

PRIMENA PROCEDURALNIH MAPA U VIZUALIZACIJI ENTERIJERA
APPLICATION OF PROCEDURAL MAPS IN INTERIOR VISUALIZATIONLjupka Radosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM****Kratak sadržaj** – Tema ovog istraživanja bavi se mogućnostima i analizom generisanja PBR (eng. *Physically Based Rendering*) materijala kamena.**Ključne reči:** *Materijali, teksturisane, PBR.***Abstract** – *The topic of this research deals with the possibility and analysis of generating PBR (Physically Based Rendering) stone materials.***Keywords:** *Materials, texturing, PBR.***1. UVOD**

Bilo da se radi o 3D umetnicima koji se bave vizuelnim efektima (eng. VFX-Visual effects, Visual FX) ili umetnicima koji se bave računarski generisanim slikama (eng. CGI-Computer Generated Imagery), svi oni teže ka tome da stvore okruženje realističnog izgleda.

Danas postoji mnogo novih tehnika teksturisane koje znatno ubrzavaju i olakšavaju rad. Iz dana u dan nove tehnologije i softveri se sve više razvijaju, što 3D umetnicima (VFX, CGI) znatno olakšava dobijanje fotorealističnih slika.

1.1. Oblast i tema istraživanja

Kao što je A. Kumar izneo u svom delu „Beginning PBR Texturing“, u računarskoj grafici tekstura je digitalni prikaz izgleda neke površine. Postoje dve vrste tekstura:

- 2D teksture ili teksture bitmapa
- 3D teksture ili proceduralne teksture

Do nedavno su teksture pravljene ili uz pomoć analognih fotografija ili kao ručno pravljene digitalne fotografije (bitmape). One podrazumevaju posebno podešavanje kanala koji utiču na realističnost nekog materijala. Ti kanali koji se najčešće koriste su refleksija/refrakcija, boja i ispupčenja odnosno neravnine na geometriji.

U današnje vreme, razvojem novih alata i tehnologija omogućeno je da se koristi 3D tok rada (eng. *Workflow*)¹ za teksturisane, koji postaje sve popularniji jer je intuitivan i lak za razumevanje. Da bi se koristio potrebno je da postoji nekoliko vrsta tekstura mapa, koje zajedno čine materijal.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Marko Jovanović, docent.

¹ Tok ili proces rada (eng. *Workflow*) - Workflow softverske aplikacije podrazumevaju delimičnu ili potpunu automatizaciju procesa.

Mape koje su potrebne za stvaranje nekog materijala, generišu se istovremeno na osnovu neke procedure i rade na osnovu PBR (eng. *PBR-physical base rendering*) pristupa.

Isti autor (A. Kumar) ističe da je proceduralno teksturisane postupak stvaranja teksture koja je bila generisana parametarski korišćenjem algoritama i kombinacijom mapa i maski za generisanje manjih detalja. Nedostatak ovog metoda teksturisane je što mu nedostaje ljudska procena za tačno postavljanje efekata na teksturu [1], što se može videti na slici 1.



Slika 1. – levo) *Tradicionalni*; desno) *PBR način teksturisane*

Tema ovog istraživanja biće primena novih naprednih alata za teksturisane geometrije primenom PBR pristupa u svrhu što realističnijeg prikaza arhitektonskih vizuelizacija.

1.2. Pregled stanja u oblasti

Razvojem tehnologije u svetu, posebno poslednjih par decenija, razvijaju se i sve napredniji alati za teksturisane geometrije, kojih je iz dana u dan sve više. Ponuda mnogobrojnih softvera 3D umetnicima znatno olakšava rad, ali pitanje je kako doneti pravu odluku u odabiru najadekvatnijeg za postizanje željenog cilja. Stoga je potrebno sagledati ne samo postojeće softvere i pristupe za teksturisane, već i njihovu primenu u arhitekturi za postizanje odgovarajućeg efekta.

1.2.1. Pristupi teksturisane

U prošlosti su se materijali pravili pomoću „tradicionalnog“ pristupa teksturisane, što je podrazumevalo da se ne dodaje samo slika, već se moralo uticati i na geometriju (bump i displacement mape²). Svaka mapa je morala da se pravi posebno.

² Mape neravnina (eng. *Bump maps*) – mape koje stvaraju iluziju udubljenja i ispupčenja na površini 3D modela. Budući da su detalji koje one stvaraju „lažni“, ne utiču na oblik geometrije 3D modela za razliku od displacement mapa (eng. *Displacement maps*). Kao što sama reč kaže one fizički premeštaju mrežu 3D modela na koju su primenjene.

