



OBRADA I PUBLIKOVANJE FOTOREALISTIČNOG MODELA GRADA

DATA PROCESSING AND PUBLISHING OF PHOTOREALISTIC CITY MODEL

Marina Golubović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GEODEZIJA I GEOMATIKA

Kratak sadržaj – U ovom radu opisani su koncepti publikovanja fotorealističnog gradskog modela. Studija slučaja je zgrada Poljoprivrednog fakulteta. Na konkretnom modelu su prikazani praktični postupci publikovanja pomoću A-Frame okvira.

Ključne reči: 3D modeli, Fotorealističnost, Bleder, A-Frame

Abstract – Basic concepts of publishing photorealistic city model are described in this paper. Case study is the building of Faculty of Agriculture. Practical guides are shown on a concrete example of publishing 3D model using A-frame.

Keywords: 3D models, Photorealism, Blender, A-Frame

1. UVOD

Geografski informacioni sistem (GIS) je okvir za prikupljanje, upravljanje i analizu podataka. GIS integriše mnoge vrste podataka. Analizira prostornu lokaciju i organizuje slojeve informacija u vizualizacije pomoću mapa i 3D scena. Veliki broj organizacija u gotovo svim poljima koristi GIS za pravljenje mapa koje komuniciraju, vrše analize, razmenjuju informacije i rešavaju složene probleme širom sveta. Samim tim menja način na koji svet deluje. U poslednjih par decenija, GIS je evoluirao od koncepta do nauke.

GIS pruža ljudima mogućnost da kreiraju sopstvene slojeve digitalnih mapa kako bi pomogli u rešavanju problema u stvarnom svetu. GIS se takođe razvio u sredstvo za razmenu podataka, viziju koja sada velikom brzinom postaje stvarnost - kontinuiranu, interoperabilnu GIS bazu podataka sa gotovo svim objektima na svetu [1]. Razvoj tehnologije kao i interneta doveo je i do revolucije GIS-a. Gis više nije „skup“ samim tim teško dostupan, previše komplikovan ili previše izolovan. Sada je lako kreirati interaktivne web mape za samo nekoliko minuta i one se dalje mogu deliti sa bilo kim, bilo gde i na bilo kom uređaju.

Web GIS predstavlja transformaciju GIS-a, koja analitiku dovodi do prostornih podataka na način na koji ranije nije bio moguć.

Prethodno su prostorni podaci morali biti obrađeni, modifikovani i ekstrahovani da bi odgovorili na unapred

utvrđeni skup pitanja. Sada se podaci transformišu u web mape, što omogućava veliku fleksibilnost pri rešavanju različitih vrsta zahteva [2].

2. KONCEPT VIZUELIZACIJE 3D OBJEKTA

Zajedno sa konceptima i alatima iz klasične kartografije, GIS uključuje elemente iz onoga što je poznato kao naučna vizualizacija, poput interaktivnosti ili višedimenzionalnog prikazivanja podataka. Ovaj pristup, bogatiji od klasičnog iz kartografije, poznat je kao *geovizualizacija*. Interaktivno vizuelizovanje velike količine informacija jedna je od najatraktivnijih i najkorisnijih mogućnosti GIS-a. Računari sa visokim napajanjem mogu da izmene bilo koji element ekrana „u letu“, menjajući ne samo izgled grafičke slike već i njenu interpretaciju. Ova sposobnost stvaranja više perspektiva i doslovno i figurativno, povećava perceptivne sposobnosti gledalaca da razumeju fenomen koji se proučava kao nikada do sada.

3D modeli grada definišu se kao digitalni prikazi Zemljine površine i srodnih objekata koji pripadaju urbanim područjima. Virtualni 3D gradski modeli se primenjuju za sve veći broj zadataka koji se odnose na simulacije životne sredine kao što su mapiranje buke, obuka simulatora, upravljanje katastrofama, arhitektura i planiranje grada.

CityGML je uobičajeni informativni model, XML-bazirano skladište za reprezentaciju, i razmenu digitalnih 3D gradskih i pejzažnih modela. *CityGML* pruža standardni model i mehanizam za opis 3D objekata s obzirom na njihovu geometriju, topologiju, semantiku i izgled, i definiše *pet* različitih nivoa detalja. Uključene su i hijerarhije generalizacije između tematskih klasa, agregacije, odnosi između objekata i prostorna svojstva.

