane komande kao što su: *Extrude*, *Connect*, *Detach*, *Displace* itd.

Nurbs

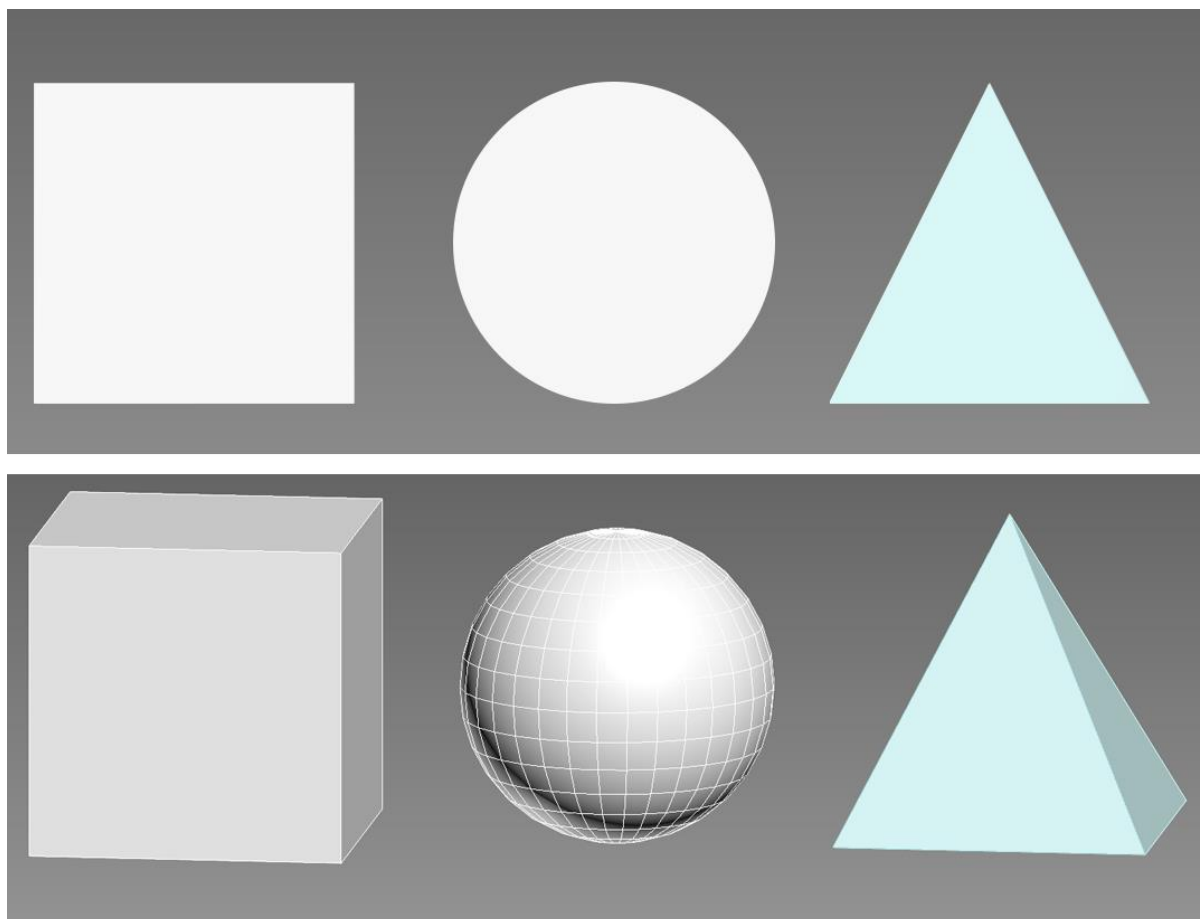
NURBS (*Non-Uniformal Rational Bezier Splines*) za potrebe modelovanja koristi krive čije se zakrivljenje kontroliše kontrolnim tačkama. Što je tačka bliža krivoj, ugao je veći i obrnuto.

Digital Sculpt

DS predstavnja manipulaciju položaja poligona tehnikama koje su urađene po ugledu na metode modelovanja sa glinom. Modelovanje koristi mreže poligona kojima se alatima kao što su: *Push*, *Pull*, *Pinch*, *Grab* itd. menja položaj kako bi se dobio željeni model. Ovaj način modelovanje najčešće se koristi u svrhe organokog modelovanja.

VEKTOR U 3D MODELOVANJU

Kreiranje trodimenzionalnih objekata u programima za trodimenzionalnu vizuelizaciju u osnovi je identično vektorskim programima, sa jednom značajnom razlikom, trećom dimenzijom. Neki dvodimenzionalni oblici u vektorskoj grafici (kvadrat) predstavljaju dvodimenzionalne projekcije trodimenzionalnih oblika (kocka), koje je veoma jednostavno konvertovati u trodimenzionalne objekte dodavanjem treće Z ose. Drugi oblici (krug) iako predstavljeni na isti način u trodimenzionalnom obliku, moraju biti kreirani na potpuno drugačiji način (sfera). Treći oblici ili ne mogu biti pravilno prikazani u dve dimenzije ili ih je potpuno nemoguće prikazati (najčešće veoma komplikovani bez ravnih površina). Za takve oblike moguće je iskoristiti osnovu predmeta za njeno projektovanje u treću dimenziju ili dodavanje modifikatora koji osnovu pretvaraju u neki zadati 3d oblik.



Dvodimenzioni pregled i ortogona projekcija trodimenzionalnih modela

Modifikatori

Osnovna metoda konvertovanja vektora u trodimenzionalni objekat predstavlja izvlačenje treće dimenzije iz vektorskog oblika korišćenjem predefinisanih parametara u okviru programa, za objekte crtane u programu ili korišćenje modifikatora (modifier) za objekte dobijene procesom importovanja datoteke u projekat.

Projekcija osnove

EXTRUDE - Program nudi parametarske mogućnosti određivanja visine istiskivanja linije (*amount*), podelu segmenata izvučene linije (*segments*) kao i poklapanje i otklapanje vrha i dna novonastalog objekta.

LATHE - Alat koji rotacijom dvodimenzionalne linije po zadatoj tački pivota kreira trodimenzionalni objekat. Podržava opcije zapušnja rupa stvorenih nepravilnom rotacijom, zakrivljenja ivica itd..

LOFT – Kombinovanjem dva vektorska oblika: preseka profila i linije, moguće je dobiti 3d objekte profila preseka, oblika zadate linije/putanje.

Nakon kreiranja trodimenzionalnog objekta, korišćenjem nekim od navedenih modifikatora moguće je parametarski uticati na finalni oblik a da oblik u osnovi zadrži sve svoje početne parametre.

Nedestruktivno modifikovanje

LATTICE - Kreira žičanu konstrukciju sa kontrolnim tačkama pozicioniranim u odnosu na poziciju objekta. Pomeranjem tačke, objekat se automatski nelinearnim ugibanjem prilagođava novonastalom obliku.

BEND - U odnosu na pivot tačku objekta dodeljuje se modifikator koji vrši parametarsko savijanje merljivo uglom savijanja u odnosu na ravan osnove objekta. U zavisnosti od potrebe, moguće je i postavljanje limita (početne tačke do koje se vrši savijanje objekta)

BEVEL - Generiše trodimenzionalni objekat u tri nivoa. U osnovi je EXTRUDE sa dodatnom komandom zaobljenja ivica. Nudi mogućnosti linearnog ili zaobljenog metoda.

CHAMFER - Opcija veoma slična BEVEL komandi, ali bazirana na pomeranju ivice (EDGE) poligona, nudi zaobljenje ivica parametarskim podešavanjem.

Spajanjem poligona različitih položaja dolazi do kreiranja veoma oštih ivica, primer koji je veoma redak u prirodi. Čak i ivice koje deluju oštro ljudskom oku, imaju mali novo zaobljenja, dovoljan da utiče na prelamanje svetlosti i stvaranje refleksije. Pravljenje takve greške, posebno modelovanjem predmetima koji imaju vidljivo zaobljene ivice dovodi do stvaranja nefotorealističnih rezultata.

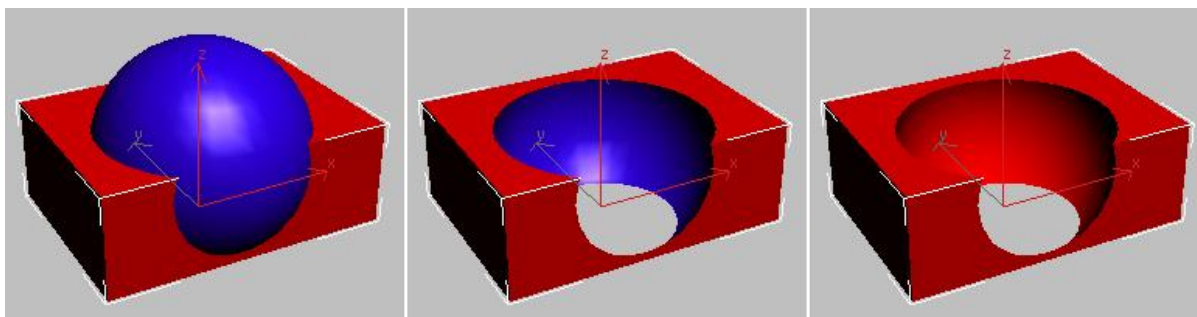


Neobrađena ivica



Ivica sa Chamfer modifikator

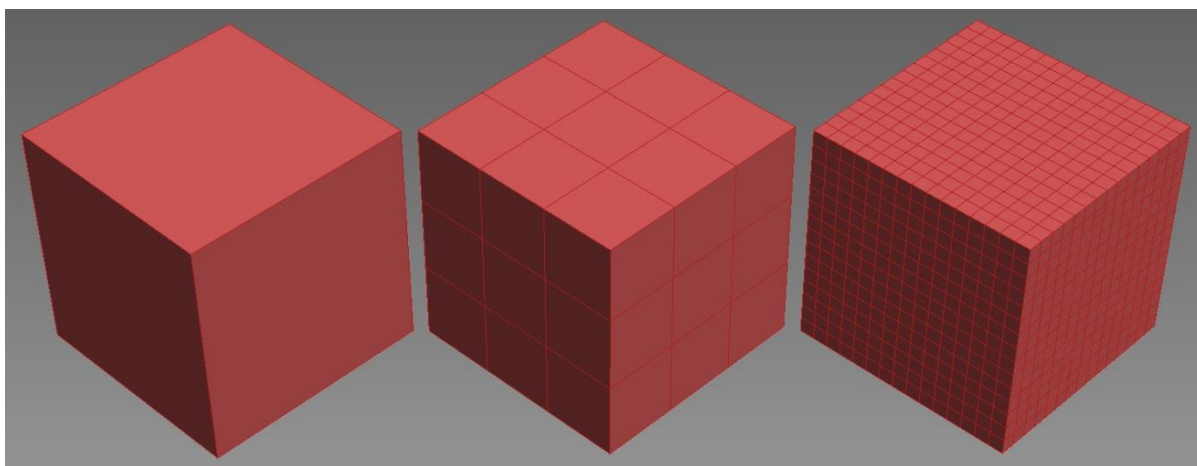
BOOLEAN – Alat kojim se kombinovanjem dva ili više objekata dobija treći, procesom unije, oduzimanja i intersekcije. Alat je pogodan za dobijanje kompleksnih oblika kombinovanjem jednostavnih.



