

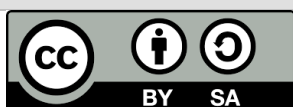
L1.2 Semantički modeli gradova

Bilješke s predavanja

Autor(i)/Organizacija(e):

Ariana Kubart, Ocellus Information Systems AB, Švedska

Dozvola



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

Verzija

Verzija 2.0

Datum: travanj, 2025.

Sažetak

Ovo predavanje je usredotočeno na semantičke modele kao najsuvremeniji pristup gradskom modeliranju i osnovu za aplikacije poput pametnih gradova i digitalnih blizanaca. Prolazi kroz prednosti modela sa semantičkim informacijama i objašnjava kako se takvi modeli stvaraju. U posljednjem dijelu predavanja prikazano je nekoliko primjera postojećih semantičkih modela kao i njihove primjene u društvenom planiranju.

Ishodi učenja

Na kraju ovog predavanja od polaznika se očekuje da bude sposoban:

Objasniti semantički dio gradskih modela i razlike u odnosu na grafičke 3D modele

Sažeti glavne korake stvaranja semantičkog modela

Navesti primjere postojećih modela i njihove moguće primjene

Očekivane kompetencije prilikom ulaska u predavanje

Srednja razina znanja o GIS-u

L1.1 Koncepti 3D modeliranja

Očekivano radno opterećenje

17 slajdova sa sadržajem za učenje, otprilike 3 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

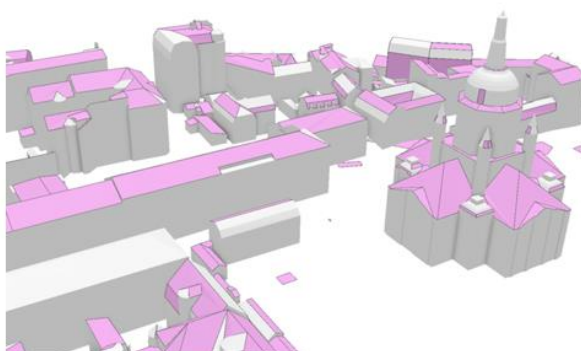
Što je semantički model grada?	4
Objekti u semantičkim modelima	5
Izrada gradskih modela I	6
Izrada gradskih modela II	7
3D grad iz zračnih fotografija I.....	8
3D grad iz zračnih fotografija II.....	9
Primjer Helsinki 3D modela	10
3D grad od laserskog skeniranja I.....	11
3D grad od laserskog skeniranja II.....	12
3D grad od laserskog skeniranja III.....	13
Konačni 3D semantički model	14
Apstrakcija u 3D gradskim modelima	15
Primjeri 3D gradskih modela I	16
Primjeri 3D gradskih modela II	17
Aplikacije koje koriste semantičke 3D modele.....	18
Analiza sunčevog zračenja.....	18
Analiza brzine vjetra	19
Analiza sunca i sjene.....	20
Ostale aplikacije.....	21
Reference	22

Semantički gradski modeli



Što je semantički gradski model?

Model s istaknutim objektima koji predstavljaju stvari iz stvarnog svijeta: kuće, ulice, drveće i ostalo



Gore: od Helsinki3D_Kalasatama_Digital_Twins
<https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d>

Lijevo: semantički grad model Stockholma
Preuzeto sa: [Dataportalen \(stockholm.se\)](https://dataportalen.stockholm.se)

4

Što je semantički gradski model?

U posljednjem predavanju vidjeli smo da se vrlo detaljni grafički 3D gradski modeli mogu automatski proizvesti gustim podudaranjem zračnih slika. U svakom slučaju, ti su mrežni modeli samo „slike”. Oni ne daju nikakve informacije o tome što je zgrada, ili ulica ili stablo, niti koje nekretnine imaju.

Sigurno, čovjek može pogledati model mreže i brojati stabla u određenoj ulici ili broju prozora zgrade od interesa. Ali računalo vidi samo niz trokuta s teksturom pričvršćenom na njih. Zato računalo treba definirati istaknute objekte koji predstavljaju stvari iz stvarnog svijeta: kuće, ulice, drveće i ostalo.

