

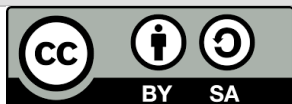
L1.1 Koncepti 3D modeliranja

Bilješke s predavanja

Autor(i)/Organizacija(e):

Ariana Kubart, Ocellus Informacijski sustavi AB

Dozvola



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Verzija

Verzija 2.0

Datum: travanj, 2025.

Sažetak

Ovo predavanje daje uvod u 3D geografsko modeliranje i moguće ga je preuzeti bez prethodnog poznavanja 3D GIS-a. Počinje s nekoliko različitih koncepata 3D vizualizacije i objašnjava kako se razlikuju prema području uporabe. Učenik ukratko uči o modelima vokseli i dublje o stvaranju modela stvarnosti-mreže, s primjerima iz stvarnog svijeta.

Ishodi učenja

Na kraju ovog predavanja, od polaznika se očekuje da će biti u mogućnosti

- Razumjeti glavne koncepte i različite vrste 3D geografskog modeliranja
- Razumjeti principe 3D rasterskih / voxel modela
- Opisati stvaranje i prednosti reality-mesh modela

Očekivane kompetencije prilikom ulaska u predavanje

Osnovno znanje GIS-a

Očekivano radno opterećenje

10 slajdova sa sadržajem za učenje, otprilike 2 sata

Financirano sredstvima Europske unije. Izneseni stavovi i mišljenja su stavovi i mišljenja autora i ne moraju se podudarati sa stavovima i mišljenjima Europske unije ili Europske izvršne agencije za obrazovanje i kulturu (EACEA). Ni Europska unija ni EACEA ne mogu se smatrati odgovornima za njih.

Sadržaj

Zašto 3D?	4
Digitalni modeli izgrađenog okoliša.....	5
Dobivanje 3D podataka	6
Različiti 3D prikazi.....	7
Visokografički 3D modeli	8
AEC industrijski modeli.....	9
Geomatski / GIS povezani 3D modeli	10
3D raster = voxel model.....	11
Voxels u gradskom modeliranju	12
Reality mrežasti gradski modeli I.....	13
Realno-mrežasti gradski modeli II	14
Reference.....	15

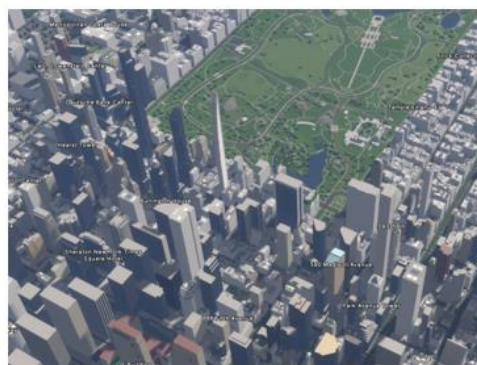
Zašto 3D?

Koncepti 3D modeliranja



Zašto 3D?

- Svijet je u 3D-u
- Os X, y i z



Slike – središnji New York na 2D karti i kao 3D model (oba se temelje na Open Street Maps)

Bolje razumijevanje oblika objekata i prostornih odnosa

Mnoge analize moguće su samo u 3D tehnologiji (npr. buka, poplave)

4

Svijet je 3D. Tako 3D model poboljšava vizualizaciju stvarnog svijeta u usporedbi s 2D kartom.

Možemo vidjeti razliku u brojkama. Oboje prikazuju središnje dijelove New Yorka i temelje se na Open Street Mapu.

Kao što znamo, 2D ima x i y-os. 3D prostor također ima z-osi, zajedno s x i y-osi. Z-os pokazuje visinu objekta.

Dodavanje ove treće dimenzije pomaže nam da bolje razumijemo raspodjelu objekata i prostorni odnos među njima. Stoga su mnoge primjene moguće samo u 3D-u, poput analize buke, sjene ili poplava.