Proces kreiranja udubljenja na pravougaoniku oduzimanjem oblika sfere

Edit poly

Edit poly modifikator predstavlja set alata za modifikovanje sub-objektnih nivoa kao što su: *vertex*, *edge*, *border*, *polygon* i *element*. Postoje dva metoda konvertovanja objekta u editabilni *poly*: destruktivna metoda konvertovanja celog objekta i nedestruktivna metoda dodavanja modifikatora na objekat. Kako bi se olakšalo editovanje, osnovni objekat je potrebno parametarski adekvatno kalibrisati i izdeliti na dovoljan broj podcelina na način na koji se obezbeđuju prostor za rad i subobjektne elemente na koje se usmeravaju modifikatori.



Osnovna kocka 1x1

Kocka 3x3

Kocka 15x15

Osnovne komande koje nudi alat ponašaju se veoma slično kao komande alata za vektorsko modelovanje koji upravljaju pravim linijama i nodovima sa jednom razlikom; pomeranje može da se vrši u tri dimenzije. Osnovne komende su:

Insert vertex – Dodavanje verteksa

Extrude – Istiskivanje poligona

Outline – Skaliranje obodne ivice poligona

Bevel – Skaliranje poligona

Insert – Dodavanje ivice

Bridge – Spajanje selektovanih poligona

Flip – Okretanje normale poligona

Hinge – Rotacija poligona

Remove – Uklanjanje verteksa

Weld – Spajanje više verteksa u jedan

Connect – Spoj koji pravi novu ivicu

Split – Alat za deljenje ivice

RASTER U 3D MODELOVANJU

Konvertovanje rastera u 3D

Standardne metode konvertovanja slika u 3D model mogu da se podele na dve kategorije. Trodimenzionalne modele dobijene od jedne fotografije i trodimenzionalne modele dobijene od mnoštva fotografija istog objekta slikanog iz više uglova¹⁵.

Pravljenje 3d modela od više fotografija vrši se pomoću preračunavanja različitog rasporeda detalja na fotografiji. Različit razmak nastao usled pomeranja pozicije fotografisanja, programu priža mogućnost da na osnovu trijangulacije detalja na fotografiji mapira poziciju aparata a samim tim i objekata na fotografiji.



Prikaz pozicioniranja fotoaparata oko objekta

Nakon mapiranja objekat se pretvara u 3d model i dodeljuje mu se tekstura sa fotografije. Procesi konverzije fotografija u trodimenzionalne modele nisu dovoljno precizni te se ne koriste u profesionalne svrhe. Za precizne rezultate koriste se laseri koji u kontrolisanim uslovima prezicno mogu da mapiraju objekat .

Pojedinačne rasterske ili slike dobijene konvertovanjem rastera u vektor, mogu da se koriste kao osnova za pravljenje trodimenzionalnih objekata najčešće na 3d ravnima (*plane*) procesom zvanim *displacement mapping* i njegovim derivatima: *bump mapping*, *parallax mapping* itd. Rezultati su veoma jednostavni, resursno nezahtevni trodimenzionalni objekti koji se najčešće koriste u video igricama ili za potrebe mapiranja terena.

¹⁵ <http://www.123dapp.com/howto/catch>

Displacement mapping

Proces funkcioniše po principu konvertovanja luminanse rastera u vertikalnu dimenziju 3d objekta. Ravan se pre procesa mora podeliti na sitne fragmente procesom teselacije, čime se omogućava naknadno izmeštanje segmenta po Z osi na osnovu konverzije osvetljenja. Objektu se potom dodaje raster identičnih dimenzija. Za idealnu konverziju raster bi trebao biti pretvoren u brno belu sliku.



Minimalna vrednost osvetljenosti 0 (crna) ostaje na istom nivou kao početna, dok se maksimalna 255 (bela) podiže na predefinisani nivo podešen u programu. Konverzija se najčešće vrši samo po jednoj osi mada je moguća i višedimenzionalna.

Bump mapping

Metod simuliranja *displacement mapping*-a u kome ne dolazi do stvarne promene geometrije na objektu zove se *bump mapping*¹⁶. Stvaranje iluzije dubine dobija se procesom različitog osvetljenja piksela modifikovanjem UV kordinate. Na osnovu informacije iz crno bele bump mape *Phong reflection* modelom, preračunava se odbijanje svetlosti dajući prikazu



mnogo realističniji izgled od same teksture materijala. Iako se rezultati ne mogu porediti sa *displacement mapping*-om, *bump mapping* se veoma često koristi, posebno u *realtime* simulacijama i igricama zbog male zahtevnosti resursa i brzine učitavanja mape.

¹⁶ <http://www.nvidia.com/object/tessellation.html>

Parallax mapping

Paralaks mape, poznate kao ofset mape su pojačana verzija *bump mapping*-a. Implementacijom faznog pomeranja kordinate tekstone, funkcijom ugla gledanja tangente prostora (ugao relativan na normalu površine), i visinom vrednosti *displacement* mape, pod oštrijim uglom gledanja, koordinate se pomeraju više, povećavajući iluziju dubine tekstone.¹⁷



Bump mapping



Parallax mapping

¹⁷ <http://graphics.cs.brown.edu/games/SteepParallax/>

MATERIJALI

Materijal je podatak koji se dodeljuje površini objekta tako da se pojavljuje na određeni način u renderu. Utiče na boju objekta, sjaj, providnost itd.. Standardni materijal sastoji se od komponenti: *Diffuse*, *Ambient*, *Specular*, *Map*.

Arch & Design

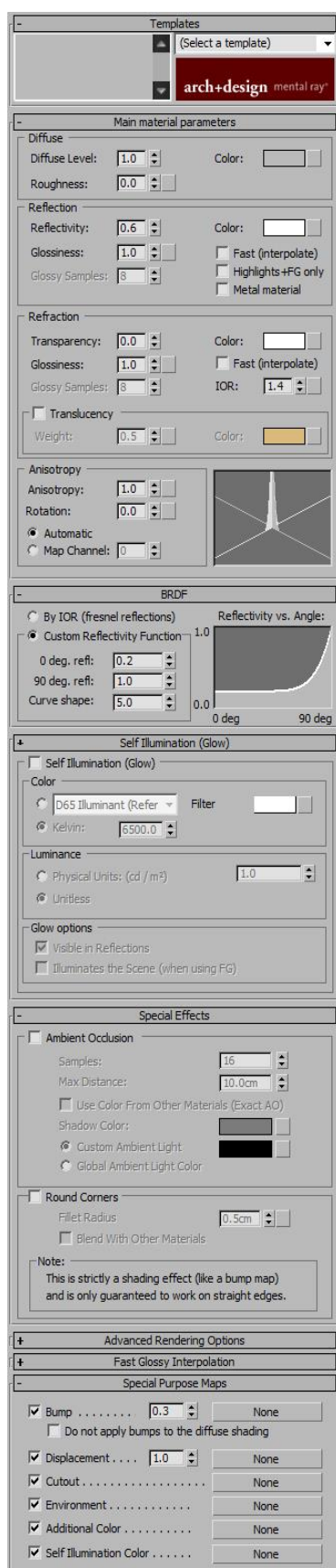
Arch and Design je *monolithic shader* materijal, dizajniran da podržava većinu materijala čvrstih podloga (metal, drvo, staklo itd.) korišćenih u arhitekturi i za potrebe



dizajna proizvoda. Ubrzavaju proces renderovanja i performanse staklastih i glatkih površina. Materijali u sebi sadrže predefinisana podešavanja refleksnosti, transparentnosti, kontaktnih senki, zaobljavanja ivica, refrakcije, kaustike itd. Materijali su fizički tačno reprezentovani i nemoguće ih je promeniti da krše zakone fizike. Stvaranje preoštrih ivica, pomenuto u ranijim poglavljima delimično je rešeno dodatkom za simulaciju zaobljenih ivica

u materijalu. Materijali su predviđeni da se koriste u okruženju realističnog osvetljenja (okruženje koje koristi potpuno direktno i indirektno osvetljenje). Podržana su dva metoda generisanja indirektnog osvetljenja: *Final Gathering* i *Global Illumination*. Rad sa materijalima zahteva korišćenje *Gamma* i *LUT* opcija sa kontrolom ekspozicije kao što je *mr Photographic Exposure Control* kako bi se dobili korektni rezultati. Određeni materijali imaju predefinisana podešavanja koja verodostojno predstavljaju materijale i nije ih potrebno naknadno konfigurisati. To su:

Matte finish (Materijal idealan za zidove), Pearl Finish (Materijal sa sjajnom refleksijom), Glass Thin Geometry (Staklo bez refrakcije – Prozori), Glass Solid Geometry – (Debele staklene površine). Ostali materijali su imenovani na takav način da nije potrebno imenovanje svrhe.



Arch & Design podešavanja:

Diffuse level – Kontrola osvetljenosti, osnovne boje

Roughness – Kontrola mešanja osnovne boje sa ambijentom

Reflectivity – Range 0-1; 0=nema refleksije

Glossiness – Range 1-0; 1=ogledalo; 0=defuse

Fast – Uticaj na smooth izgled

Metal material – Realna refleksija za metalne materijale

Transparency – Range 0-1; 1=totalna refleksija

Glossiness – Oštrina refrakcije, Range 0-1; 1=čista; 0=mutna

Translucency – vidljivost neprozirnih objekata, vrednosti u %

Anisotropy – Zaobljenost krive osvetljenja: 1=oštro;

BDRF - Refleksija pod uglom

By IOR – Ručna podešavanja ugla refleksije

Curve shape – Definicija opadanja funkcije

Ambient occlusion – Kontaktna senka

Round corners – Simulacija zaobljenja ivica

Bump – Uređenje nivoa reljefnosti

Displacement – mapa izobličenja objekta

Cutout - mapa uklanjanja delova

Enviroment – Mapa okruženja

Bitmap

Bitmap, standardna rasterska slika koja se koristi za mapiranje širokog spektra materijala, posebno onih sa teksturom (drvo, zrnaste površine, koža fotografije itd.)

Koristi se kao osnova mape koja se podešava i pozicionira korišćenjem UVW modifikatora.

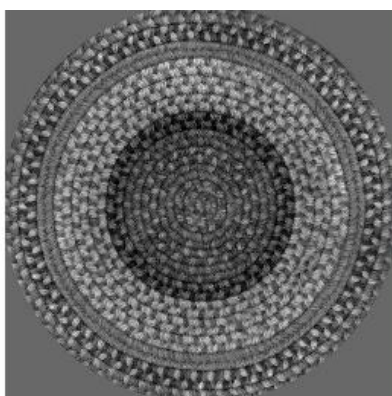
Moguće je parametarsko podešavanje dimenzije slike, osvetljanja i invertovanja slike iako se preporučuje priprema slike u rasterskim editorima zbog njihove superiornosti.

Opcija podešavanja nivoa zamućenosti (blur) odnosi se na procenat blura naspram predefinisane distance objekta u odnosu na kameru. Koristi se kako bi se izbeglo korišćenje *Antialiasing*-a zbog njene hardverske zahtevnosti.