Ti realistični objekti obilježeni su svojim značenjem. Naravno da mogu imati atribute povezane s njima. Pa čak i međudnose s drugim objektima unutar područja.

Ti strukturirani 3D modeli s jasno definiranim realističnim objektima nazivaju semantičkim modelima.

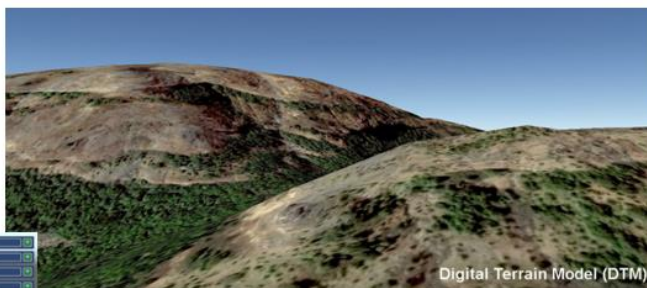
Semantički gradski modeli

Objekti u semantičkim modelima

- Prirodni objekti – digitalni model terena, vegetacija, vodna tijela...



predmeti i vegetacija koje je izradio čovjek; izvor: Bilječki et al (2015) Primjena 3D modela gradova: Pregled stanja umjetnosti



Digital Terrain Model (DTM)

Digital Terrain Model, DTM; izvor: [digitalni teren-model-dtm-1024x569.jpg \(1024x569\) \(pigeonis.in\)](#)

- Umjetni predmeti – kuće, mostovi, ulična oprema...
- Svi objekti mogu imati atribute

5

Objekti u semantičkim modelima

Samo da nas podsjetimo, semantički modeli su digitalni prikazi objekata, njihovih svojstava, kao i interakcija među njima. Predmeti mogu biti i prirodni i ljudski izrađeni.

Prirodni objekti (ili značajke) su npr. digitalni model terena (DTM), vegetacija ili vodna tijela.

Građevine koje je izradio čovjek su kuće, mostovi, ulice i tako dalje, u kombinaciji s manjim objektima poput klupa, kanti za smeće, semafora, svjetiljki i drugih značajki.

Složeni objekti obično se dalje raspadaju. Na primjer, kuća se može razgraditi na dijelove zgrade, a oni opet na krov, zidove ili površine tla.

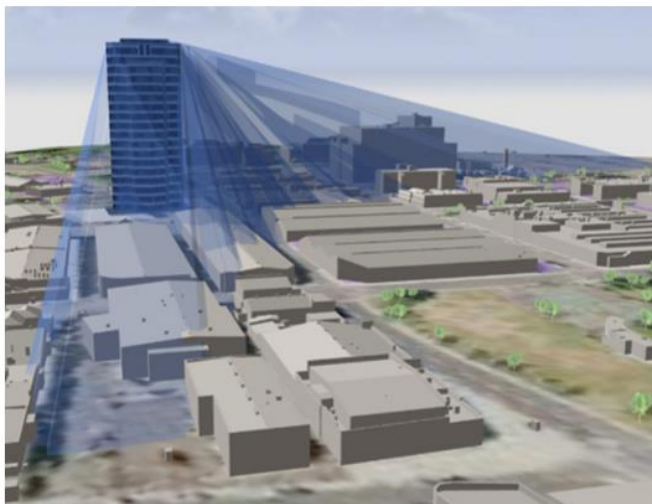
Zidovi mogu sadržavati prozore i vrata. Kao što vidimo, ta je agregacija (razgradnja) hijerarhijska (kao što je zgrada sastavljena od dijelova, koji su sastavljeni od zidova, koji imaju prozore).

Značajke mogu imati atribute na svim razinama agregacije. Ti atributi mogu pružiti sve relevantne informacije, npr. o lokaciji, vizualnom izgledu, tematskim atributima, funkcionalnim aspektima, njihovim međusobnim odnosima, samo da ih nabrojimo.