Građevine, tereni i infrastruktura mogu se 3D modelirati. U ovom tečaju usredotočit ćemo se na 3D prikaz izgrađenog okoliša.

Koncepti 3D modeliranja

Digitalni modeli izgrađeni okoliš

Različite tehnike za izradu 3D modela

3D informacije:

- Geometrijski
- Topološka
- semantički

Apstrakcija – ograničavanje složenosti modela, npr. unutarnji dijelovi



https://static.turbosquid.com/Preview/2018/11/07__08_45_37/1.jpgF16C9D5E-43CF-473A-9052-87F6D4FCEF1DZoom.jpg

5

Digitalni modeli izgrađenog okoliša

3D modeli gradova mogu se izvesti iz različitih tehnika stjecanja. Zbog toga se mogu znatno razlikovati u strukturi, formatu i značajkama (kao što ćemo vidjeti kasnije).

U svakom slučaju, 3D modeli mogu kombinirati mješavinu geometrijskih, topoloških i semantičkih informacija.

Geometrijske informacije su opis oblika.

Semantički opisuje atribute i druga svojstva objekta.

No u praksi je poželjno ograničiti složenost samo na aspekte koji su stvarno potrebni za planirane primjene. Primjer može biti uklanjanje unutarnjih dijelova zgrada, kada takve informacije nisu potrebne.

Ovo ograničavanje složenosti naziva se apstrakcija.

Koncepti 3D modeliranja

Dobivanje 3D podataka

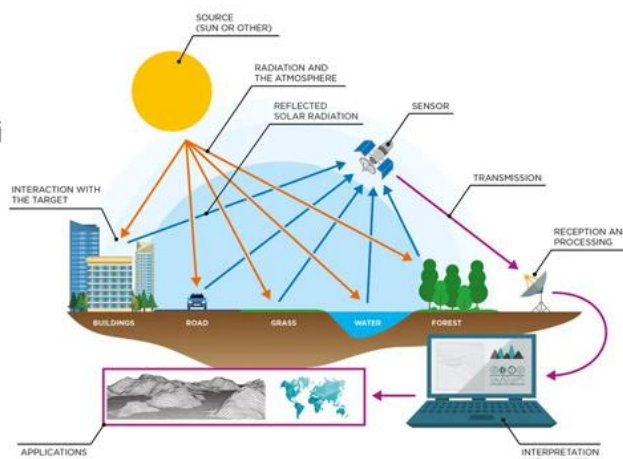
Tradicionalne metode – stacionarni laserski skeneri

Daljinsko istraživanje – laser, radar, mobilno mapiranje

Fotogrametrija – digitalne slike, fotografiranje iz zraka

Vađenje iz 2D otisaka stopala

Pretvorba iz arhitektonskih modela



Daljinska istraživanja. Izvor: <https://i0.wp.com/geolearn.in/wp-content/uploads/2022/09/Remote-Sensing-Process.jpg>

6

Dobivanje 3D podataka

Imat ćemo cijeli tečaj specijaliziran za prikupljanje 3D podataka (2. 3D obrada podataka). Ali ovdje ukratko sažimamo metode:

Prvo, postoje tradicionalna mjerenja, poput korištenja stacionarnih laserskih skenera.

Zatim postoje metode koje se temelje na daljinskom istraživanju, odnosno na refleksijama elektromagnetskih valova, uključujući lasersko skeniranje (koje se naziva i LiDAR), radarske ili mobilne sustave mapiranja (kao što su Googleovi automobili s LiDAR skenerima).

Treća uobičajena tehnika je fotogrametrija, odnosno rekonstrukcija iz digitalnih slika.

Ta se „sirova” mjerenja zatim obrađuju i sastavljaju kako bi se izradili složeniji 3D objekti.

Nadalje, 3D modeli gradova mogu se izdvojiti iz 2D otisaka stopala ili pretvoriti iz arhitektonskih crteža.