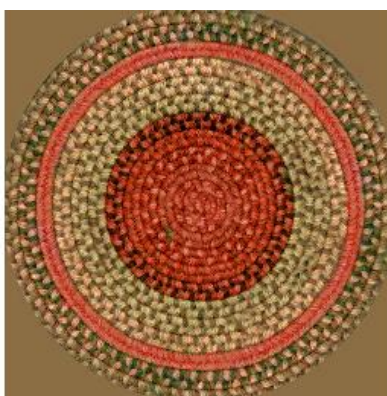
Mono channel output group – *Providnosti* i *specular* nivo su pojedinačne vrednosti u trovrednosnom sistemu. *Output* kontrolama moguće je odrediti izvor mono kanala koji će biti korišćen.

RGB intenzitet koristi informacije jednog od kanala (crvena, zelena, plava) i koristi je kao mapu. Ignoriše se boja piksela i uzima se samo vrednost osvetljenja (*luminance*). Crna boja se smatra transparentnom a bela vidljivim.

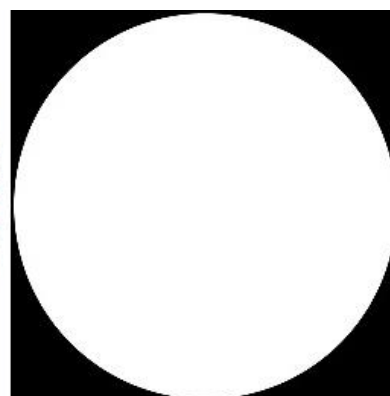
Alpha koristi intenzitet vrednosti predefinisane u *alpha* kanalu ako je prisutan kao mapu.



Alpha kanal bump-a



Tekstura



Maska

UVW mape

UVW *maps* modifikator predstavlja način na koji se mapa projektuje na objekat. UVW koordinate su slične XYZ koordinatnom sistemu.

Planarno (*Planar*) mapiranje vrši se samo sa jedne strane i idealno je za projektovanje mape na objekte kojima je samo jedna strana vidljiva.

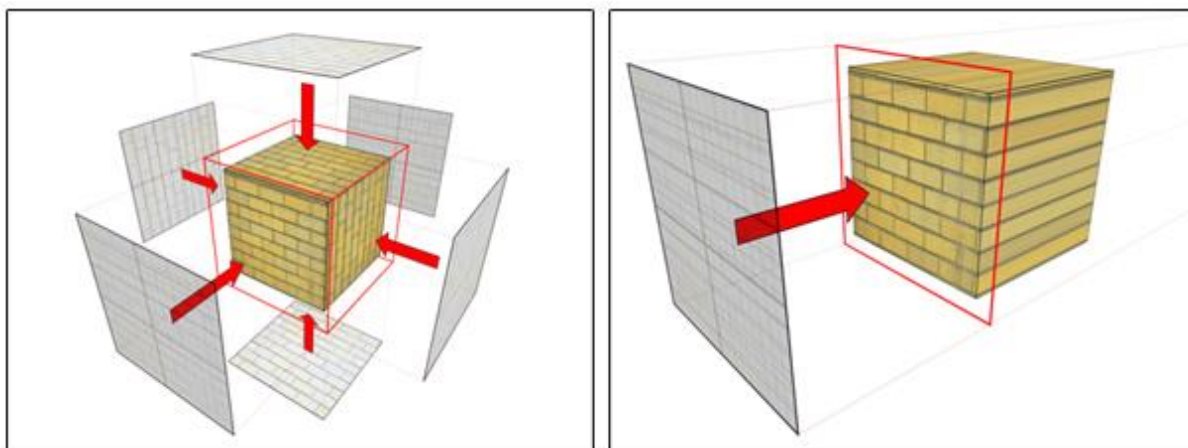
Cilindrično (*Cylindrical*) mapiranje zamotava se oko objekta i ima jedan spoj (liniju spajanja leve i desne ivice mape). U slučaju da je napravljena *seamless map* (mapa u kojoj se kraj desnog dela slike nastavlja na početnom levom) mapiranje objekta vršiće se na takav način da se kraj mape neće videti. Za poklapanje ivica bolje je korišćenje druge mape.

Loptasto (*Spherical*) mapiranje koristi se za projekciju na sferu. Linije-tačke spajanja mape videće se na vrhu, odnosno dnu objekta.

Shrink wrap mapiranje koristi metodu loptastog mapiranja ali spajanje mape vrši samo u jednoj tački.

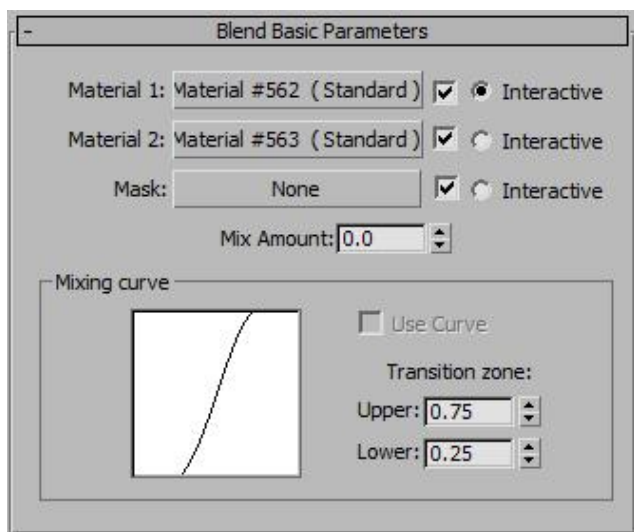
Face mapiranje koristi metod mapiranja objekta tako što identičnu mapu postavlja na svaki poligon datog objekta.

Kockasto (*Box*) mapiranje predstavlja najstandardniji i najčešći metod mapiranja objekta. Mapa se projektuje sa svih šest strana. Svaka ravan je planarna mapa.



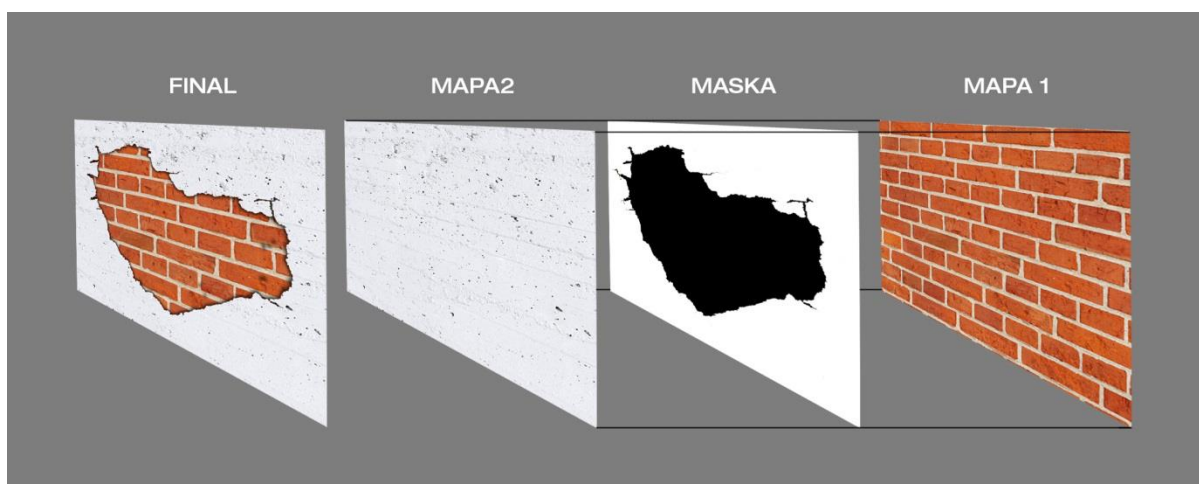
Prikaz mapiranja BOX i PLANAR metodom

Blend materiali



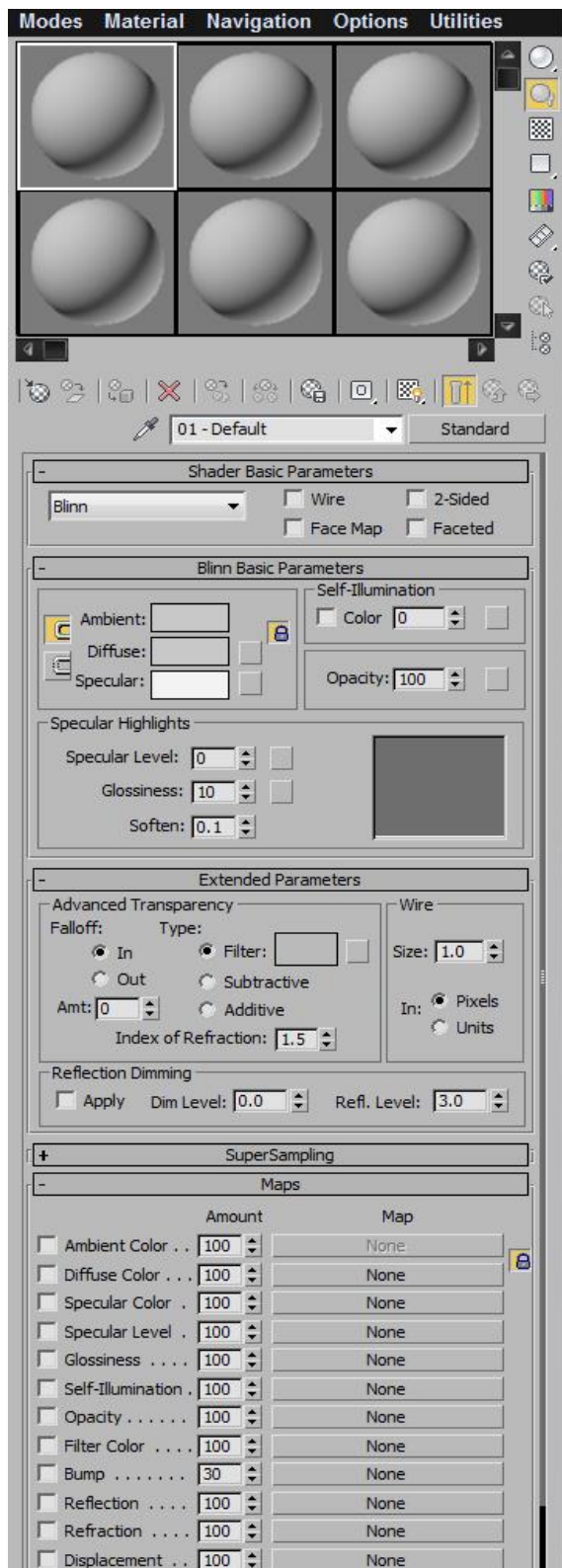
Blend materijal predstavlja kombinovanje dva materijala u materijal editoru. Za razliku od standardnog spajanja u rasterskim editorima, blend materijali nude mogućnost parametarskog podešavanja oba materijala zasebno, što je nemoguće postići korištenjem jedne mape. U materijal poziciju m1 ubacuje se donji osnovni materijal sa već predefinisanim vrednostima. Na poziciju broj m2 ubacuje

se materijal, takođe predefinisani, koji će biti delimično sakriven maskom koja se ubacuje na *Mask* poziciju. Maska treba da bude crno-bele boje. Bela površina zadržava spoljnu teksturu vidljivom dok maskirani crni deo prikazuje pozadinski materijal 1. Parametrom Mix Amount moguće je kontrolisati providnost kompletnog materijala broj 2, dok se podešavanjem Mixing curve komande određuje postepeni prelazak ili oštrina između dve mape.



