

**PUBLIKOVANJE FOTOREALISTIČNIH GRADSKIH MODELA****PUBLISHING OF PHOTOREALISTIC CITY MODELS**Nevena Radović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu su opisane oblasti vezane za publikovanje fotorealističnih gradskih modela. Takođe, date su i smjernice za praktičnu primjenu ovih koncepata na konkretnom objektu. 3D model je potrebno publikovati upotrebom A-frame okvira. Studija slučaja je zgrada Fakulteta tehničkih nauka.

**Ključne reči:** Fotorealističnost, 3D modeli, gradski modeli, Blender, A-Frame

**Abstract** – In this paper are described basics of themes related to publishing of photorealistic city models. Also, there are given guidelines for practical use. Aim is publishing of 3D model using A-frame. Case of study is Faculty of Technical Sciences building.

**Keywords:** Photorealism, 3D models, urban buildings, Blender, A-frame

**1. UVOD**

Geografski informacioni sistemi (GIS) imaju ogromnu moć u odgovoru na niz pitanja zajednice i ekonomskog razvoja, zaštite životne sredine prostornog planiranja itd. Većina pitanja koja se tiču razvoja zajednice ima prostornu komponentu - vrednosti zemljišta, područja zaštite životne sredine, močvarna područja, plavna područja, zoniranje, korišćenje zemljišta i slično. Vizuelno prikazivanje ovih funkcija putem GIS-a je prvi korak u osmišljavanju pojedinačnih rješenja i praćenju promjenljivih uslova.

Ogroman razvoj GIS tehnologije u posljednje dvije decenije je korak po korak doveo do novog pristupa u evoluciji GIS-a. Zajedno sa popularnošću internet baziranih aplikacija u svim sferama primjene, GIS je dobio novi pravac razvoja – *Web GIS*. Internet bazirani GIS se bavi kreiranjem web mapa i web servisa.

Jedna od najvažnijih primjena GIS-a je kreiranje trodimenzionalne fotorealistične vizuelizacije. Danas je jedan od glavnih ciljeva u ugravljaju gradovima kreiranje digitalnog 3D gradskog modela. Sistemi virtualne i proširene realnosti nude nove i interesantne mogućnosti korisnicima VR aplikacija za istraživanje 3D geoprostornih podataka. Kako bi se doživljaj korisnika u VR okruženju upotpunio, pored informacija o geometrijskom aspektu objekata, sve češće se postavlja zahtjev fotorealističnosti. Rastom popularnosti VR i AR tehnologija, javila su se i brojna rješenja sa stanovišta softverske podrške. Stoga, danas postoji mnoštvo programa, dodataka i biblioteka koje podržavaju rad sa sistemima virtualne i proširene realnosti.

**NAPOMENA:**

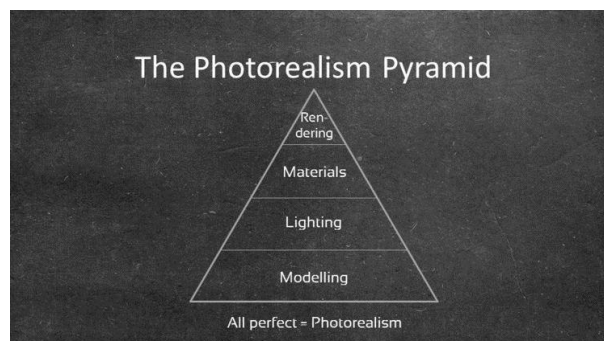
**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Miro Govedarica, red.prof.**

**2. OSNOVNI KONCEPTI FOTOREALISTIČNOSTI**

Fotorealističnost može da se definiše kao realna reprezentacija kompjutersko-grafičke slike, tako da izgleda kao da je nastala fotografisanjem scene. Jedan važan aspekt za realističnu vizuelizaciju je ipak umjetnički pravac i kinematografija. Primarna namjena trodimenzionalnih elemenata kreiranih i ugrađenih u scenu je da poboljšaju povezanost i odnos između prostora, forme i oblika trodimenzionalnih objekata i interfejsa unutar virtuelnog okruženja.

S obzirom da se sve češće koristi, vremenom je definisan i niz nekih pravila koja treba ispoštovati u što je moguće većoj mjeri. Deset principa fotorealizma se obično koriste kao smjernica za kompjuterske grafičare za postizanje fotorealističnosti: nered i kaos, personalnost i očekivanja, vjerodostojnost, teksture površina, spekularnost, ostarjelost, prirodnost, zaobljene ivice, dubina materijala, radijacija [1].