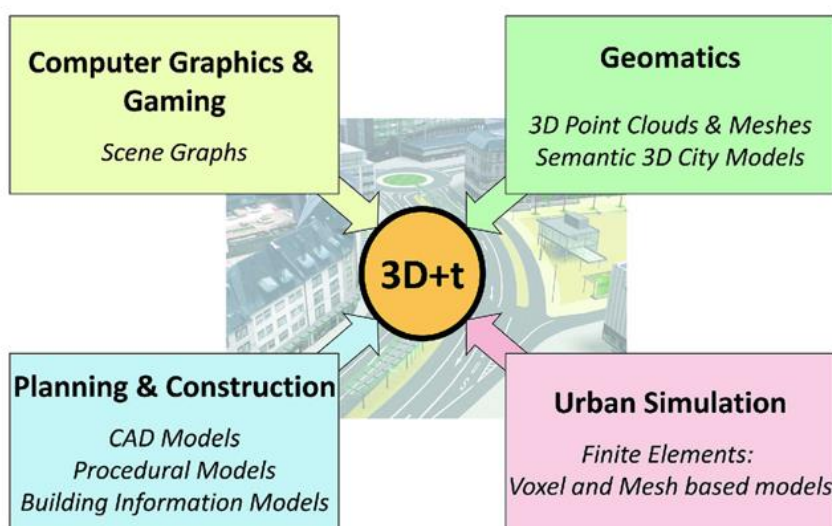
Koncepti 3D modeliranja

Različiti 3D Predstavništva

Nekoliko načina 3D
informacija

Različita područja
primjene i industrije

- Visokografski modeli
- Modeli s vrlo
detaljnim opisom
- Modeli povezani s
GIS-om
- 3D voxel rasteri



Kolbe & Donaubaue (2021.): Semantičko 3D modeliranje gradova i BIM u: W. Shi et al. (ur.), Urbana informatika, Serija urbanih knjiga

7

Različiti 3D prikazi

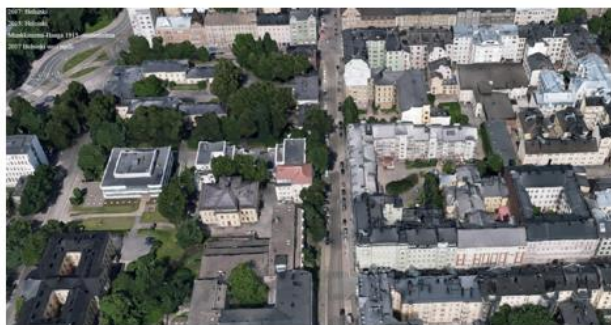
3D zgradama i gradovima pristupljeno je na nekoliko načina. Ti se načini razlikuju po fokusu, strukturi modela, kao i formatu razmjene, kako je sažeto na slici.

Možemo vidjeti da postoje vizualni modeli s vrlo naprednom grafikom, vrlo detaljni modeli iz AEC (Arhitektura, inženjerstvo i građevinarstvo) industrije, GIS-ovi modeli kao i 3D rasteri.

Koncepti 3D modeliranja

Visokografski 3D modeli

3D modeli usmjereni na
visokokvalitetnu vizualizaciju



<https://kartta.hel.fi/3d/mesh/>



[3d-ekološki dizajn-za-igra-3d-model-nisko-poli-animirani-fbx-uasset.jpg \(2688x1512\) \(cgtrader.com\)](#)

Zajedničko kao okruženje za igre
Neki modeli gradova

8

Visokografski 3D modeli

Kao prvo možemo imenovati vizualne 3D modele. Cilj im je vrlo kvalitetna 3D vizualizacija, ali okoliš ne dijele na pojedinačne objekte i kao takvi ne pružaju informacije o svojstvima objekta.