Proces dobijanja finalne teksture

Materijal Editor



Shader basic parameters – predstavlja izbor načina generisanja svetla na površini mape

Blinn – Bazični shader

Wire – Žični prikaz materijala

2-Sided – Obostrano prikazivanje materijala

Facemap – Ponavljanje materijala poligonu

Faced – Svaki poligon je posebno osenčen

Blinn Basic Parameters:

Ambient – Boja površine u senci

Diffuse – Osnovna boja

Specular – Boja pod direktnim svetlom

Self Illumination – Koeficijent samoosvetljenja

Opacity – Providnost materijala

Speculat level – Količina osvetljenosti

Glossiness – Širina svetlosnog uticaja

Soften – Nivo prelaza izmedju svetlog i tamnog

Maps: Odeljak u kome se mapama dodeljuju

Diffuse, Amount, Specular, Opacity, itd.

Bump – Nivo ispupčenosti mape

Displacement – mapiranje nivoa deformisanosti objekta uz pomoć modifikatora *Displace*

RENDEROVANJE

Renderovanje je proces generisanja slika od jednog ili više trodimenzionalnih modela u računarskom programu. Kao rezultat renderovanja dobija se slika koja se zove render (*rendering*). Osnovni proces se odvija konvertovanjem delova trodimenzionalnih vektorskih oblika u dvodimenzionalne segmente koji korespondiraju obliku i položaju 3d modela. Vektorski modeli, najčešće se predstavljaju kao skup kvadrata ili trouglova (poligona) koji zajedno čine 3d model. Procesom rasterizacije položaj i oblik datog poligona (kako se vidi iz oka posmatrača) konvertuje se u rastersku projekciju oblika kome se posle dodeljuje boja, osvetljenje ili slika/tekstura. Takav proces je veoma brz međutim ne podržava opcije naprednih svetlosnih efekata.

U prirodi, svetlosni izvor emituje zrake svetlosti koji putuju dok ne dođu u kontakt sa nekom površinom. Kontaktom dolazi do jedne od četiri stvari: apsorpcija, refleksija, refrakcija i fluorescencija. Površina može da apsorbuje jedan deo svetlosti, rezultujući smanjenjem intenziteta refleksije ili refrakcije. Takođe moguća je i potpuna refleksija u istom ili više pravaca, delimični ili celokupni prolazak kroz predmet ili apsorbovanje i reemitovanje u drugoj talasnoj dužini. Svetlost od svog polaska, direktnim putem ili prolaskom kroz refleksiju, apsorpciju ili refrakciju dolazi do ljudskog oka. Svetlo koje je stiglo mora da bude zajedno sa apsorbovanim / reflektovanim / refraktovanim svetlom jednako sumi od 100% polaznog svetla. Nemoguće je da se 60% svetlosti apsorbuje i 50% svetlosti odbije. To bi činilo 110% i ne bi zadovoljavalo zakon održanja energije.

Render engine

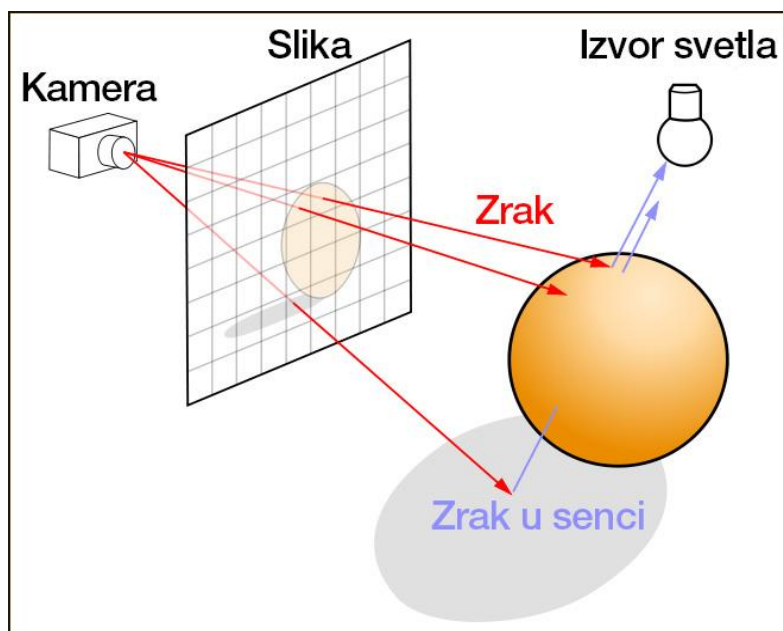
Render engine je program za sprovođenje procesa renderovanja slike. Može da bude samostalan ili integrisan u program za modelovanje. U zavisnosti od načina simulacije kretanja i preračunavanja svetlosti, može se podeliti na biased (sa sistematskom greškom) i unbiased (bez sistematske greške).

Biased – Vray, Mental ray

Unbiased – Maxwell, Arnold, Octane, Brasil

Ray tracing

U odnosu na stvaran svet, *Ray tracing* radi na obrnutom principu. Zraci se ispaljuju iz kamere. Simulacija prirode bi potrošila previše resursa zbog činjenice da veoma mali broj zraka koji krene od izvora svetlosti dospe do finalne destinacije – kamere. Obrada tolike količine informacije oduzela bi previše vremena dok je obrnuti proces praćenja ulaznih zraka

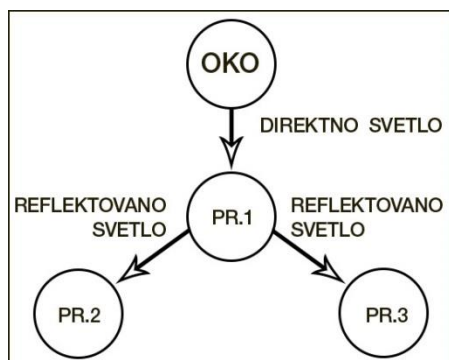


(*ray tracing*) znatno manje hardverski zahtevan. Proces funkcioniše tako što se iz kamere ispaljuje po jedan zrak za svaki piksel. Koristeći karakteristike materijala i pozicije osvetljenja u sceni algoritam ocenjuje senčenje objekta. Ako između piksela i izvora svetlosti nema ništa, piksel je osvetljen, a ako između njih stoji objekat ili

deo objekta, piksel je u senci.

Recursive ray tracing i Caustics

Sledeći korak je generisanje dve vrste zraka: zrak refleksije i refrakcije. Refleksija se traži u ogledalo refleksiji. Najbliži objekat sa kojim ima interakciju biće reflektovan.



Refrakcija funkcioniše na sličan način sa tim što zrak može da uđe ili izađe kroz materijale. Određeni objekti međutim moraju da se renderuju na drugačiji način, koristeći svetlo generisano od strane izvora svetlosti. Prelamanje svetlosti kroz tanke zaobljene providne objekte (*Caustics*) je jedan od najčešćih razloga za korišćenje obrnutog metoda *ray tracing*-a.

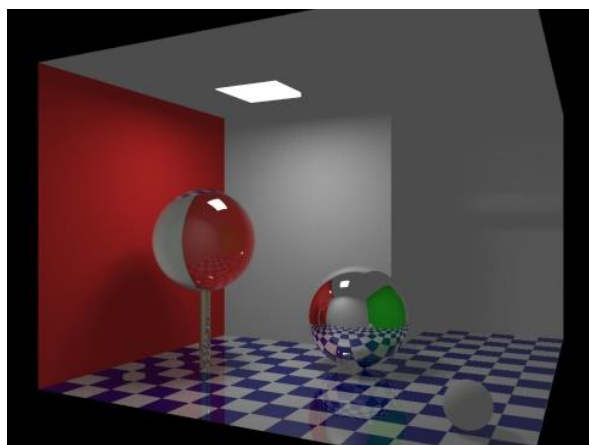
Photon mapping

Mapiranje fotona (*photon mapping*) je još jedna od metoda koja koristi oba načina praćenja kretanja svetlosti. Energetski fotoni se ispaljuju sa izvora svetlosti kako bi se procenio fluks zračenja i kreirala mapa fotona. U drugom prelazu prati se kretanje svetlosti iz kamere kako bi se procenile vidljive površine na koje se primenjuje fotonska mapa kako bi se procenila iluminacija date vidljive površine.

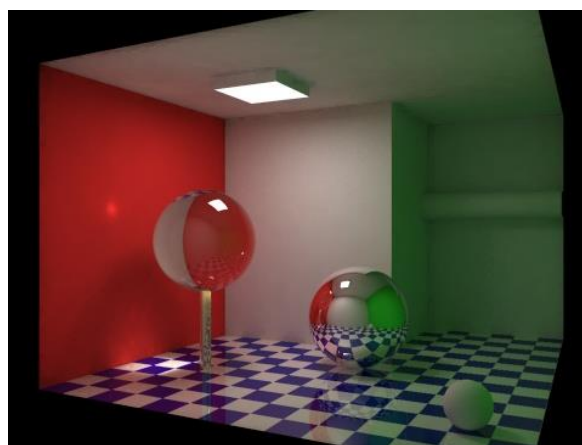
Global Illumination

Globalna iluminacija (*Global illumination*) je generalno ime za grupu algoritama u 3d grafici koji podpomažu fotorealističnosti rezultata. Koriste je *Radiosity*, *Ray tracing*, *Photon mapping*, *Metropolis light transport* i *Ambient occlusion* metodi. Oni preračunavaju svetlo koje dolazi direktno od izvora svetlosti (*direct illumination*) a naknadno i svetlo reflektovano (*indirect illumination*). Metoda preračunavanja svetlosti zove se *Specular Reflection*. Svetlost se projektuje na sferu mape okoline (*environment mapping*) i koristi se za simuliranje svetlosti na sceni korišćenjem visoko dinamičke slike (*high dynamic range imaging* - HDRI).

Mana preračunavanja globalne iluminacije je veoma velika hardverska i vremenska zahtevnost, posebno imajući u vidu da nakon viščasovnog renderovanja rezultat može da bude lošiji nego bez korišćenja globalne iluminacije zbog karakteristika podešavanja njegovih opcija i korelacije sa samim modelima u renderu.



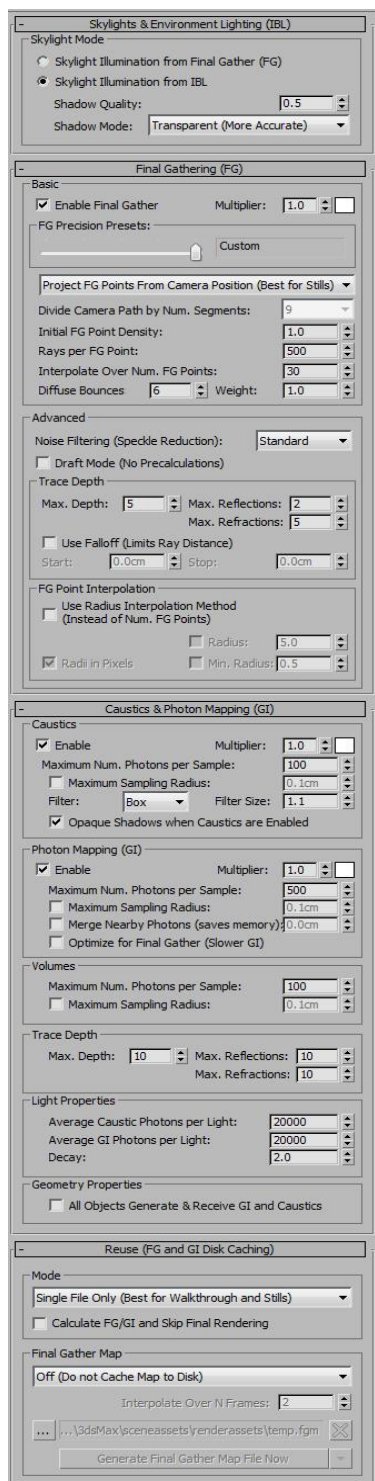
Primer bez P.M i G.I



Primer sa P.M i G.I

Render podešavanja

U render podešavanjima potrebno je uključiti *mental ray* render, *enviroment map*, postaviti *Physical sky* i uključiti *mr Sun* u *Sunlight* parametrima i *mr Sky* u *Skylight* parametrima.