Kao i svi složeni procesi, kreiranje fotorealističnosti se može podijeliti na korake, koji su kroz piramidu fotorealističnosti prikazani na slici 1.



Slika 1. Piramida fotorealističnosti

Na dnu piramide kreiranja fotorealističnosti se nalazi modelovanje. Izrada kvalitetnog 3D modela, omogućava lakše dočaravanje stvarnog objekta i kvalitetnu primjenu principa fotorealističnosti. Postavljanje adekvatnog osvetljenja je druga faza po redu. Potrebno je voditi računa o cjelokupnom okruženju koje se modeluje, tj.o tome da li je riječ o unutrašnjem prostoru ili spoljnjem svijetu, zatim periodu dana, pozicijama i vrstama izvora svjetlosti, načinima propagacije svjetlosnih snopova. Nakon detaljne analize osvijetljenja realnog objekta, potrebno je rezultate analize što približnije prikazati i na samoj sceni koja se kreira.

Sljedeći korak jeste dodavanje materijala izmodelovanim površinama. I u ovom slučaju se moraju detaljno razmotriti detalji iz realnosti i prenijeti na scenu.

Renderovanje je proces prikazivanja koji prevodi 3D geometriju u konačne proizvode u vidu slika ili animacija uzimajući u obzir sjenke površina i stanje osvijetljenosti. Predstavlja završnu fazu ovog procesa, pa je stoga veoma bitna za dalju isporuku klijentima. Krajnji proizvod može biti arhitektonsko renderovanje, završni izgled za igrice, jednostavna veb-bazirana animacija ili animirani film.

U zadnje vrijeme se sve više priča o tehnici za poboljšanje realističnosti 3D modela - tehnika mapiranja stvarnih fotografija kao tekstura.

Pri tome se misli na grafičku fotografiju u smislu mreže piksela sastavljene od RGB vrijednosti, a u nekim slučajevima i sa transparentnošću.

Osnovni cilj jeste dočarati svijet onakav kakav jeste, sa svim nesavršenostima, poput ogrebotina, oštećenja, ostarjelosti, zardalosti itd.

Fotografisanjem realnog stanja može se mnogo brže izbjeci efekat nesterilnosti koji se traži. Dakle, fotografije su najvjerodostojniji pokazatelj stvarnog stanja površina, što je velika prednost ove tehnike. Na slici 2. dat je primjer fotorealističnog modela nastalog ovom tehnikom dostizanja fotorealizma.



Slika 2. Primjer fotorealističnog modela (mapiranje fotografija) [2]

### 3. POSTUPAK AKVIZICIJE

Realistična vizuelizacija urbanih područja postaje ogroman izazov za geoprostorna istraživanja, razvoj i praktični rad. Geografske karakteristike urbanih područja moraju biti efikasno izmodelovane sa odgovarajućim nivoom rezolucije i detalja.

Danas se najčešće za pravljenje 3D modela koriste tehnika fotogrametrije i laserskog skeniranja. Svaka od tehnika ima svoje prednosti i nedostatke sa aspekta tačnosti, troškova primjene i oblasti primjenjivosti.

Fotogrametrija je tehnika fotografisanja sa višestrukim preklapima. Osnovni princip je sklapanje u jedan 2D mozaik niza fotografija koje se preklapaju. Ova tehnika je poznata kao struktura iz pokreta (engl. Structure from Motion – SfM).

Lasersko skeniranje je nova tehnologija koja se koristi u mapiranju topografije, vegetacije, urbanih područja i drugih tačaka od interesa. Osnovni princip rada ove tehnologije je sljedeći: laserski zrak se emituje i bilježi se tačno vrijeme slanja signala.

Reflektovani zrak se potom registruje u sistemu i ponovo bilježi vrijeme povratka. Na osnovu brzine svjetlosti i izmjenjenog vremena moguće je odrediti određeni put. Poznajući poziciju orijentaciju senzora vrši se računanje X, Y i Z koordinata tačke od koju se zrak odbio [3].

### 4. MODELI PODATAKA ZA GRADSKA PODRUČJA KAO OSNOV ZA VIZUELIZACIJU

Model grada je reprezentacija dela realnog sveta sa ugrađenim entitetima o gradu i globalnom urbano okruženju u kom se nalaze. Svaka cjelina modela odgovara nekoj stavki gledano sa aspekta urbanizma. Npr. u CityGML modelu grada svaki entitet se odnos na-neku građevinu, put, reku i sl [5].