Semantički gradski modeli

Izrada gradskog modela I

- 3D modeli – nasljednik 2D karata
- Moguće povećanje računalnog kapaciteta
- Svijet je 3D – 3D modeli realniji od 2D modela
- Određene analize nisu moguće u 2D-u, npr. emitiranje iz sjene ili onečišćenje zraka



Analiza sjenovitog lijeva, 3D potrebna za to, iz: Primjena 3D modela gradova: Pregled stanja umjetnosti

6

Izrada gradskog modela I

3D modele gradova možemo vidjeti kao nasljednike tradicionalnih 2D karata.

Napredak od 2D do 3D ovisio je o razvoju i smanjenju cijene tehnika skeniranja, kao i računalnog kapaciteta. Budući da je svijet u 3D tehnologiji, 3D modeli pružaju realističnije informacije o stvarnosti u usporedbi s 2D kartama. Određene analize moguće su samo u 3D prostoru, na primjer analiza iz sjene ili onečišćenja zraka.

Semantički gradski modeli

Izrada gradskih modela II

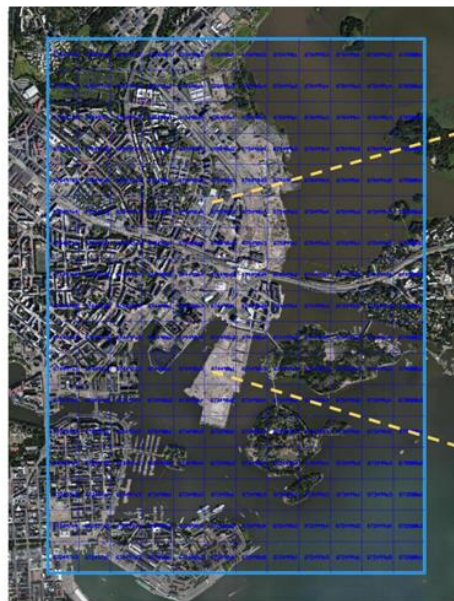
Kombinacija:

- zračne slike (fotogrametrija)
- oblaci s točkama (LiDAR)
- 2D podaci (katastri)

Podaci koje je prikupio specijalizirani softver

Nakon toga slijedi kontrola i ručno podešavanje

Tiling of aerial images in Helsinki city model (Klopiranje zračnih slika u modelu grada Helsinkija), od: Projekt digitalnih blizanaca Kalasatama



Izrada gradskih modela II

Kako nastaju takvi 3D modeli? Općenito, modeli se temelje na zračnim snimkama, točkastim oblacima i 2D podacima, optimalno kombinirajući te tehnike.

Slike se mogu dobiti različitim fotogrametrijskim tehnikama, primjerice točkastim oblacima dobivenima laserskim skeniranjem (LiDAR) i 2D prostornim podacima iz registara i katastra.

Na temelju tih podataka specijalizirani softver može automatski generirati gradske modele. To može ići brzo i to je isplativo. Naravno, ulazni podaci moraju biti dobre kvalitete i pravilno usklađeni.

Očito je da korisnik može definirati postavke izračuna modela. A izlazni modeli mogu se naknadno ručno podesiti, ako je to potrebno za njihovu konačnu primjenu.

Pogledajmo postupak stvaranja malo bliže i s primjerima.

Semantički gradski modeli

3D Grad iz zraka Fotografije I

- 2D slike s različitih gledišta
- Djelomično preklapanje
- Automatski povezati i triangulirati



Vertikalna i kosa zračna fotografija (gore) i obrada u mreži 250x250 metara (desno)
Izvor: Projekt digitalnih blizanaca Kalasatama. Završno izvješće o pilot-projektu KIRA-digi, 2019.