Svim objektima potrebno je dodeliti: *Generate & Receive GI and Caustics* kako bi podešavanja uticala na njih i koristila ih u preračunavanju refleksije i refrakcije.

U render pod-panelu *Indirect illumination* potrebno je markirati *Enable final gathering*.

Gustinu mreže za obračun finalnog skupljanja svetlosti *Initial FG points Density* multiplikator treba podesiti na 0.1 - 1 - 4

Interpolate over NUM FG points 1-noisy, 5-less noise, 30-realistic, 200-smooth

Broj zrakova koji se generišu u jednoj tački *Rays per point* treba podesiti na 1, 4, 500, 1000 ili 10000 u zavisnosti od potrebe

Postavljanjem sledećih parametara: *Final Gethering: Density-0.1, Rays 50-100, Interpolate 30-50* dobija se bolje osvetljena scena, međutim proces renderovana se produžuje.

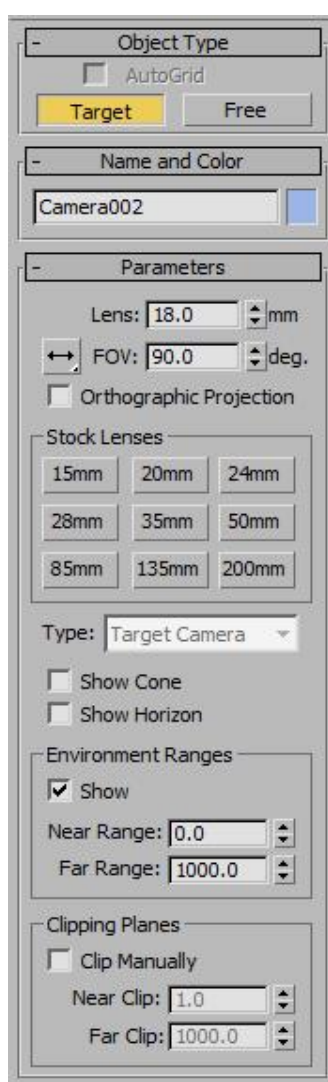
Markirati *Enable Photon Mapping*. *Maximum sampling radius* određuje broj fotona u sceni. U zavisnosti od scene stavljati od 500 pa naviše.

Opciju kombinovanja GI i FG moguće je odraditi na sledeći način: Ugasi se *Final Gether*. Uključi se *Global Illumination*. Nakon njegovor preračunavanja, *Final Gether* koristi svetlo generisano od strane GI-a kako bi napravio efikasniju mapu.

KAMERA

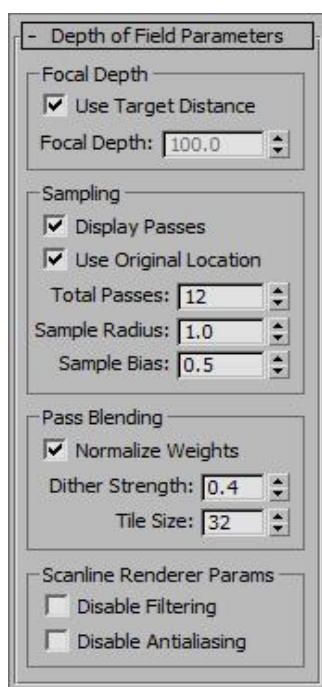
Kao što je navedeno u sedmom poglavlju, kamera u nekim programima poput 3dsMax-a ima karakteristike analognog fotoaparata. Program simulira odbijanje svetlosti od objekte i na osnovu ravni gde je pozicionirana kamera, preračunava ulaznu svetlost, dodeljuje joj vrednosti podešene u programu a potom ih realizuje kroz proces renderovanja.

Objektiv

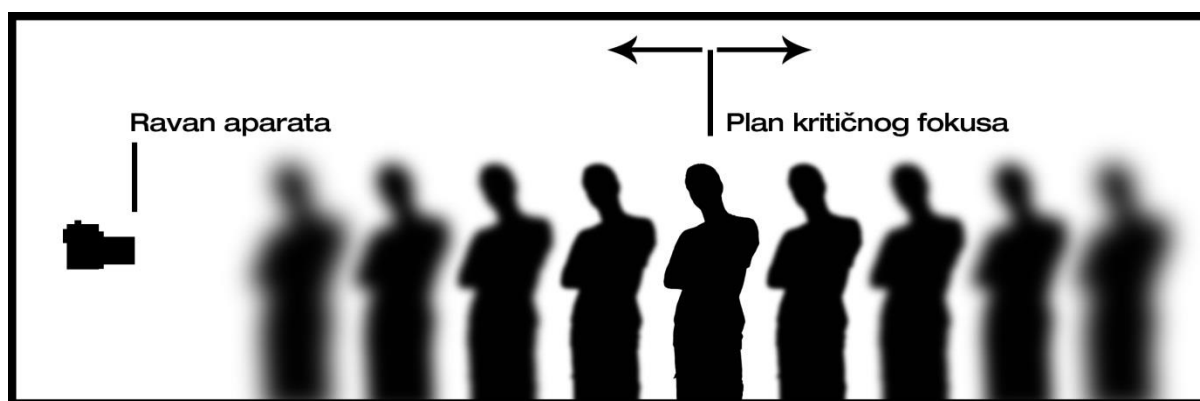


Program nudi dve osnovne opcije: *Free camera* i *Target camera*. Razlikuju se po opcijama daljine fokusa. Izbor žižne daljine može da se kontroliše sa dva parametra različitim merama kalibrisana sa istim konačnim rezultatom. Prvi izbor je standardni fotografski parametar: žižna daljina tj. udaljenost zadnjeg nodalnog sočiva i plana fokusa (ravan filma ili CCD čipa). Žižna daljina pored toga kontroliše i ugao gledanja, odnosno deo scene koji je prikazan u kadru. Što je žižna daljina manja, veća je površina koju kamera vidi – veći je ugao gledanja (drugi parametar kontrolisanja *FOV* – *field of view*). Program nudi standardne predefinisane žižne daljine. Izbor žižne daljine je stvar lične preferencije i uslova korišćenja (limitirajućih dimenzija prostora i pristupa objektima). Neke od žižnih daljina su se vremenom ustalile u fotografiji i koriste se u podešavanjima u programu iako su originalne dimenzije striktno vezane za razmeru žižne daljine objektiva i dimenzija filma. Objektiv od 50mm na standardnom 2x3cm filmu smatra se ekvivalentom ljudskog oka. S obzirom da digitalni fotoaparati imaju CCD čip duplo manjih dimenzija, žižna daljina mora da se prepolovi kako bi se dobio isti odnos. Međutim, da bi se izbegla konfuzija, aparati se označavaju da vrednostima ekvivalentnim 2x3cm negativ filma (25mm – ekvivalent 50mm). Isti slučaj je i sa oznakama u Autodeskovom 3dsMax-u.

Dubina polja



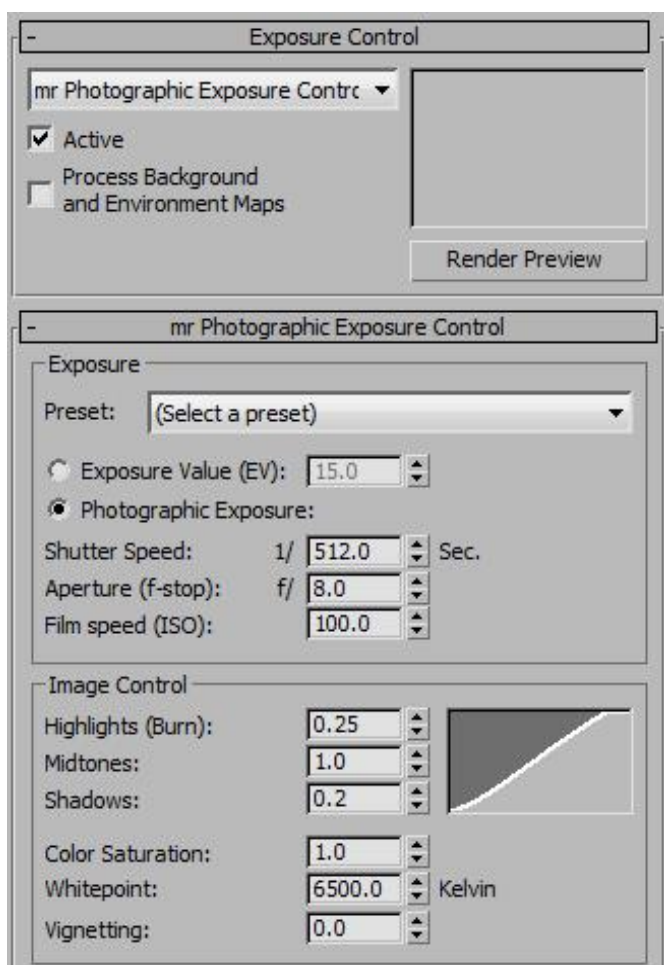
Pored standardnih opcija žižne daljine, program nudi i parametarsko određivanje dubine polja. U fotografiji, teoretski, objektiv može da fokusira samo jednu ravan/plan slike (plan kritičnog fokusa) a svi ostali objekti u svim drugim ravnima biće van fokusa – manje oštri. Što je dubinska oština manja, manji broj ravni od plana kritičnog fokusa je oštar i obrnuto. Dubinskom oštrinom smatra se razdaljina ispred i iza kritičnog plana fokusa koja je prihvatljivo oštra. U fotografiji, dubina polja zavisi od žižne daljine, otvora blende i udaljenosti objekta od fotoaparata. Objektiv sa malom žižnom daljinom imaju veću dubinsku oštinu. Otvor blende je obrnuto proporcionalan dubini polja. Što je otvor blende veći, manja je dubinska oština. S obzirom da je dubinska oština subjektivna stvar i zavisna od kombinacije više faktora, nije je moguće parametarski iskazati. Za razliku od realnog sveta gde sve parametre (osvetljenje zaslužno za otvor blende, poziciju aparata, žižnu daljinu) nije moguće kontrolisati, 3d okruženje nudi parametarska podešavanja nezavisna od fizičkih dimenzija. U zavisnosti od izbora render engine-a moguće je podešavati i parametre semplovanja dubinske oštrine, količinu prelaza kao i metodu zamućivanja (*blur*-ovanja) objekata fan plana fokusa.