U današnje vreme postoji dosta softverskih aplikacija u oblasti 3D *real-time* teksturisiranja kao što su Mari (*eng. Mari*), Kviksel suit (*eng. the Quixel suite*), Kviksel mikser (*eng. Quixel Mixer*), BodiPejnt 3D (*eng. BodyPaint 3D*), ArmorPejnt (*eng. ArmorPaint*), i drugi. Neki od njih nude besplatne verzije, ali je skup funkcionalnosti veoma ograničen, zbog toga će fokus daljeg istraživanja biti na Adobe-ovom paketu Sabstans (*eng. Substance*) proizvoda za generisanje tekstura.

1.2.2. Adobe paket Substance proizvoda

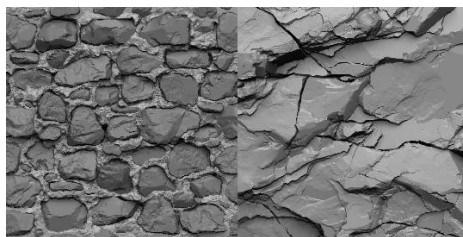
Adobe-ov paket koji sadrži četiri Substance proizvoda za kreiranje PBR tekstura, a to su: Sabstans pejnter (*eng. Substance Painter*), Sabstans dizajner (*eng. Substance Designer*), Sabstans alhemist (*eng. Substance Alchemist*) i Sabstans sors (*eng. Substance Source*). U nastavku teksta će se koristiti strani nazivi kako se ne bi izgubilo na razumevanju o kom softveru se piše. Ono što je zajedničko svima njima jeste izuzetna moć i sloboda u pravljenju materijala, ali takođe svaki od njih služi jedinstvenoj svrsi. Kako bi se bolje shvatila svrha svakog od njih biće opisane neke od glavnih karakteristika:

- Substance Painter omogućava korisnicima kreiranje PBR tekstura koristeći ručno slikanje. Takođe bitna stvar je što omogućava da se skroz zaobiđe proces anvrepopovanja (UVW Unwrap)³ odnosno mapiranje koje u većini situacija zna da bude komplikovano za upotrebu. Sadrži pametne materijale koji se prilagođavaju bilo kom predmetu. Postoje i unapred podešene maske koje se takođe prilagođavaju bilo kom obliku. Za potrebe generisanja materijala se ipak koriste neki od drugih paketa kao što je Alchemist.
- Na osnovu „base“ materijala, dodavanjem nekih od filtera u okviru Substance Alchemist-a, moguće je na jednostavan način dobiti složene 3D materijale. Pruža dosta mogućnosti i u kombinovanju/mešanju 3D materijala. Uz pomoć ovog produkta, do 3D materijala veoma lako može da se dođe i uz pomoć 2D referentne fotografije. Uklanjajući senke dolazi se do visokokvalitetnog 3D materijala. Veliki izbor ovako generisanih materijala moguće je pronaći u okviru Source dodatka.
- Substance Source predstavlja biblioteku materijala koju su stvorili specijalisti i umetnici svetske klase. Materijali unutar biblioteke su kompatibilni sa svim glavnim aplikacijama za kreiranje digitalnog sadržaja. Oni predstavljaju dobru osnovu u izboru odgovarajućeg materijala, ali uz pomoć velikog broja parametara koje nam pruža, moguće je dovesti material do najpreciznijih potreba. Ukoliko Source biblioteka materijala i mogućnost modifikovanja parametara ne zadovolji potrebe korisnika, Substance Designer pruža potpunu slobodu i kontrolu nad kreiranjem materijala.
- Substance Designer je alat koji omogućava

korisnicima izradu tekstura kreirajući ih od nule, kao i apsolutnu kontrolu nad onim što žele da stvore. Moguća je kombinacija velikog broja unapred podešenih filtera, alata, mapa, pametnih maski itd. za proceduralne tokove posla. Moguće je pristupiti izvorima bilo kog filtera i izmeniti ga. Upotreba Substance Designer-a iz dana u dan sve više raste. Pored industrije video igara i filma, sve više se koristi i u dizajnu automobila, modi i arhitekturi.