8

3D grad iz zraka fotografijas I

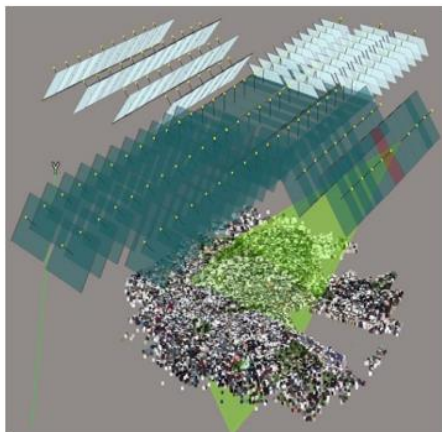
2D slike s različitih gledišta mogu biti dovoljne za dobivanje mrežnog modela.

Izvorni podaci sastoje se od nekoliko djelomično preklapajućih fotografija objekta koji se modelira.

Semantički gradski modeli

3D Grad iz zraka Fotografije II

- Spajanje pronalaženjem zajedničkih značajki u slikama koje se preklapaju (dolje)



- Kontrolne točke na tlu (desno)

Izvor: Projekt digitalnih blizanaca Kalasatama. Završno izvješće o pilot-projektu KIRAdigi, 2019.



3D grad iz zraka fotografije II

Ti se podaci zatim automatski trianguliraju. Zračne slike povezuju se pronalaženjem zajedničkih značajki u njima.

Da bi se 3D model učvrstio u stvarnosti, potrebno je definirati kontrolne točke na tlu i odrediti njihove koordinate X, Y i Z. Te točke tla predstavljaju lako prepoznatljiva mjesta, kao što su cestovni prijelazi. Njihova lokacija mora se odrediti ručno tako da oba pokrivaju i zatvaraju cijelo područje.

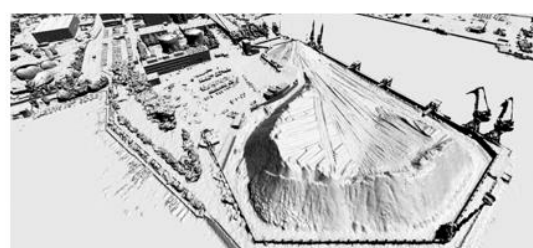
Dobiveni model izgleda vrlo realno, a njegova kvaliteta može se provjeriti vizualnim pregledom ili usporedbom modela s podacima laserskog skeniranja. Primjer helsinškog modela možemo vidjeti na sljedećem slajdu.

Semantički gradski modeli

Primjer helsinškog modela

Tri koraka u stvaranju:

- 1) točkasti oblak iz zračnih slika (u uspravnom položaju)
- 2) mrežasti model bez vidljivih trokuta (desno)
- 3) konačni fotorealistični model (lijevo dolje)



Izvor: Kalasatama DT projekt

10

Primjer helsinškog 3D modela

Na slajdu su prikazana tri koraka u izradi helsinškog mrežnog modela koji se temelji na zračnim snimkama.

Gornja lijeva slika ilustrira prvi korak, tj. točkasti oblak dobiven iz zračnih slika.

Sljedeća slika ispod prve prikazuje model mreže, u ovom slučaju bez vidljivih trokuta.

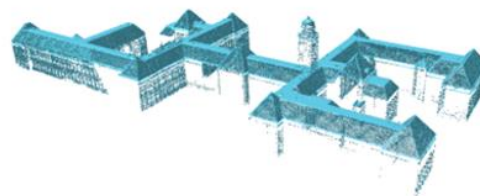
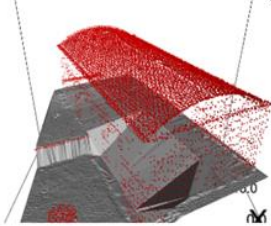
Konačni fotorealistični model, s projiciranim fotografijama iz zraka, prikazan je posljednjom slikom dolje na desnoj strani slajda.

Možemo vidjeti da je model vrlo realan. Međutim, pojedinačni objekti još nisu definirani.