Dubinska oština (plan kritičnog fokusa)

Parametri osvetljenja

Na osvetljenje filma ili CCD čipa utiču dva osnovna faktora, otvor blende i brzina zatvarača. Korigovanjem ove dve vrednosti, odnosno njihovom pravom kombinacijom dobija se korektno osvetljena fotografija. Otvor blende reguliše količinu svetla koja može da udje u



aparat a brzina zatvarača dužinu trajanja ekspozicije filma ili čipa svetlosti. U zavisnosti od potrebe, jednu vrednost moguće je kompenzovati drugom. Ako je potrebno fotografisati neki objekat u pokretu, sa predpostavkom da objekat treba da bude oštar, otvor blende treba da se poveća kako bi bilo moguće ostvariti što kraću ekspoziciju i osigurati oštru sliku. U slučaju potrebe za velikom dubinskom oštrinom, blenda se mora smanjiti što će dovesti do potrebe za dužom ekspozicijom. Treći faktor koji utiče na finalno osvetljenje slike je osetljivost filma ili CCD čipa. Osetljivost filma označava se ISO vrednošću. Razmak između dve

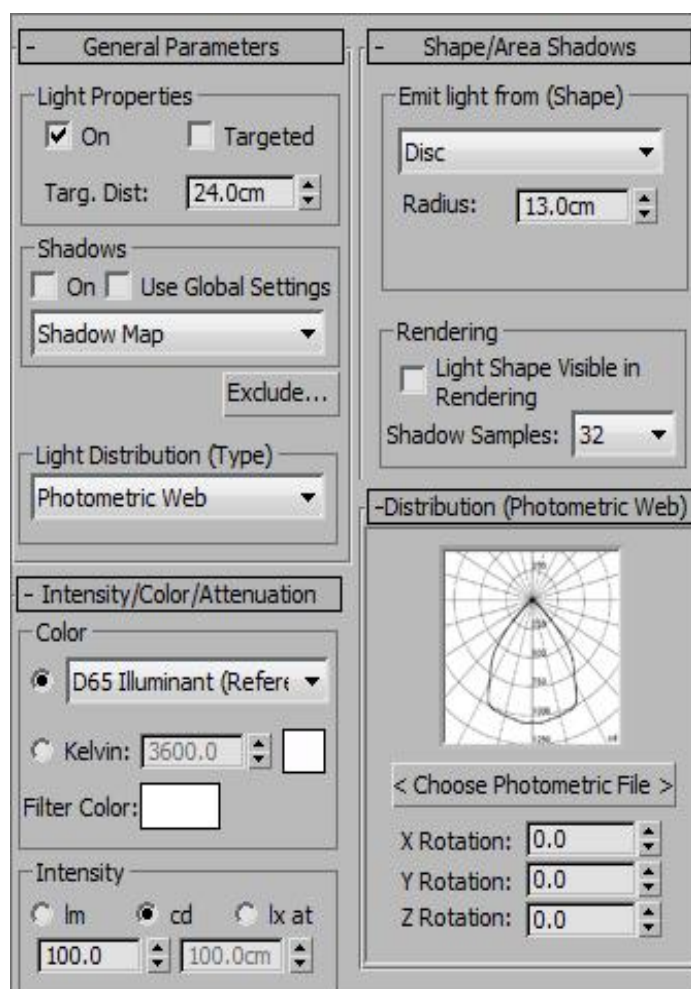
vrednosti (iso100, iso200, iso400 itd) ekvivalent je jednoj vrednosti otvora blende ili brzine otvarača. Povećanjem iso vrednosti filma ili čipa, potrebno je za isto toliko smanjiti jedan od dva osnovna parametra. Nedostatak filmova ili CCD čipova sa visokom iso vrednosti je zrnasta slika / slika sa visokim nivoom šuma.

Parametri podešavanja osvetljenja u 3dsMax-u nude iste opcije (*Photographic exposure*) kao i na aparatima, pored svoje standardne opcije (*Exposure value*) osim što iso vrednost ne utiče negativno na kvalitet fotografije.

Pored standardnih opcija, program nudi i mogućnosti doterivanja osvetljenja korigovanjem nivoa tamnih i svetlih tonova, kao i mogućnosti kvarenja kvaliteta dodavanjem kružnog zatamnjivanja oko čoškova fotografije kako bi se simulirala nesavršenost objektiva u cilju postizanja fotorealističnosti.

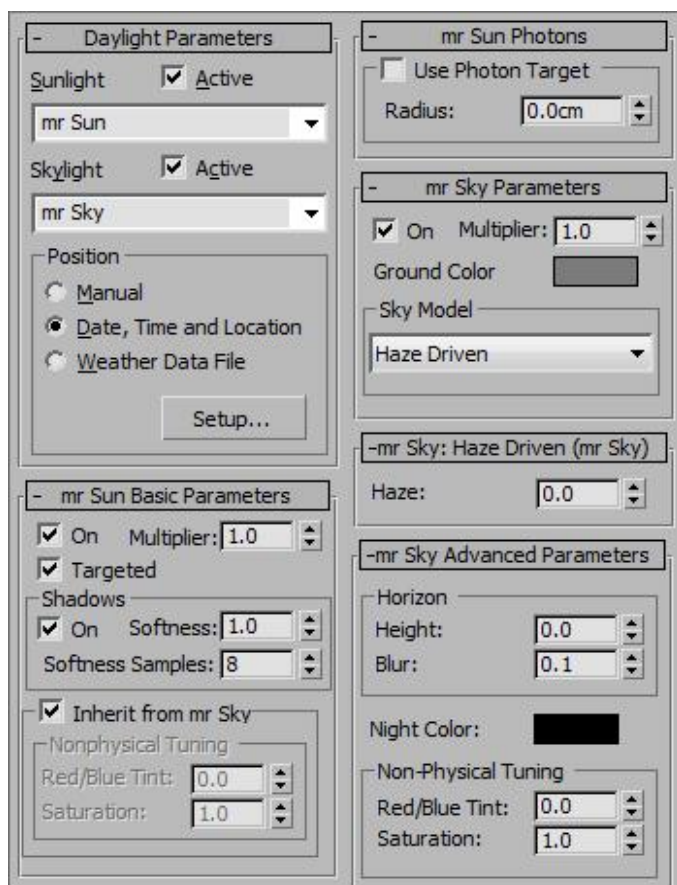
Osim opcija za kontrolu osvetljenja, takođe je prisutna i opcija podešavanja toplote boja, odnosno korekcija odstupanja u zavisnosti od razlike između predefinisane boje (sunčeve svetlosti) i izvora svetla koje osvetljava dati kadar.

Sledeći bitan faktor je izbor simulatora izvora svetlosti. Prema načinu i poreklu može se podeliti u dve osnovne kategorije: prirodno osvetljenje i veštačko osvetljenje.



Za potrebe prirodnog osvetljenja koriste se dva alata: *Sunlight* i *Daylight* sistem. *Sunlight* koristi direktno osvetljenje (*directional light*) dok *Daylight* koristi kombinaciju *Sinlight* i *Skylight* sistema. Koriste se uz *mr Sun* (*mental ray Sun system*). Položaj sunca podešava se izborom datuma i vremena kome su predefinisane pozicije sunca. Moguće je i manuelno pozicioniranje sunca. Za izbor podešavanja ekspozicije koristi se *mr Photographic Exposure Control*. *Daylight* sistem kao podršku koja pomaže prikupljanju svetlosti prilikom slikanja interijera korisiti *Sky Portal*. On koristi jednosmerni fluks i veoma je bitno pozicionirati ga na

pravilan način. Opcijom *Multiplier* moguće je koristiti pojačavanje svetlosti kako bi se bolje osvetlile prostorije.



Veštačko osvetljenje moguće je podesiti sa dva alata: Free light, Target light. Razlikuju se po načinu projekcije svetlosti. Target light je usmereno svetlo sa zasebnim podešavanjima usmerenja svetlosti, radijusa prostiranja kao i radijusa opadanja u prostoru. Ponuđena su tri predefinisana podešavanja: *Spotlight*, *Uniform Diffuse* i *Uniform Spherical* i jedan konfigurabilni: *Photometric Web*. On nudi izbor za distribuciju svetlosti po specifikacijama proizvođača sijalica i pruža najfotorealističniji rezultat.

Od osnovnih parametara koje je moguće kontrolisati najznačajniji je

izbor jačine osvetljenja iskazan u standardnim merilima jačine svetla: lumenima i kandelima. Toplinu boje, izraženu u kelvinima takođe je moguće ručno podešavati mada su te vrednosti već pravilo konfigurisane izborom date specifikacije proizvođača.

Za razliku od *Target light*-a, *Free light* nudi mogućnosti konfigurisanja oblika izvora svetlosti. Moguće je izabrati: jednu tačku (*point*), liniju (*line*), kvadrat (*rectangle*), disk (*discs*), cilindar (*cylinder*) i loptu (*sphere*). Svaka od njih ima svoje parametarsko podešavanje.

Senka može da se podesi u nekoliko modova: *Area shadow*, *Shadow map*, *mr Shadow map*, *Ray Tracing*, *Adv. Ray Traced*. Postoji sedam parametarskih podešavanja nivoa semplovanja senke: 32, 64, 128, 256, 512, 1024 i 2048. U zavisnosti od izbora metoda kreiranja senki semplove je potrebno podesiti na različite vrednosti. Viši nivo semplovanja kreira finiju senku, međutim kao posledica javlja se znatno duži render. Izborom *Ray Traced* metoda senke, primetne razlike mogu da se vide do nivoa od 512. Izbor više vrednosti neznatno poboljšava kvalitet senke dok s druge strane značajno produžava trajanje rendera.

TEST SCENA

Demonstriranje različitih načina osvetljenja scene biće prikazani na 3D modelu sobe pod dnevnim svetlom, svetlom sijalice, blicem fotoaparata, osvetljenjem ugradnih plafonskih minjonki i svetlom monitora. Pored svetla koje dolazi iz svetlosnih izvora, postavljeno je i osvetljenje iz monitora koje će simulirati presvetljenost ekrana na finalnoj fotografiji, dok će na staklenim površinama biti demonstrirana refleksija i refrakcija. Finalni renderi biće prikazani kao završni render i render posle procesa postprodukcije.