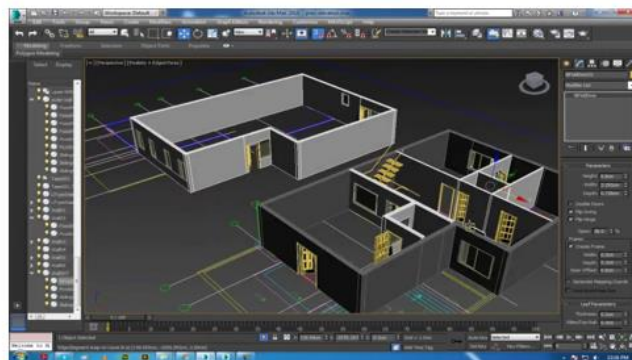
Takvi se modeli često razvijaju i koriste u računalnoj grafici i igrama.

Primjeri vizualnih modela u stvarnom svijetu neki su od gradskih modela, na primjer mrežasti model Helsinkija ili modeli Berlina, Stockholma itd.

Koncepti 3D modeliranja

AEC Industrijski modeli

- Usredotočite se na detalje
- Mali razmjer (samo imovina)
- Puno informacija o objektu
- CAD i BIM modeli



Gore: 3D model u AutoCAD-u

<https://cougardrafting.com/wp-content/uploads/2020/05/maxresdefault2.jpg>

Lijevo: BIM model

<https://www.ckvango.com/wp-content/uploads/2015/11/bim-modeling-rendering.jpg>

9

AEC industrijski modeli

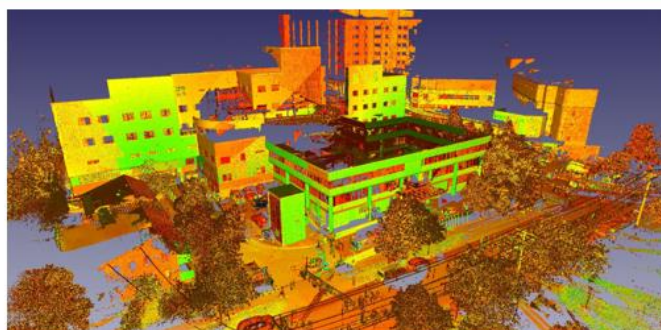
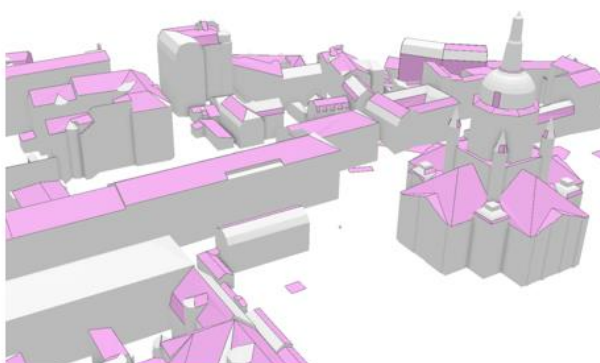
Modeli iz industrije AEC (arhitektura, inženjerstvo i građevinarstvo) također su vrlo grafički, ali njihov je glavni fokus na pojedinostima i pojedinačnim predmetima. Pružaju i vrlo detaljne informacije o geometriji i svojstvima objekta, što je potrebno za planiranje i građevinske ciljeve.

Informacijsko modeliranje zgrada (BIM, lijevo na slajdu) pripada ovoj kategoriji i ciljano je u našem zasebnom modulu tečaja (Uvod u BIM). Odmah na slajdu nalazi se i CAD (Computer Aided Design) model. Iako se Cad još uvijek koristi u AEC-u, BIM je danas najmodernija tehnologija.

Koncepti 3D modeliranja

Geomatski / GIS modeli

- 3D oblaci točaka
- 3D mreže
- Semantički modeli gradova – pojedinačni objekt i svojstva



Gore: točkasti oblak iz laserskog skeniranja

<https://www.laserscanning.com.au/files/2014/04/6736-Image-3.jpg>

Lijevo: semantički grad model Stockholma

Preuzeto sa: [Dataportalen \(stockholm.se\)](http://Dataportalen.stockholm.se)

10

Geomatski 3D modeli / 3D modeli povezani s GIS-om

Treća domena 3D modeliranja je ona povezana s GIS-om.