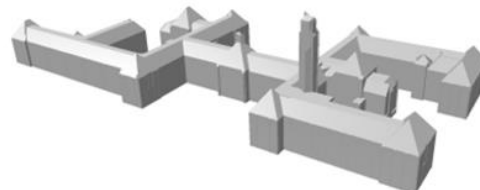
Semantički gradski modeli

3D grad iz laserskog skeniranja I

- Mesh-modeli čak i iz točkastih oblaka (desno (a) točkasti oblak, (b) rekonstruirana zgrada)
- Može biti fotorealistično (dolje)
- Manja područja, više detalja (u usporedbi sa snimkama iz zraka)



(a)





(b)

Izvor: 3D knjiga (lijevo),
<https://www.rock.estate/blog/a-tour-of-3d-point-cloud-processing> (desno)

3D grad iz laserskog skeniranja I

Mesh modeli mogu potjecati čak i iz oblaka točaka iz laserskog skeniranja. Općenito, ova je metoda prikladna za manja područja i može rezultirati detaljnijim modelima u usporedbi s metodom temeljenom na slici.

Moguće je čak i projicirati fotografije na model kako bi bile fotorealistične.

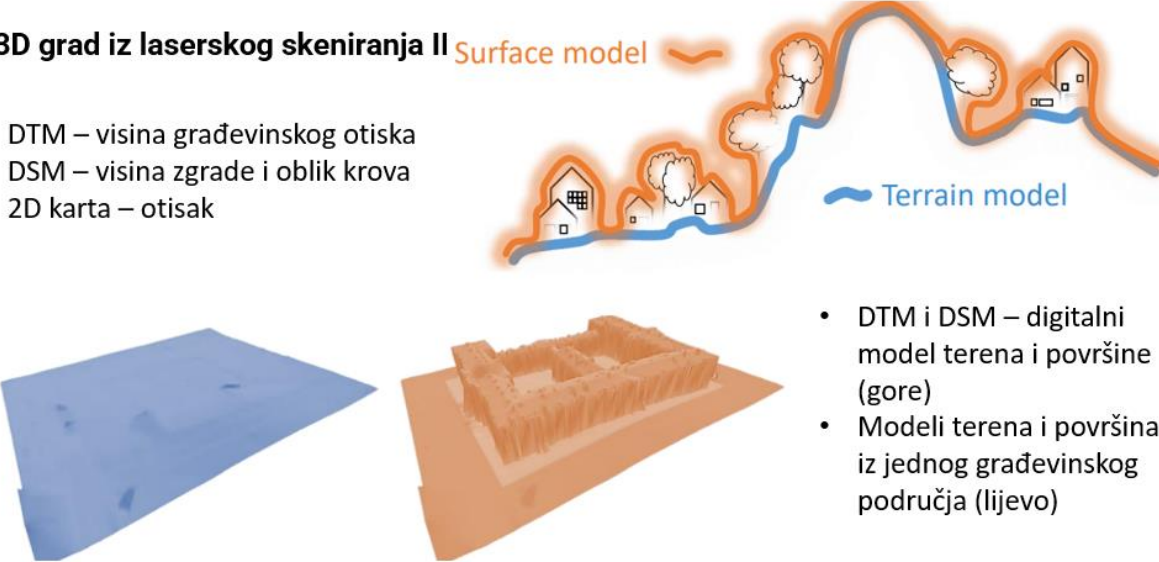
Semantički gradski modeli   Co-funded by the European Union

3D grad iz laserskog skeniranja II

Surface model

DTM – visina građevinskog otiska
DSM – visina zgrade i oblik krova
2D karta – otisak

Terrain model



- DTM i DSM – digitalni model terena i površine (gore)
- Modeli terena i površina iz jednog građevinskog područja (lijevo)

Izvor: Kalasatama DT projekt

12

3D grad iz laserskog skeniranja II

Veliki primjeri točkastih oblaka temeljenih na LiDAR-u su Digital Terrain Model, DTM i digitalni površinski model, DSM. Oni su često slobodno dostupni korisnicima i mogu se koristiti za generiranje gradskih modela iz njih.