Model sobe u glini

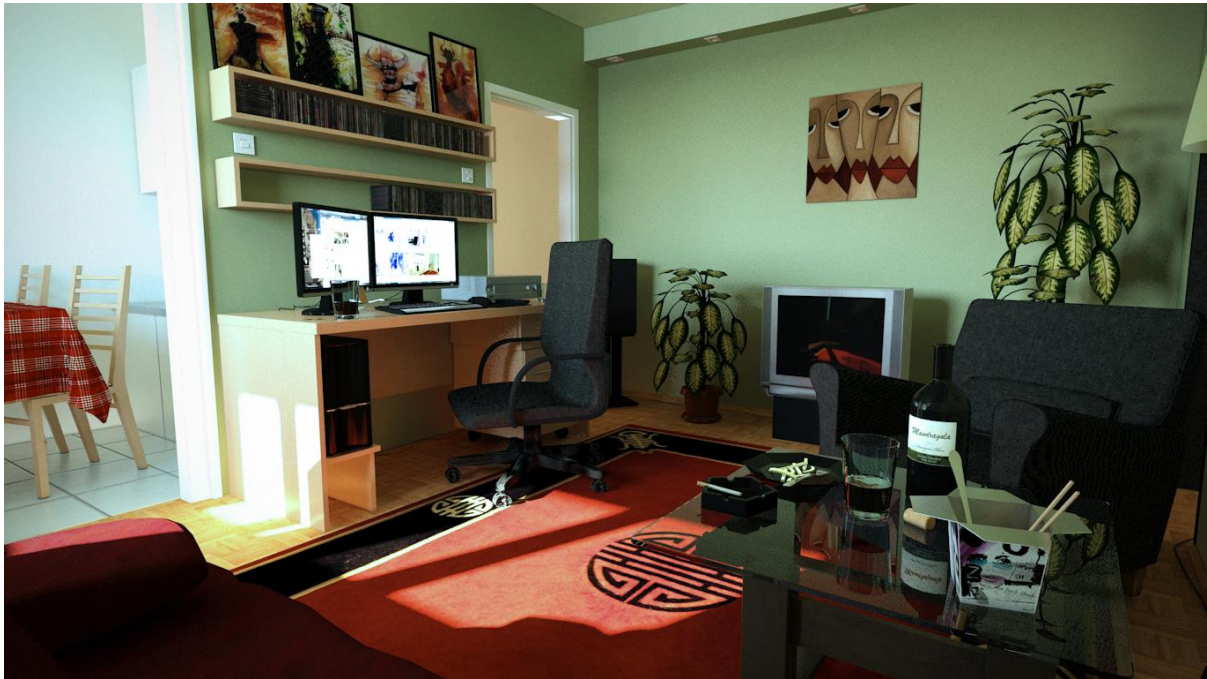


Broj poligona u modelu: 472.658

Broj verteksa u modelu: 373.634

Broj tekstura u modelu: 65

Simulacija dnevnog svetla



Light system = 1 Daylight izvor + 1 mr Sky Portal

Sunlight: mr Sun

Skylight: mr Sky

Sky model: Haze driven

Initial FG Point Density : 2

Rays pre FG Point: 200

Interpolate over Num. FG points: 200

Diffuse bounces: 6

Photon mapping: 5000 samples

Image precision: 1.0 – 2.0

Soft shadow: 4.0 X

Glossy Reflection: 2.0 x

Glossy Refraction: 3.0 x

Standard setup: Mental ray render; Classic Raytraced; BSP2; Mitchell filter; Camera lens: 20mm; Render elements: Z Depth i Ambient occlusion;

Simulacija svetla blica



Light system = Photometric target light 1500cd

Shadow: Ray traced shadow

Light distribution: Spotlight

Emit light from: Point

Initial FG Point Density : 2

Rays pre FG Point: 200

Interpolate over Num. FG points: 200

Diffuse bounces: 4

Photon mapping: 5000 samples

Image precision: Min 1 – Max 16

Soft shadow: 2.0 X

Glossy Reflection: 1.5 x

Glossy Refraction: 1.5 x

Standard setup: Mental ray render; Classic Raytraced; BSP2; Mitchell filter; Camera lens: 20mm; Render elements: Z Depth i Ambient occlusion;

Simulacija svetla plafonskih sijalica



Light system = Photometric Free light 2 x 100cd

Shadow: Ray traced shadow

Light distribution: Uniform Diffuse

Emit light from: Sphere, radius 2,5cm

Initial FG Point Density : 2

Rays pre FG Point: 200

Interpolate over Num. FG points: 200

Diffuse bounces: 6

Photon mapping: 3000 samples

Image precision: Min 1 – Max 16

Soft shadow: 2.0 X

Glossy Reflection: 2.0 x

Glossy Refraction: 1.5 x

Standard setup: Mental ray render; Classic Raytraced; BSP2; Mitchell filter; Camera lens: 20mm; Render elements: Z Depth i Ambient occlusion;

Simulacija ugradnih minjonskih svetala



Light system = Photometric Free light 10 x 60cd + 2 x 100cd

Shadow: Ray traced shadow

Light distribution: Photometric Web + Uniform Diffuse

Emit light from: Disc = radius 2cm; Sphere = radius 2,5cm

Initial FG Point Density : 2

Rays pre FG Point: 200

Interpolate over Num. FG points: 200

Diffuse bounces: 6

Photon mapping: 3000 samples

Image precision: Min 1 – Max 16

Soft shadow: 2.0 X

Glossy Reflection: 2.0 x

Glossy Refraction: 1.5 x

Standard setup: Mental ray render; Classic Raytraced; BSP2; Mitchell filter; Camera lens: 20mm; Render elements: Z Depth i Ambient occlusion;

Simulacija svetla monitora



Light system = Photometric Free light 2 x 20cd

Shadow: Ray traced shadow

Light distribution: Spotlight

Emit light from: Rectangle, 30cm x 45cm

Initial FG Point Density : 2

Rays pre FG Point: 200

Interpolate over Num. FG points: 200

Diffuse bounces: 6

Photon mapping: 5000 samples

Image precision: Min 1 – Max 16

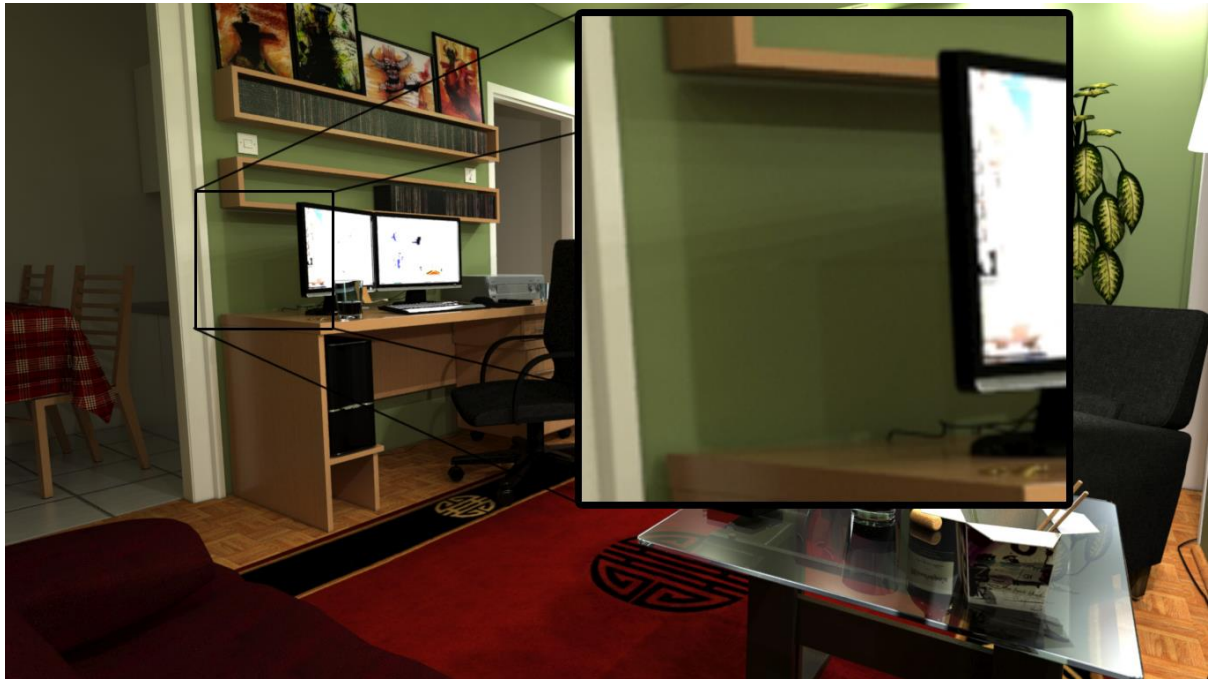
Soft shadow: 2.0 X

Glossy Reflection: 2.0 x

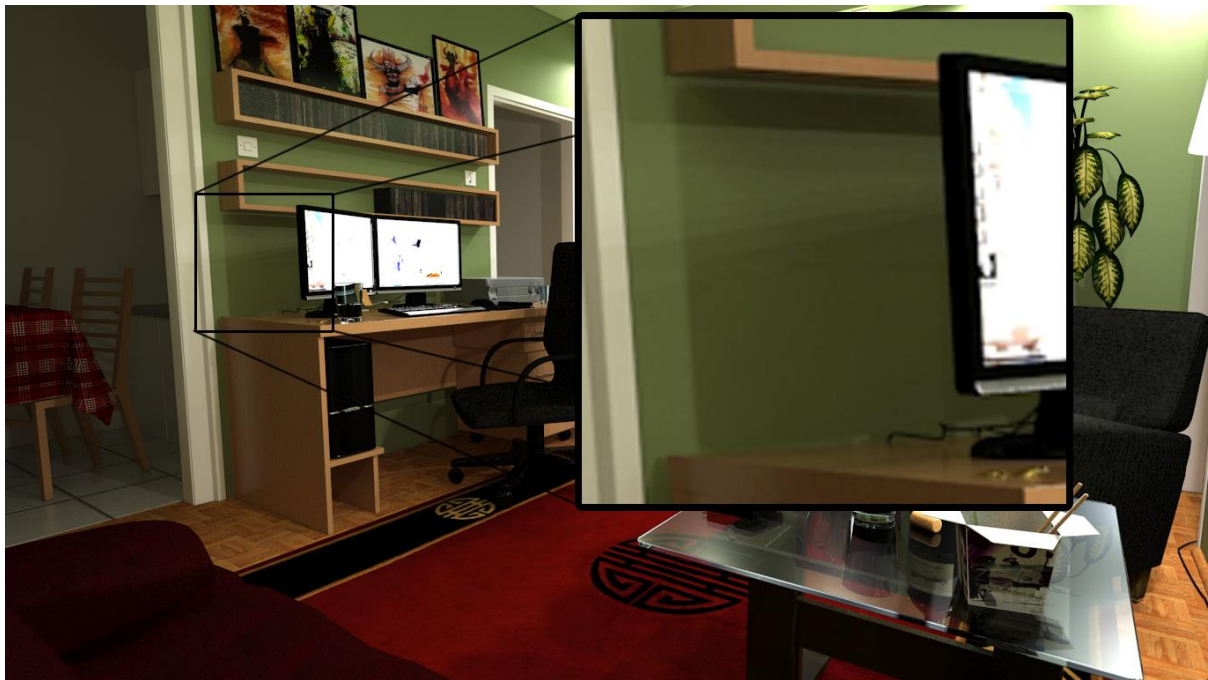
Glossy Refraction: 1.5 x

Standard setup: Mental ray render; Classic Raytraced; BSP2; Mitchell filter; Camera lens: 20mm; Render elements: Z Depth i Ambient occlusion;