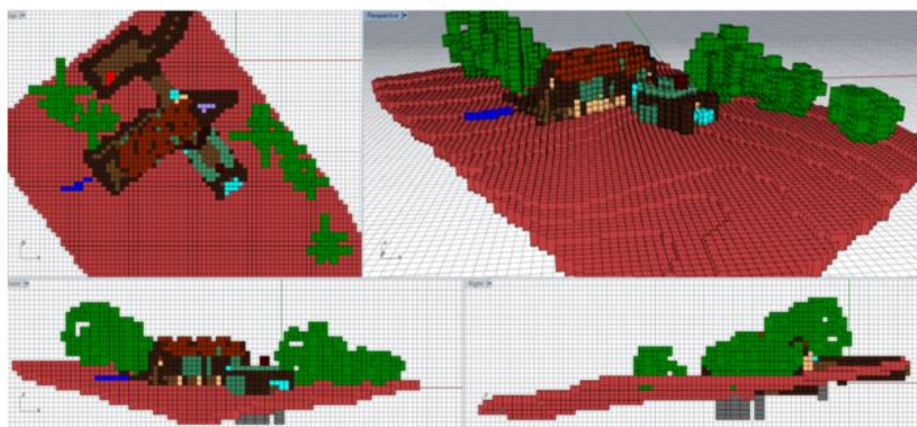
Uključuje tipične 3D gradske modele, vizualizaciju 3D geometrije, 3D topologiju i, u najboljem slučaju, čak tematske attribute i logičke međudnose među objektima. Ako se uključe ti atributi, odnosno semantičke informacije, modeli se nazivaju semantičkim 3D modelima gradova. Semantički modeli glavni su fokus ovog bloka tečaja.

Da biste saznali više o fotogrametriji, laserskom skeniranju i 3D oblacima točaka, pogledajte drugi blok ovog tečaja, nazvan 3D obrada podataka.

Koncepti 3D modeliranja

3D raster = voxel model

- Voxel je 3D paralelan s 2D pikselom na rasterskoj karti
- Voxel modeli su 3D ekvivalent 2D rastera
- preciznost na temelju veličine mreže
- Distribucija i simulacije kontinuiranih varijabli (npr. brzina vjeta, temperatura zraka)



Od: Ohori, Ledoux i Peters (2020.–2022.): 3D modeliranje izgrađenog okoliša, stranica 31

11

3D raster = voxel model

Posljednji na našoj listi različitih 3D reprezentacija je 3D raster, također nazvan voxel model.

Voxel je 3D paralelan s 2D pikselom na 2D rasterskoj karti. Voxel modeli su tada 3D ekvivalent 2D rastera.

Slično kao i 2D rasteri, 3D voxel modeli su ograničeni u preciznosti na temelju veličine rešetke. Smanjenje veličine rešetke povećat će preciznost, ali će također narasti do vrlo velikih veličina u smislu pamćenja.

Vokselizacija se temelji na raspadanju urbanog prostora u konačne elemente. Možemo ga zamisliti kao podjelu cijelog prostora na ekvivalentne kocke određenog volumena.

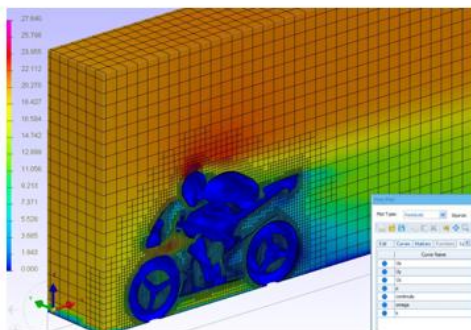
Voxel modeli su jednostavni za stvaranje i razumijevanje, u usporedbi s npr. mrežastim ili semantičkim 3D modelima. Čak su i izračuni pomoću vokselu mnogo jednostavniji od onih koji koriste druge reprezentacije.