3D model grada je model gradskog okruženja sa trodimenzionalnom geometrijskom predstavom. Semantički 3D model grada je 3D model grada koji sadrži i semantičke informacije, razliku od sirovog modela koji sadrži čisto geometrijske informacije. Ovakvi modeli integrišu atribute o objektima (priroda, upotreba...), ali mogu sadržati informacije o odnosima između objekata (topološke, prostorne, itd.)

Danas su razvijeni brojni standardi od kojih su najzastupljeniji BIM (engl. Building Information Modeling) i CityGML (engl. City Geography Markup Language).

Što se tiče formata podataka, njih postoji jako mnogo, a samo neki od njih su: GML, KML, X3D, VRML, OBJ, GLTF, COLLADA.

### 5. VR I AR SISTEMI I RJEŠENJA ZA VIZUELIZACIJU

Tehnologija virtualne realnosti teži stvaranju realistične trodimenzionalne predstave prostora i okruženja, kako bi čovjek stekao utisak da je riječ o stvarnosti i kako bi možda čak i komunicirao sa njima na realističan način.

Proširena stvarnost (engl. Augmented Reality- AR) predstavlja realni svet proširen kompjuterski generisanim podacima i objektima. Kompjuterski generisan sadržaj može biti u obliku slika, audio i video zapisa, 3D modela i slično.

Razlika između proširene i virtualne realnosti ogleda se u tome da VR daje vještački generisano okruženje, odnosno rekreiranje potpuno novog okruženja, dok AR ne pokušava da zameni realno okruženje vještački generisanim, dakle korisnici i dalje imaju interakciju sa realnim okruženjem, ali istovremeno im se nudi dodatni sadržaj koji nadograđuje informacije o realnom okruženju.

U proširenoj realnosti postoje fiksne referentne tačke koje oči mogu da koriste za praćenje ili navigaciju. Međutim kod virtualne realnosti cjelokupno okruženje se simulira i teže se dostiže realističnost.

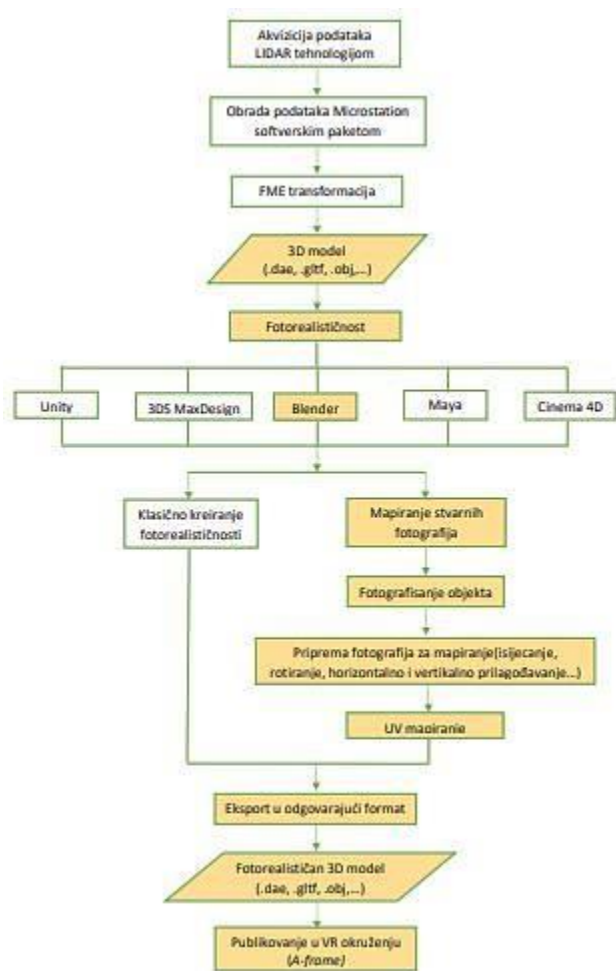
Ovo je čini komplikovanim konceptom za realizaciju u poređenju sa proširenim realnošću.

### 6. MODEL VIZUELIZACIJE

S obzirom na veliku popularnost fotorealistične vizuelizacije, danas postoji veliki broj načina za njenu realizaciju.

Na slici 3. dat je kompletan tok rada prilikom vizuelizacije, a narandžastom bojom su označene stavke koje su obuhvaćene ovim radom i čine jedan model vizuelizacije.

U ovom radu kao ulazni podatak dat je 3D model zgrade Fakulteta tehnikih nauka. Model je dobijen obradom oblaka tačaka nastalih snimanjem pomoću LiDAR tehnologije, od strane Laboratorije za geoinformatiku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.