Model terena određuje visinu otiska zgrade; model površine identificira visinu i oblik krova, a otisak je dostupan na bilo kojoj 2D karti.

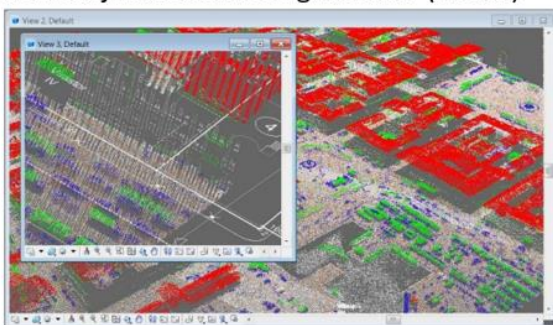
S dostupnom visinom, krovovima i otiscima stopala moguće je identificirati pojedinačne gradske objekte, kao i sastaviti zidove. Čak se i to može obraditi više ili manje automatski.

Semantički gradski modeli

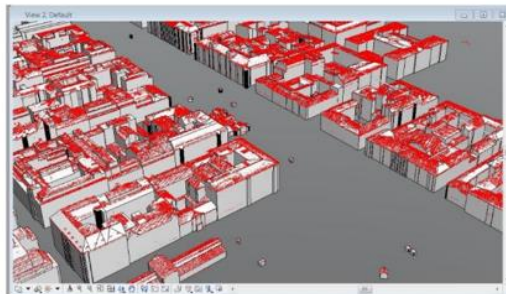
3D grad iz laserskog skeniranja III

Osnovna karta i točkasti oblaci za područje (dolje)
Krovni oblici zgrada iz podataka (desno prema
gore)

Geometrije stvorenih 3D građevina (desno)



Izvor: Kalasatama DT projekt



3D grad iz laserskog skeniranja III

Slike na ovom slajdu pokazuju proces stvaranja i identifikacije objekta, kao što je opisano u prethodnom slajdu.

Primjer područja je opet iz Helsinki 3D modela.

Semantički gradski modeli

Završni 3D semantički model

- Dodavanje semantičkih informacija = atributi
- Dostupno npr. u katastru



Primjeri grafičkog semantičkog modela centra grada Stockholma i stambenog područja

<https://smartstad.stockholm/2020/03/09/over-100-000-byggnader-i-stockholm-som-3d-modeller-i-stadsbyggnadskontorets-nya-databas/>

14

Završni 3D semantički model

Slijedeći korake s prethodnih slajdova, grad-model s pojedinačnim objektima se priprema. Očito, moguće je projicirati zračne fotografije na model kako bi se dobili realni izgledi fasade.

Kako takav model izgleda na kraju se može vidjeti na slajdu, ovaj put kao primjeri iz Stockholma.

Ali da bismo dobili pravi semantički model, također moramo dodati attribute, to jest semantičke informacije. To može biti sve od vlasnika objekta i korištenja do broja osoba koje žive na određenoj adresi. Ova informacija je dostupna u katastru, na primjer, tako da je samo povezati s modelom.

Semantički gradski modeli

Apstrakcija u 3D modelima

- Uklanjanje nepotrebnih dijelova, npr. interijera
- Semantički modeli – visoka razina apstrakcije, jedinstvene identifikacijske oznake
- Mesh modeli – niska razina apstrakcije, manje računalnog prostora, brže stvaranje i čitanje, jeftinije



[Helsinki 3D ?? grad Helsinki](https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d)

<https://www.hel.fi/en/decision-making/information-on-helsinki/maps-and-geospatial-data/helsinki-3d>

15

Apstrakcija u 3D modelima gradova

Vidjeli smo da se 3D modeliranje vrši kroz niz apstrakcija stvarnog svijeta. Neke se informacije gube, ali se nadamo da će preostale informacije na kraju biti strukturirane i smisljene.

Apstrakcija može ukloniti nepotrebne dijelove, takve interijere u gradskom modelu i može raditi na različitim razinama.