Još jedna važna prednost vokseli je da mogu predstavljati trodimenzionalnu raspodjelu kontinuiranih varijabli. (To znači kvantitativne varijable koje mogu preuzeti bilo koju vrijednost unutar određenog raspona ili intervala). Kao primjere možemo navesti brzinu vjetrova, vlažnost tla, zagađenje zraka, salinitet vode itd.

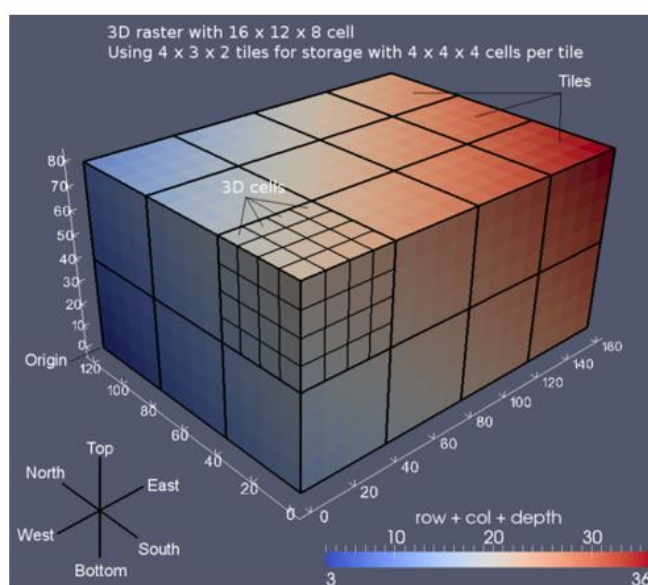
Koncepti 3D modeliranja

Vokseli u gradskom modeliranju

- Izgrađeni i prazni prostori mogu se vizualizirati vokselima kako bi se pokrio sav prostor
- Zajedničko modeliranje nekoliko varijabli



<https://www.techyv.com/sites/default/users/Images-Folder/OpenFOAM-1.png>



https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/raster3d_layout.png

12

Voxels u gradskom modeliranju

Sve urbane značajke, tj. izgrađeni i okolni prostori, mogu biti predstavljeni vokselima.

Vrijednosti više varijabli (kvalitativne i kvantitativne, <https://www.mygreatlearning.com/blog/types-of-data/>) mogu se definirati za svaki piksel i upotrebljavati u izračunima.

Primjer takve simulacije može biti modeliranje disperzije onečišćenja. Svi vokseli koji predstavljaju urbani zračni prostor imaju parametarski vektor za smjer vjetrova, brzinu vjetrova, temperaturu zraka i koncentracije specifičnih onečišćujućih tvari.

Drugi je primjer simulacija potražnje za toplinskom energijom u zgradama. Zgradni vokseri pružaju informacije o npr. vrsti uporabe i o fizici zgrade kao što su izolacija zidova, krovova i prozora. I to se može kombinirati sa svojstvima zračnog prostora oko zgrade.

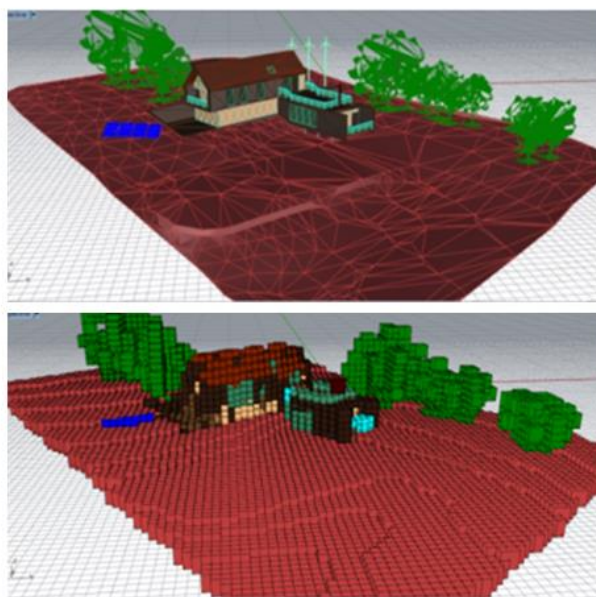
Završetak čak i vremenske jedinice mogu se koristiti, tako da je moguće simulirati 3D raster u različitim vremenima.