FINAL GATHER = 4 – 10000 – 100; Vreme renderovanja 12h 30min

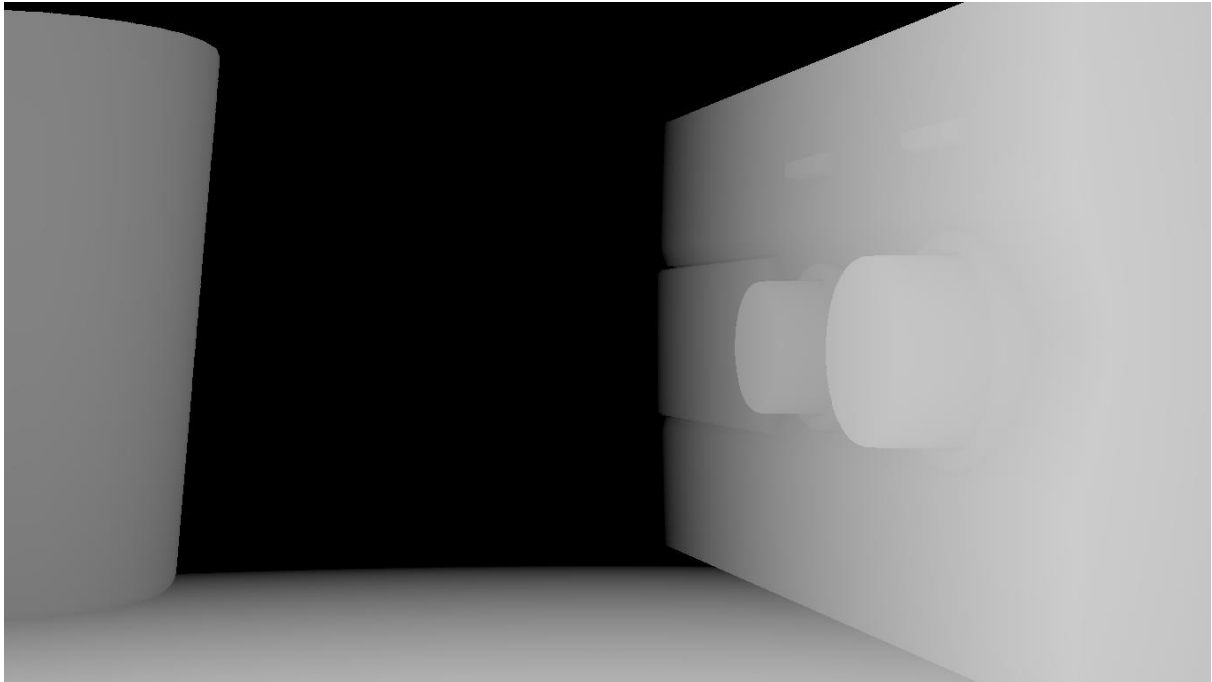


FINAL GATHER = 2 – 200 – 200; Vreme renderovanja 2h 45min

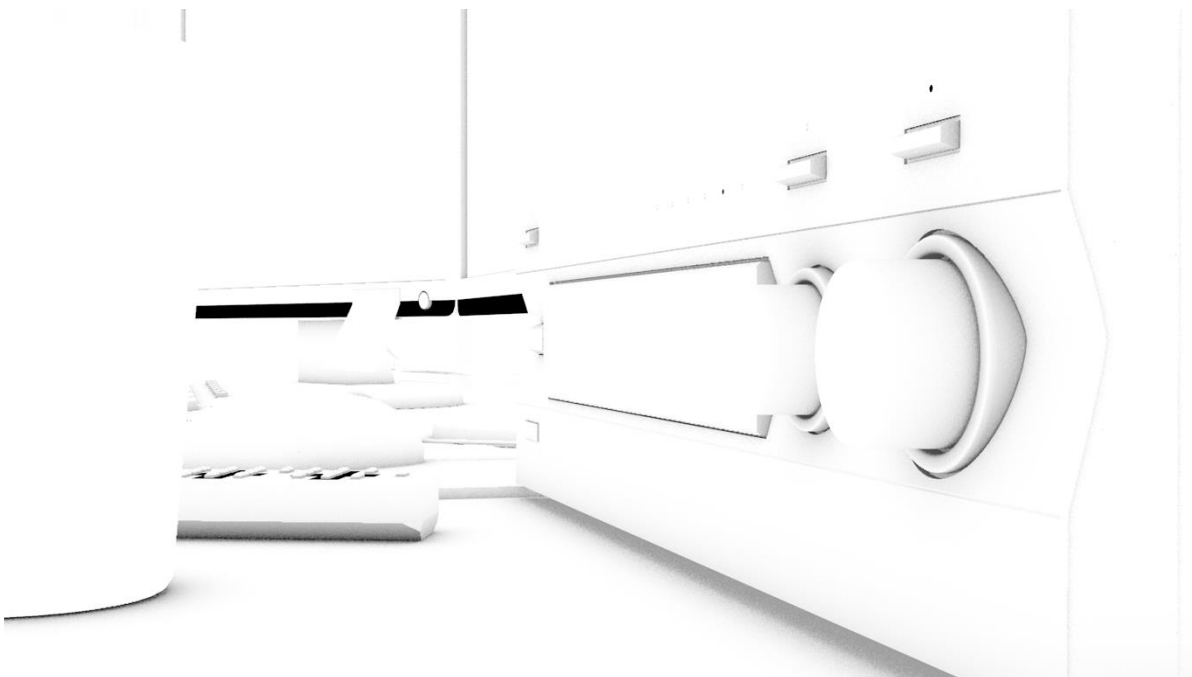


Primetna razlika u rezultatima rendera vidljiva je na dva načina: uzastopnim smenjivanjem dve slike ili zumiranjem i detaljnim ispitivanjem svake senke. Zbog prirode stvaranja kompleksnih senki usled izvora osvetljenja sa više lokacija, nemoguće je oceniti koja senka je fotorealističnija što ne opravdava skoro 6x duže trajanje rendera.

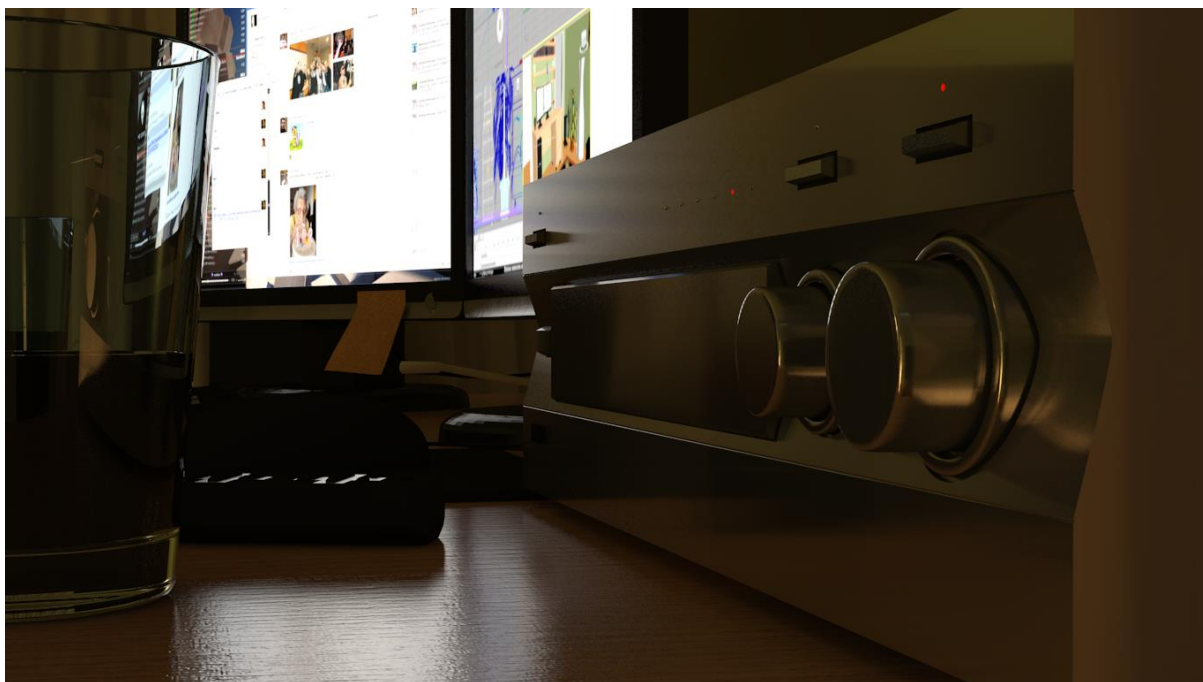
U procesu postprodukcije ubacuje se dubina polja kako bi se dočarale karakteristike koje pravi objektiv fotoaparata. Takođe, ubacuje se i kontaktna senka. Ona pojačava efekat kontakta nereflektivnih senki.



Z-depth



Ambient occlusion



Finalni render



Finalni render + Ambient occlusion + Z Depth

ZAKLJUČAK

Renderovanje spada u fundamentalnu komponentu računarske grafike. U apstraktnom smislu, renderovanje je proces konvertovanja deskripcije trodimenzionalne scene u sliku. Geometrijsko modelovanje, kreiranje i postavljanje tekstura, podešavanje i pozicioniranje osvetljenja, parametara preračunavanja slike i sl. mora da prođe kroz neki vid renderovanja kako bi se pretvorilo u vidljivu sliku. U zavisnosti od načina na koji će se kreirati 3d modeli, koliko će precizno biti modelovani, zavisi i njihov potencijal za fotorealizam. Kao još bitniji faktor javlja se tekstura materijala predstavljena rasterskom slikom. Načinom na koji se postavlja tekstura i količinom pažnje koja se posvećuje izbegavanju grešaka pojavljivanja ponavljanja iste teksture jedne do druge, kao i preciznim kalibrisanjem refleksije i refrakcije date teksture, postavlja se temelj fotorealistične slike. Finalni i najvažniji korak čini adekvatno postavljanje osvetljenja i kamere. Za razliku od procesa modelovanja i mapiranja, postavljanje osvetljenja i kamere, na neki način više predstavlja fotografsko-umetnički kreativni postupak koji zavisi od naše precepcije sredine, nego što je jednostavno parametarsko podešavanje promenljivih.

LITERATURA

- [1] [Foley J.], [Computer Graphics: Principles and Practice], [1995]
- [2] [Buss S.], [3D Computer Graphics], [2003]
- [3] [Bate D.], [Photography: The Key Concepts], [2009]
- [4] [Huditsch R.], [SVG (Scalable Vector Graphics)], [2010]
- [5] [Pharr M.], [Physically Based Rendering], [2010]
- [6] [Wrenninge M.], [Production Volume Rendering], [2013]
- [7] [Driemeyer T.], [Rendering with Mental Ray], [2005]
- [8] [O'Connor J.], [Mastering mental ray], [2010]
- [9] [Cusson R.], [Realistic Architectural Visualization with 3ds Max and mental ray], [2012]

- [10] [University of Wollongong], [Graphical Kernel System],
[<http://ro.uow.edu.au/>], [acc: septembar 2013]
- [11] [International Organization for Standardization], [PHIGS],
[<http://www.iso.org>], [acc: septembar 2013]
- [12] [Wikipedia], [DirectX],
[<http://en.wikipedia.org>], [acc: septembar 2013]
- [13] [Super vizuelna], [Srebro i silikon / digitalna slika fotografskog kvaliteta],
[<http://www.supervizuelna.com>], [acc: septembar 2013]
- [14] [Adobe], [TIFF],
[<http://http://www.partners.adobe.com>], [acc: septembar 2013]
- [15] [Wikipedia], [Tron],
[<http://en.wikipedia.org/>], [acc: septembar 2013]
- [16] [ECMA], [Standards],
[<http://www.ecma-international.org>], [acc: oktobar 2013]
- [17] [Autodesk], [123D Catch],
[<http://www.123dapp.com>], [acc: oktobar 2013]
- [18] [nVidia], [Tessellation],
[<http://www.nvidia.com>], [acc: oktobar 2013]
- [19] [Brown University], [Steep Parallax Mapping],
[<http://graphics.cs.brown.edu>], [acc: oktobar 2013]