CityGML je visoko skalabilan (proširiv u odnosu na temu) sve do *CityGML Application Domain Extensions (ADE)*. Proširenje domena aplikacije (ADE) je ugrađeni mehanizam *CityGML*-a za dopunu svog modela podataka dodatnim konceptima.

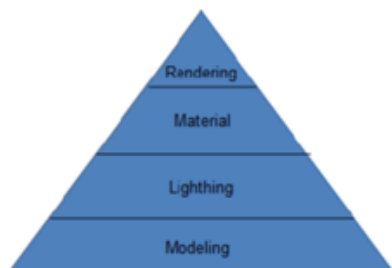
ADE omogućava čuvanje strukturnih svojstava i odnosa komponenti u *CityGML*-u.

Trodimenzionalna (3-D) fotorealistička vizualizacija jedna je od najvažnijih funkcija u geoprostornom informacionom sistemu (*GIS*). Takva trodimenzionalna fotorealistična vizualizacija može da pruži geoprostorne informacije za laku ljudsku percepciju. To je korisno u tumačenju geoprostornih informacija i procesu donošenja odluka (El-Hakim, 2003) [3].

NAPOMENA:

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

Realističnost se postiže kopiranjem stvarnog objekta u oblik, boju, teksturu ili kretanje. Da bi se postigla fotorealističnost, potreban je računar visokih performansi zbog velike upotrebe procesa renderovanja u cilju dobijanja tekstura, oblika i boje slika kao i na originalnom objektu. Na sledećoj slici se mogu uočiti koraci u procesu kreiranja fotorealističnosti.



Slika 1 – Tok kreiranja fotorealističnosti

Modeling - Prvi korak podrazumeva kreiranje kvalitetnog 3D modela koji će na što bolji način dočarati objekat iz realnog sveta. Analiza topologije je bitan aspekt u procesu modelovanja. Pored topologije treba obratiti pažnju i na razmeru – odnos objekta na ostatak scene. Ukoliko se proporcije na samom početku pogrešno postave, greška će se propagirati u ostale faze i uticati na rezultat fotorealističnosti objekta.

Osvetljenje - Sledeći korak je analiza i postavljanje odgovarajućeg osvetljenja. Potrebno je sagledati čitavo okruženje koje se modeluje, uzeti u obzir deo dana, poziciju objekta, izvore svetlosti - gde pored osnovnog izvora svetlosti što je sunčeva svetlost, prisutna je svetlost samog okruženja.

Materijal - Izmodelovanim površinama je potrebno dodati odgovarajući materijal, što je 3.korak u procesu fotorealističnosti. Ovaj korak zahteva detaljnu analizu stvarnog okruženja, detalja i prenos sa scenu.

Renderovanje - Završni korak predstavlja renderovanje, odnosno proces prevođenja 3D geometrije u finalni rezultat koji može biti u formi slike, web animacije, igranog filma...

Jednom kada se pripreme geometrijski modeli i slike teksture, fotorealistični model objekta može se generisati korišćenjem raznih softverskih paketa.

Dodavanje teksture pomoću slika na objektima se postiže korišćenjem geometrijskog odnosa između 2D koordinata slike i 3D koordinata modela objekta [3].

3. POSTUPAK AKVIZICIJE

Akvizicija 3D podataka i njihova integracija u informacione sisteme, koji se u većini slučajeva koriste za topografska pitanja, je u velikom porastu u proteklih par godina. Povećana potreba za 3D informacijama pojavila se sa razvojem kompleksnijeg procesa obrade u topografskim informacionim sistemima. Srednji i veliki gradovi, u velikoj meri, imaju značajnu potrebu da raspolazu i koriste kompletne skupove podataka. Te skupove podataka bi trebalo da integrišu 3.dimenziju [4]. 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 primene i oblasti primenjivosti.