Koncepti 3D modeliranja

Reality-mesh grad modeli I

Ako vokseli nisu prikladni:

- Podjela površina na trokute = spajanje
- Odlučene značajke, npr. najmanji kutovi – također metoda konačnih elemenata
- Slike – usporedba oka mrežnog tega (gore) i vokseli (dolje) za iste predmete



Od: Ohori, Ledoux i Peters (2020.–2022.): 3D modeliranje izgrađenog okoliša, stranica 31

13

Reality-mesh grad modeli I

Za određenu simulaciju voxel model nije optimalan i bolje je koristiti vrlo detaljne geometrijske i fotorealistične modele.

Takvi modeli temelje se na zračnim fotografijama, LiDAR točkastim oblacima ili kombinaciji ove dvije. Podaci se objedinjuju u model grada pomoću specijaliziranog softvera.

Krov, zidovi i druge površine tada se mogu podijeliti na trokute u procesu koji se naziva meshing. Brojke pokazuju usporedbu između vokseli i modela temeljenog na mreži.

Može se odrediti određene karakteristike podjele, kao što su minimalni kutovi. Stoga se meshing također računa kao metoda konačnih elemenata.

Koncepti 3D modeliranja

Reality-mesh grad modeli II

- Trokutasti mrežasti modeli su brzi i isplativi za stvaranje
- Prva generacija gradskih modela
- Google Zemlja



Gore: Reality-mesh modela grada Helsinkija
Od: Ohori, Ledoux i Peters (2020.–2022.): 3D modeliranje izgrađenog
okoliša, stranica 91

Lijevo: Mesh-based model iz Google Earth
Primjer Praga, [Google Earth](#)

14

Reality-mesh grad modeli II

Ova apstrakcija površina u trokutaste mreže brza je i isplativa. Moguće je stvoriti takve geometrijske i fotorealistične modele za cijele gradove na automatiziran način.

Mesh-based modeli dostupni su za mnoge gradove i obično se mogu slobodno kretati kroz gradske web stranice. Čak i Google Earth koristi modele mreže, također slobodno dostupne.

Možemo reći da su prva generacija 3D gradskih modela bili reality-mesh modeli. Međutim, mnogim aplikacijama nisu potrebni samo podaci o 3D geometriji površina i njihovim grafičkim karakteristikama (kao u mrežnom modelu).

Za mnoge primjene potrebno je podijeliti model na pojedinačne objekte. Na primjer, za definiranje: Ovo je kuća i ovo je druga kuća, a ovo je drvo.

Takvi modeli, u kojima se stvari iz stvarnog svijeta karakteriziraju kao pojedinačni predmeti, nazivaju se „semantičkima”. U najboljem slučaju, objekti u semantičkim modelima imaju čak i specifična svojstva i definirane međuodnose. A ovi semantički modeli su tema sljedećeg predavanja.

Upućivanja

Ken Arroyo Otori, Hugo Ledoux i Ravi Peters (2020. 2022.): 3D modeliranje izgrađenog okoliša

Najnovija verzija ove knjige može se preuzeti u PDF formatu na
<https://github.com/tudelft3d/3dbook/releases>

Thomas H. Kolbe i Andreas Donaubaue (2021.): Semantičko 3D modeliranje grada i BIM u: W. Shi et al. (ur.), Urbana informatika, Serija urbanih knjiga