U Substance Designer-u, kao i drugim 3D *real-time* aplikacijama namenjenim za generisanje tekstura, omogućeno je da se teksture generišu odjednom i to od hajt mapa (*eng. Height map*⁴). Takođe, omogućeno je i automatsko dobijanje boja. Mape za dobijanje boja kreću se od monohromatskih (*eng. Grayscale*⁵) do mapa u boji.

PBR standardi omogućavaju da materijali izgledaju tačno i prirodno. Ipak da bi neki material izgledao što preciznije, ponekad nije dovoljan samo neki od Substance proizvoda da bi taj cilj bio zadovoljen. U daljem radu biće korišćena kombinacija ZBrush-a (programa za modelovanje i vajanje skulptura) i Substance Designer-a. ZBrush je prvenstveno namenjen za modelovanje karaktera u svrhu industrije video igara i filmske industrije. Osim toga, može imati velikog udela i u modelovanju nekih objekata u svrhu arhitekture, kao što su na primer kameni zidovi (Slika 2.).



Slika 2. Primeri modelovanja kamena u Zbrush-u

Pomoću programa za renderovanje Marmoset Toolbag-a može se prikazati krajnji rezultat generisanja teksture. Toolbag je program koji sadrži sve što je potrebno za usavršavanje izgleda, dizajna i prezentovanja 3D modela.

Kako bi se na adekvatan način prikazali dobijeni rezultati u širem kontekstu potrebno je da postoji odgovarajuća scena. Pošto proceduralni materijali imaju izuzetno veze sa prirodom, kako bi se uklopili u određenu scenu, potreban je određen koncept, od kojih je odabran tzv. biofilni dizajn.

1.2.3. Biofilni dizajn

Ljudski afiniteti prema prirodi mogu mnogo da utiču na transformaciju životnog prostora. O tome svedoči biofilija - iskonska ljudska potreba za povezanošću i usklađenošću sa prirodom. Odatle i pojam biofilni dizajn. Primer biofilnog dizajna može biti projektovanje kuće oko postojećeg drveta, proširenje stenovitog zida unutar

³ UVW – predstavlja 2D mapu koja je „odmotana“ (*eng. Unwrapped*) sa nekog 3D modela. U i V predstavljaju koordinate 2D ravni, dok je W komponenta treće dimenzije.

⁴ U kompjuterskoj grafici Height mapa predstavlja rastersku sliku. Svaki piksel čuva vrednosti, kao što su podaci o visini površine za 3D prikaz. Izračunava pomeranje geometrijskog položaja tačke po strukturanoj površini.

⁵ Mapa sa paletom sivih nijansi, od bele do crne, kao što se koristi u monohromatskim ekranima ili štampačima.

zgrade, lokalni kamen koji se koristi kao završna obrada zida itd. Dekor takođe predstavlja bitan detalj biofilnog dizajna. Motivi kao što su lišće, grane, stene, školjke, mogu doprineti osećaju i bliskosti sa lokacijom ili područjem u kojem se enterijer nalazi.

Kameni zidovi (Slika 3.) unose jednostavnost u komplikovane prostore, dodaju prirodnu dobrotu modernom enterijeru i omogućavaju da se doda tekstura i jedinstvenost domovima u kojima dominira moderna monotonija.



Slika 3. levo) Projekat Norveškog studija „Mir“; desno) Projekat „móto Design“ studija

1.3. Problem istraživanja

Kako bi se bolje shvatila potreba za novim proceduralnim pristupom generisanja tekstura, potrebno je osvrnuti se na prethodni tradicionalni način rada. Glavni problem sa tradicionalnim načinom je što se refleksija primenjuje na celom objektu, zanemaruje se Frenelova teorija⁶ o ponašanju svetlosti. Potrebno je bilo ručno unositi sadržaj osvetljenja, odsaja ili senki direktno u svoje teksture, tako što su se hrapava područja potamnivala, a sjajna posvetlivala. Pomenuti problem rešava PBR pristup, koji imitira ponašanje svetlosti u odnosu na bilo koju površinu. To je ujedno i prednost PBR pristupa, jer postoje dinamički izvori svetlosti sa tačnim ambijentalnim difuznim (eng. *diffuse*) i spekularnim (eng. *specular*) refleksijama⁷.

1.4. Cilj istraživanja

Nakon analiza neophodnih za ovaj rad, fokus će biti na daljem ispitivanju integrisanog pristupa generisanja PBR materijala, kombinovanjem proceduralnog (Substance Designer) i manualnog (Zbrush) kako bi se dobili što realističniji rezultat za optimalan utrošak vremena.