Fotogrametrija je, kao što joj ime govori, trodimenzionalna tehnika merenja koordinata koja koristi fotografije kao osnovni medij za merenje. Osnovni princip koji koristi fotogrametrija je *triangulacija* ili tačnije nazvana Aerial Triangulation. Snimanjem fotografija sa najmanje dve različite lokacije mogu se razviti takozvane „linije vida“ iz svake kamere do tačaka na objektu. Ove linije vida matematički su presečene kako bi se proizvele trodimenzionalne koordinate tačaka interesa [5].

Lasersko skeniranje predstavlja metod snimanja, tj. prikupljanja prostornih podataka nekog objekta u prostoru pomoću lasera. Skeniranje se odvija već poznatom metodom merenja udaljenosti i ugla do određene tačke u području snimanja. Rezultat ovakvog načina snimanja je skup trodimenzionalnih X,Y,Z koordinata tačaka koji se naziva *oblak tačaka*. Prostorna udaljenost između susednih snimljenih tačaka unutar oblaka tačaka zavisi od udaljenosti od objekta snimanja i tehničke specifikacije samog instrumenta.

4. MODELI PODATAKA ZA GRADSKA PODRUČJA KAO OSNOV ZA VIZUELIZACIJU

Da bi se omogućio razvoj naprednih aplikacija, 3D gradski model bi trebao da opiše geometriju i attribute svih pojedinačnih elemenata koji su obično prisutni u gradu, npr. teren, putevi, vodeni objekti i zgrade.

Pored toga, relevantne semantičke informacije mogu se uključiti u geometrije, kao što su godina izgradnje zgrade, broj ljudi koji žive u njoj i građevinski materijal od koga su napravljeni - sve važne informacije za optimizaciju protoka kružne ekonomije ili potrošnje energije. Takvi semantički obogaćeni 3D gradski modeli potencijalno predstavljaju moćne centre integrisanih informacija koje će se koristiti za potrebe računarske urbane analize.

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 puno, a samo neki od njih su: GML, KML, X3D, VRML, OBJ, GLTF, COLLADA.

5. VIRTUELNA I PROŠIRENA STVARNOST

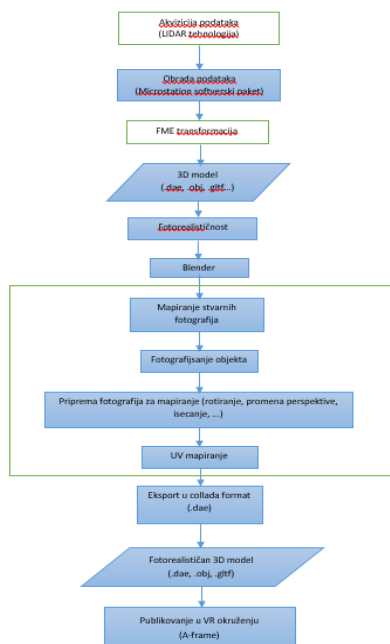
Razvoj hardvera i softvera u oblasti računarstva, otvorio je nove mogućnosti za realniji prikaz sveta koji nas okružuje. Novi trend vernog modeliranja realnog sveta nazvan je *virtuelna realnost* (VR). Virtuelna realnost predstavlja trodimenzionalno, kompjuterski generisano, simulirano okruženje koje se formira u realnom vremenu u zavisnosti od akcija korisnika. Sistemi virtuelne realnosti su našli primenu u mnogim oblastima (umetnost, zabava, marketing, edukacija, trening, telekomunikacije,...).

Proširena realnost je prikaz koji se temelji na dodavanju elemenata virtualnog okruženja u stvarni svet tako da oni deluju kao deo stvarnog sveta. To je način da se korisnikovo viđenje stvarnog sveta proširi dodatnim informacijama – računarski generiranim multimedijским sadržajem kao što su tekst, slika, grafika. Osnovne karakteristike proširene stvarnosti su (Azuma, 1997,

Cetinić, 2010) kombinacija stvarnog i virtualnog, interakcija u stvarnom vremenu te poravnavanje u 3D. Razlika između proširene i virtualne realnosti ogleda se u tome da VR daje veštački generisano okruženje, odnosno stvaranje potpuno novog okruženja, dok AR dalje interakciju sa realnim okruženjem uz dodatni sadržaj.