Slika 3 – Koraci u izradi 3D fotorealističnog modela

Sirovi oblak je obrađen u *Bentley Microstation* softveru, a zatim izvršeno vektorizovanje modela sa LOD2 nivoom detaljnosti. Zatim je model konvertovan pomoću *FME* softvera u *.glf* format.

Takav ulazni podatak je obrađivan u smislu fotorealističnosti u *Blender*-u. *Blender* je besplatan i kompletno funkcionalan program otvorenog koda za renderovanje, kreiranje animacija i razvoj video igara kreiran i održavan od strane *Blender Foundation* [4].

Kao podrška za publikovanje kreiranog fotorealističnog modela, odabran je takođe besplatan okvir sa podrškom za rad sa virtuelnom realnošću *A-frame*. *A-Frame* je okvir za razvoj web aplikacija kreiran od strane *Mozilla* kompanije. Predstavlja jednostavan način za početak rada sa virtuelnom realnošću. Ima mnoštvo komponenti razvijenih od strane ove kompanije, ali i mnogo dodatka od strane korisnika, s obzirom da je otvorenog koda.

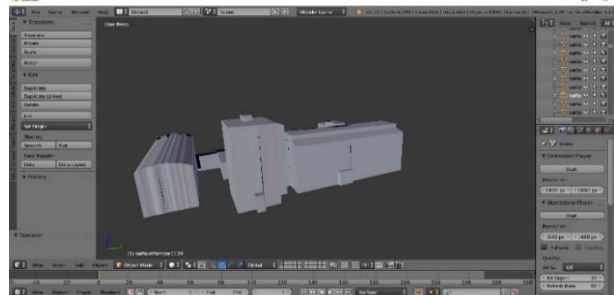
## 7. STUDIJA SLUČAJA

Fakultet tehničkih nauka je naučno-obrazovna institucija locirana u centru kampusa u Novom Sadu.

### 7.1 Importovanje georeferenciranog 3D modela

Prvi korak je učitavanje modela u *Blender*. S obzirom da je ulazni podatak georeferencirani model u WGS84 koordinatnom sistemu, program neće moći prikazati model bez dodatka za georeferenciranje. Ovaj dodatak se takođe može besplatno preuzeti na internet stranici <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>. Nakon instaliranja dodatka, moguće je podesiti koordinatni sistem scene.

Na slici 4 je dat izgled programskog interfejsa *Blender*-a sa učitanim ulaznim podatkom.

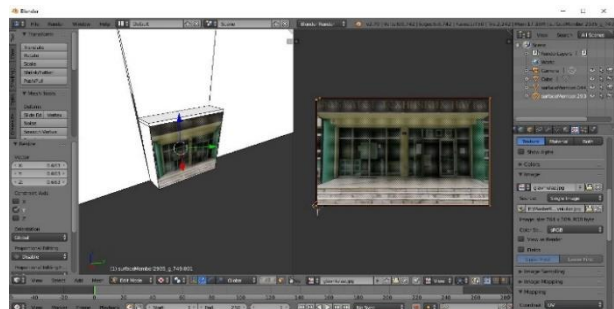


Slika 4. Učitani 3D model FTN-a

### 7.2 UV mapiranje

UV mapiranje je proces tokom kog se vrši projektovanje dvodimenzionalne slike na površ 3D modela sa ciljem mapiranja tekstura. Ovo je ključni korak prilikom kreiranja fotorealističnog modela.

U prozoru za UV mapiranje u donjem uglu postoji opcija za učitavanje fotografija. Takođe, neophodno je prije toga dodati materijal za objekat, a onda za taj materijal učitati sve fotografije koje će se koristiti kao teksture. Sve ove fotografije će nakon toga biti dostupne u padajućem meniju za učitavanje fotografija na koje će se projektovati površ. Jedan primjer raspakivanja površi modela zgrade kod glavnog ulaza je dat na slici 5.



Slika 5 – UV mapiranje glavnog ulaza na FTN-u

### 7.3 Ograničenja tokom prikupljanja fotografija

S obzirom da je ulazni podatak gradski model sa velikom površinom, zapreminom i gustim rasporedom objekata i zelenila u okolini, nemoguće je prikupiti fotografije tako da se vide cijele površine na jednoj fotografiji. Najveći problem je visina objekta, koja varira od 9-40m. Stoga je fotografisan jedan zida iz više dijelova. Drugi problem je dijelom uslovljen prvim problemom. Fotografije fasada i prozora na višim spratovima, koje su prikupljene sa zemlje, su prilično loš odraz realnosti jer su slikane pod ostrim uglom. Najbolje rješenje je obrada svake of fotografija u nekom od programa za obradu fotografija. Primjer sirove i neobrađene slike je dat na slici 6.