2. METODE RADA

U metodama rada fokus će biti na pravljenju različitih kamenih materijala za mogućnost primene u biofilnom

⁶ Augustin-Jean Fresnel, 1788-1827, francuski inženjer i fizičar – opisuje ponašanje svetlosti na prelazu između dve sredine sa različitim indeksima prelamanja [2].

⁷ U modernim BRDF (eng. *bidirectional reflectance distribution function*) modelima postoje dva različita tipa refleksija: difuzna (eng. *diffuse*) i spekularna (eng. *specular*). U prirodi oba tipa su posledica Frenelove refleksije. Spekularne refleksije se dešavaju kada se svetlosni zrak pretežno odbije od ravne, glatke površi i reflektuje u samo jednom smeru, koji je određen pravcem u kojem se kreće zrak svetla i normalom na površ na mestu odbijanja. Sa druge strane, pri difuznoj refleksiji se jedan zrak može reflektovati u proizvoljnom smeru, s tim što su neki smerovi zastupljeniji u odnosu na druge [2].

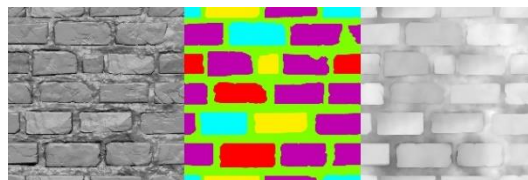
dizajnu. U svrhu istraživanja potrebno je bilo opredeliti se za nekoliko vrsta različitih geometrija koje imaju široku primenu, kao na primer: a) „fini“ oblici za potrebe nekih malterisanih zidova ili kamena sa takvom teksturom, b) grubih i oštih kao što su stene, ili c) oblici opeka koji se najčešće i koriste u arhitekturi. Modelovanje geometrije, posebno tako specifične, predstavlja složen zadatak. Upotreba ZBrush-a nudi dobre mogućnosti za precizno i detaljno modelovanje u kombinaciji sa PBR pristupom generisanju materijala.

2.1. Modelovanje

Sa širokim izborom alata i četkica ZBrush omogućava dobijanje skulpture sa fizički tačnim informacijama na *height* i *ambient occlusion* mapi. Četkice koje su korišćene u svrhu modelovanja su neke od osnovnih četkica u okviru LajtBoks (eng. *LightBox*) panela, kao što su MaletFast (eng. *MalletFast*), TrimSmutBorder (eng. *TrimSmoothBorder*), PlanarRekt (eng. *PlanarRect*). Osim modelovanja sa pomenutim četkicama, određene neravnine na ciglicama dodate su pomoću Alfe (eng. *Alpha*)⁸.

Nakon završenog dela sa modelovanjem (Slika 4.levo), ciglicama su pojedinačno dodeljivane različite boje, kao i malteru između. Potrebno je dodeliti flet kolor (eng. *Flat color*) materijal kako bi paleta izabranih boja bila prepoznatljiva u bilo kom drugom programu za teksturisiranje. Eksportovanjem celokupnog modela sa flet kolor materijalom, kao 2D fajla sa psd ekstenzijom, dobija se kolor maska (Slika 4.sredina).

Height mapa (Slika 4.desno) koja daje informacije o geometriji modela, takođe je dobijena iz ZBrush-a, tako što je celokupna geometrija eksportovana kao fajl sa obj ekstenzijom. Zajedno sa kolor maskom predstavljaju polaznu tačku u daljem procesu teksturisiranja u Substance Designer-u.



Slika 4.levo) Modelovanje; sredina) Color maska; desno) Height mapa;

2.2. Teksturisiranje

Nakon dobijanja height i color maske, prelazi se na fazu teksturisiranja. PBR teksture funkcionišu tako što se na početku odredi da li je nešto hrapavo ili ne. Kada se odrede potrebe materijala, potrebno je postaviti odgovarajuće autpute (eng. *outputs*).

Da bi se omogućio izlazni parametar height mape, pored same postavke potrebno je prilagoditi još neke od podešavanja parametara. Najpre, u 3D prikazu treba omogućiti teselaciju.