6. MODEL VIZUELIZACIJE

Koraci koji su sprovedeni tokom procesa vizuelizacije 3D modela mogu se videti na slici ispod gde su plavom bojom označene stavke koje su deo praktičnog rada.



Slika 2 – Koraci u izradi 3D fotorealističnog modela

U ovom radu ulazni podatak je sirovi oblak tačaka. Akvizicija podataka izvršena je od strane Laboratorije za geoinformatiku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu u saradnji sa italijanskom firmom Geocarte S.p.A. Tehnika za snimanje koja je korišćena je *avionsko lasersko skeniranje*.

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 *.dae* 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*.

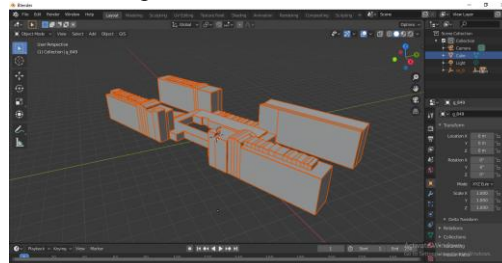
Kao podrška za publikovanje kreiranog fotorealističnog modela, odabran je takođe besplatan okvir sa podrškom za rad sa virtuelnom realnošću *A-Frame*. *A-Frame* je okvir za razvoj web aplikacija kreiran od strane *Mozilla* kompanije. Predstavlja jednostavan način za početak rada sa virtuelnom realnošću.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

7. STUDIJA SLUČAJA

Objekat od interesa jeste Poljoprivredni fakultet 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>. Na slici 3 je dat izgled programskog interfejsa Blender-a sa učitanim ulaznim podatkom.

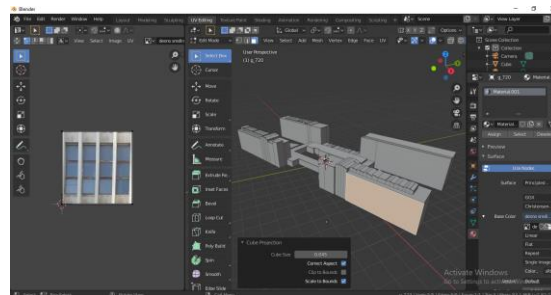


Slika 3– Učitani 3D model Poljoprivrednog fakulteta

7.2. UV mapiranje

UV mapiranje predstavlja glavni korak prilikom kreiranja fotorealističnog modela. U ovom procesu 3D mreža se projicira na ravnu 2D sliku. *UV Editor* je jedan od Blenderovih radnih prostora koji se koristi za mapiranje 2D svojstava poput slika/tekstura na 3D objekte i uređivanje onoga što se naziva UV.

Mapiranje teksture prvenstveno zahteva *selektovanje* odgovarajuće površi (*Faces*). Kada je odgovarajuća površ selektovana potrebno je odabrati tip UV mapiranja. *Cube Projection* je izabrana u konkretnom slučaju jer dati objekat nema zaobljenosti. Za svaku selektovanu površ potrebno je dodati materijal odnosno učitati slike koje karakterišu odgovarajuću površ tj. njenu teksturu.



Slika 4 – Primer UV mapiranja

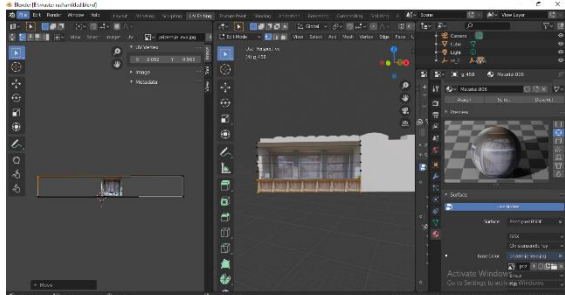
7.3 Ograničenja tokom prikupljanja fotografija

Najveći problem je predstavljala visina objekta, koja varira i doseže i do 30m. Vršeno je fotografisanje jednog zida iz više uglova. Fotografije fasada i zidova su slikane pod ostrim uglom i zahtevale su dodatnu obradu što se može videti na sledećoj slici. Primer sirove i obrađene slike dat je na slici 5.