Slika 6. Neobrađena slika (lijevo) i obrađena slika (desno)

S obzirom da su na jednom spratu jedne strane uglavnom prozori istog tipa, fotografisan je samo jedan, a zatim odgovarajućim podešavanjem razmjere i rotacije mape po X ili Y osi, ponovljen je prikaz onoliko puta koliko ima



prozora. Slika 7 prikazuje primjenu ove pojave. Primjenom prethodno navedenih koraka je izvršeno mapiranje tekstura za svih pet dijelova zgrade FTN-a.



Slika 7 - Promjena razmjere UV mape

#### 7.4 Eksport i vizualizacija

S obzirom da je krajnji cilj ovog rada publikovanje fotorealističnog modela kroz A-frame, potrebno je eksportovati ga u neki od formata koje on podržava, a to su na primjer *.obj*, *.dae*, i *.gltf*. Blender odmah nakon instaliranja ima ugrađen eksport u *.dae* i *.obj* format, dok je za eksport u *.gltf* potrebno instalirati dodatak *Import-Export gltf2.0*.

Nakon pripreme formata podatka, slijedi završni korak, a to je publikovanje modela. Kreiran je jednostavan *.html* dokument sa vrlo jednostavnim kodom. Svi elementi koji se dodaju u scenu su entiteti, a između ostalog to mogu biti i 3D modeli, reprezentovani atributima entiteta koji se koriste za njihovo učitavanje (*obj-model*, *gltfmodel*, *collada-model*), itd.

Na slikama ispod je dat model zgrade FTN-a sa fotorealističnim elementima publikovan u VR okruženju iz dva ugla.



Slika 8 - Zgrada FTN-a u VR okruženju (glavni ulaz)



Slika 9 - Zgrada FTN-a u VR okruženju (sporedni ulaz)

## 8. ZAKLJUČAK

Danas sve veći broj gradskih uprava razmišlja o konceptu digitalnih 3D gradskih modela s ciljem unapređenja kvaliteta života. Princip fotorealističnog prikaza gradskih modela predstavlja kreiranje visoko realističnih vještački generisanih slika na 3D modelu. Postoje dva pristupa kojima se može kreirati fotorealističnost. Prvi pristup se odnosi na klasični princip gdje se na objekat dodaju pojedinačno boja, materijal, osvjetljenje i ostala svojstva. Drugi pristup podrazumijeva mapiranje stvarnih fotografija i smatra se dosta efikasnijim, jer jednom fotografijom može obuhvatiti većina neophodnih principa fotorealističnosti. Na primjer, jedna od najvažnijih stavki jeste nesavršenost stvarnog svijeta. Jednom fotografijom objekta se obuhvataju sve njegove ogrebotine, oštećenja i ostale komponente dotrajalosti i nesavršenosti.

Opšti postupak kreiranja fotorealističnosti prikupljanjem stvarnih fotografija i njihovim mapiranjem na 3D model nije komplikovan. S obzirom na činjenicu da je Blender besplatan softver, dobijeni su prilično dobri rezultati sa stanovišta fotorealističnosti. Kada bi postojala potreba za boljim kvalitetom u odnosu na model koji je dobijen kao završni proizvod ovog rada, bilo bi potrebno pristupiti modelovanju LOD3 nivoa detalja, te uz kvalitetne fotografije nastale upravnim fotografisanjem površina pomoću drona napraviti kompletan utisak fotorealističnosti. Što se tiče publikovanja modela, *A-frame* se pokazao kao veoma jednostavan i praktičan okvir za kreiranje VR sadržaja.

## 9. LITERATURA

- [1] B.Fleming: *Advanced 3D photorealism techniques*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1999
- [2] E.Stambouloglou, J.Shan: *Building modeling and visualization for urban environment*, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 2002
- [3] J.Shan, C.K.Toth: *Topographic Laser Ranging and Scanning - Principles and Processing*, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008
- [4] J.Chronister: *Blender Basics - Classroom Tutorial Book, 4th Edition*, Central Dauphin High School, Harrisburg, PA, USA, 2011
- [5] Klien E., Lutz M., Kuhn W.: *Ontology-based discovery of geographic information services - An application in disaster management*, In: *Computers, Environment and Urban Systems* 30(1) pp.102-123.

### Kratka biografija:



**Nevena Radović** rođena je u Nevesinju, BiH, 25.01.1995. godine. Osnovne akademske studije završila na Fakultetu tehničkih nauka – oblast Geodezija i geomatika 2017. godine i iste godine upisala master studije na istom fakultetu.