Svakoj boji iz kolor maske, dodata je posebna Grayscale mapa, koja će omogućiti posebno dodavanje Gradient mapa (filter koji zamenjuje grayscale tonove mapiranjem

⁸ Alpha u Zbrush-u predstavlja grayscale mapu. Intenzitetom sive boje oslikava se nivo izbočina ili udubljenja na geometriji (kao što je to kod bump ili displacement mapa).

gradientom boje) svakoj od njih, kao i promenu HSL parametara⁹ (*eng. Hue, Saturation, Lightness*), što će uticati na izlazni parametar base color-a.

Širok izbor šumova (*eng. noises*) unutar biblioteke, omogućava da se što više približi određenim potrebama koje generisana tekstura zahteva. Čvor koji se najčešće koristi u toku procedure stvaranja je blend filter. On omogućava mešanje dva odvojena ulaza sa maskom neprozirnosti (*eng. Opacity*).

Na osnovu iste procedure, mešanjem mapa šumova i potrebnih maski, uz pomoć nezaobilaznog blend filtera, postignuto je da se omoguće izlazni parametri height i normal mape, mape hrapavosti i ambijentalne okluzije. Koja kombinacija mapa i maski će se koristiti, kao i vrednosti njihovih parametara, zavisi od toga kakav je efekat neravnina geometrije potrebno postići, a kakav hrapavosti ili senčenja.

2.3. Rezultati

Krajnji rezultat izgenerisanih tekstura sva tri tipa kamena prikazan je pomoću Marmoset Toolbag-a (Slika 5.).



Slika 5. levo) kamene ciglice; sredina) kamen kao imitacija „finog“ maltera; desno) oštra stena;

Da bi se dobijeni materijali prikazali u širem kontekstu, scena se postavlja u Autodesk-ovom programu za modelovanje i animaciju - 3DS Max-u.

Za potrebe prikazivanja dobijenih rezultata u 3DS Max-u, koristiće se scena kupatila kroz koju će biti prikazani rezultati sva tri primera kamena. Većinu scene zauzima zid na koji će se primenjivati generisani materijali. Osim toga, na sceni su primetni pod, kada, prozor koji odaje okolinu scene. Kako bi se vreme renderovanja najbolje uporedilo, sadržaj scene će ostati gotovo nepromenjen kao i kadar i rezolucija slike.

S obzirom da je pri postavljanju scene inspiracija bio biofilni dizajn, ono što će se menjati kroz primere jesu materijali. Pored kombinovanja materijala, potrebno je voditi računa i o okolini u kojoj se scena nalazi.

U nastavku (Slika 6,7,8) su prikazani finalni renderi sva tri tipa generisanih tekstura kamena u okviru scene enterijera kupatila.



Slika 6. Zid sa kamenim ciglicama



Slika 7. Zid kao imitacija „finog“ maltera



Slika 8. Zid kao imitacija oštre stene

Zaključeno je da preciznost senčenja i detalji u vidu neravnina na proceduralno generisanim PBR materijalima ne utiču na to da proces renderovanja bude sporiji.

3. ZAKLJUČAK

Zaključeno je da PBR pristup, osim toga što pruža realistične prikaze, takođe ima prednost i što se tiče performansi kao što je vreme trajanja rendera. Rezultati su pokazali da ovako generisani PBR materijali pružaju optimalni utrošak vremena. Optimalno vreme trajanja rendera arhitektama i 3D umetnicima štedi vreme za druge bitne stvari u procesu stvaranja visokokvalitetnih projekata.

4. LITERATURA

[1] Abhishek Kumar “Beginning PBR Texturing Learn Physically Based Rendering with Allegorithmic’s Substance Painter” (pristupljeno 9.09.2020).

[2] Diplomski rad “Poredjenje metoda za računanje koeficijenata Frenelove refleksije u programima za senčenje“, Srđa Štetić-Kozić, 2014. (pristupljeno 2.10.2020).

[https://rti.etf.bg.ac.rs/rti/ms1rg2/materijali/dodatni/SrdjaSteticKozic-diplomski\(2014\).pdf](https://rti.etf.bg.ac.rs/rti/ms1rg2/materijali/dodatni/SrdjaSteticKozic-diplomski(2014).pdf)

Kratka biografija:



Ljupka Radosavljević rođena je u Rumi 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitekture i urbanizma - Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranila je 2020.god.
kontakt:
[ljupka.radosavljevic@yahoo.com](mailto:Ljupka.radosavljevic@yahoo.com)

⁹ HSL (*eng. Hue, Saturation, Lightness*) – podešavanje nijanse, saturacije i količine osvetljenosti.