Jedna od karakteristika površi objekta od interesa jeste ta da površ ima više od jedne vrste teksture. Površ karakteriše više tipova prozora koji su podeljeni po spratovima. Iz ovog razloga nije moguće teksturisavanje izvršiti u jednom koraku već je potrebno izvršiti postupak presecanja površi i svakoj novonastaloj površi dodeliti odgovarajući materijal i teksturu kako bi rezultat bio što realniji i sličniji stvarnom objektu i njegovim karakteristikama.



Slika 5 – Neobrađena slika (gore) i obrađena slika (ispod)



Slika 6 – Teksturisiranje nakon presecanja površi

7.4. Eksport i vizuelizacija

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 primer .obj, .dae, i .glTF.

Nakon pripreme formata podatka, sledi završni korak, a to je publikovanje modela. Kreiran je jednostavan .html dokument sa vrlo jednostavnim kodom. Iskorišteni su osnovni tagovi koje nudi A-frame framework, poput <a-scene>, <a-box>, <a-sphere>, <a-cylinder>, <a-plane>, <a-sky>, <a-camera>.

Na slikama ispod je dat model zgrade Poljoprivrednog fakulteta sa fotorealističnim elementima publikovan u VR okruženju iz dva ugla.



Slika 7– Zgrada Poljoprivrednog fakulteteta VR okruženju (ugao 1)



Slika 8 - Zgrada Poljoprivrednog fakulteteta VR okruženju (ugao 2)

8.ZAKLJUČAK

Sve više i više 3D gradskih modela postaju dostupni na različitim nivoima detalja, u različitim vremenskim

periodima i za različite primene. Zato je važno imati adekvatne načine skladištenja takvih istorijskih kolekcija 3D gradskih modela na način koji je i standardizovan i strukturiran semantikom. Sposobnost prevođenja fizičkog sveta u virtuelnu stvarnost postala je dragocena prednost u dizajnu, planiranju, vizualizaciji i upravljanju širokim spektrom urbanih primena kao što su buka, toplotni stres, zagađenje itd.

Međutim, povećanje složenosti (tj.3D modeliranje gradova izvan vizualizacije) često dolazi na štetu upotrebljivosti, interoperabilnosti i održavanja. Sadašnja praksa i dalje pokazuje nedostatak specifičnog i prilagođenog softvera za obradu 3D gradskih modela, kao i nekoliko nepovezanih i neefikasnih softverskih opcija, dok je integracija podataka svojstvena komponenta u 3D modeliranju grada. Ovoj integraciji je potrebna dodatna pažnja kako bi 3D gradski modeli služili kao „digitalni blizanci“ stvarnosti i pružali informacije za širok izbor aplikacija.

Integracija senzorskih podataka u 3D gradski model je još jedno područje kojem treba dalji razvoj da bi se 3D modeli grada pretvorili u dinamične reprezentacije stvarnosti.

9. LITERATURA

- [1] M.Dodge, M.McDerby, M.Turner: *Geographic Visualization - Concepts, Tools and Applications*, Wiley City, Washington, USA, 2008
- [2] M.J. Kraak, A.M.MacEachren: *Geovisualization and GIScience; Cartography and Geographic Information Science*; April 2005, Vol. 32, No. 2, pp. 67-68
- [3] D. Luebke, M. Reddy, J.D.Cohen, A.Varshney, B.Watson, R.Huebner : *Level of Detial for 3D Graphics*, 2003
- [4] F.Biljecki, K.Kumar, C.Nagel: *CityGML Application Domain Extention(ADE) overview of developments*, August 2018
- [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.
- [6] Y.Song, J.Shan: *Photorealistic Bulding Modeling and Visualisaton in 3-D Geospatial Information System*, Geomatics Engineering, Scholl of Civil Engineering, Purdue University, USA, January 2004.

Kratka biografija:



Marina Golubović rođena je u Vrbasu, 25.11.1994. godine. Osnovne akademske studije završila na Fakultetu tehničkih nauka – oblast Geodezija i geomatika i iste godine upisala master studije na istom fakultetu.