Semantički 3D modeli tipični su primjeri visoke razine apstrakcije sa svijetom podijeljenim na diskretne objekte. Svi ti objekti trebali bi imati jedinstvene identifikatore na globalnoj razini, stabilne tijekom cijelog životnog vijeka objekta. To omogućuje praćenje i ažuriranje objekata u različitim aplikacijama.

Mesh modeli temeljeni na triangulaciji predstavljaju nižu razinu apstrakcije, ali su brži i jeftiniji. Kao što je objašnjeno, to može biti prvi korak 3D-modeliranja, nakon čega kasnije može uslijediti semantička razgradnja.

Općenito, prva generacija gradskih modela temeljila se na mrežicama. Danas neki gradovi nadograđuju svoje modele u semantičke koji bi mogli poslužiti kao osnova za digitalnog blizanca. Naravno, što je više gradski model obogaćen informacijama, to njegov digitalni bliznac postaje funkcionalniji i korisniji.

U ovom modulu tečaja postoji specijalizirani tečaj Digital Twin (3D GIS).

Semantički gradski modeli

Primjeri 3D gradskih modela I

- Semantički modeli - uglavnom javni sektor
- Visokografski modeli – često komercijalni, Open Street Map
- Slobodni model – Berlin 2015.



[VisualizationBerlin – baza podataka 3DCityDB](#)

16

Primjeri 3D gradskih modela I

Da nas podsjetimo, 3D modeli gradova mogu se smatrati nasljednicima tradicionalnih 2D digitalnih karata. Taj je napredak bio moguć zahvaljujući povećanju računalne snage i snage pohrane jer 3D model sadržava znatno veće količine podataka u usporedbi s 2D kartama.

Većinu semantičkih modela gradova stvaraju i održavaju odjeli za kartiranje na općinskoj razini.

U svakom slučaju, 3D modele gradova proizvode i komercijalne tvrtke, kao i inicijative poput projekta Open Street Map. Međutim, one su često grafičke, a ne semantičke.

Prvi slobodno dostupan model grada bio je onaj Berlina, objavljen 2015. godine. Automatski je generiran iz 2D katastarskih i zračnih laserskih podataka, s teksturama automatski ekstrahiranim iz zračnih slika, kao što smo objasnili gore.

Semantički gradski modeli

  Co-funded by the European Union

**Primjeri
3D modeli gradova II**

Mnogi gradovi nude 3D modele za pregledavanje

Sami podaci obično nisu besplatni za preuzimanje

Iznimke:
[Gradovi/regije diljem svijeta s otvorenim skupovima podataka \(tudelft.nl\)](#)



Semantički model Zagreba, Hrvatska

[ZG3D: 3D model Grada Zagreba \(gdi.net\)](#)

17

Primjeri 3D modela gradova II

Spomenuti Berlinski model je otvoren. Slično tome, postoje i drugi modeli različitih gradova iz mnogih zemalja. Za popis njih pogledajte popis koji je dostavilo Tehničko sveučilište Delft:

[Gradovi/regije diljem svijeta s otvorenim skupovima podataka \(tudelft.nl\)](#)

Ovi otvoreni modeli su u različitim formatima, ali samo manji dio njih je semantički.

Većina gradova danas izrađuje svoje 3D modele. Međutim, ne pružaju ih besplatno ili barem ne u višem LoD-u (npr. LoD1 može biti otvoreni podatak, ali LoD2 ga mora platiti).

Švedski primjeri naprednih semantičkih modela su oni iz Stockholma i Göteborga.

[Štokholmski 3D](#)

[Digitalni vrtlog - Göteborgs Stad \(goteborg.se\)](#)

Slika na slajdu ilustrira semantički LoD2 model Zagreba, Hrvatska.

[ZG3D: 3D model Grada Zagreba \(gdi.net\)](#)



Aplikacije koje koriste semantičke 3D modele

Postoji mnogo mogućnosti kako koristiti 3D gradske modele.

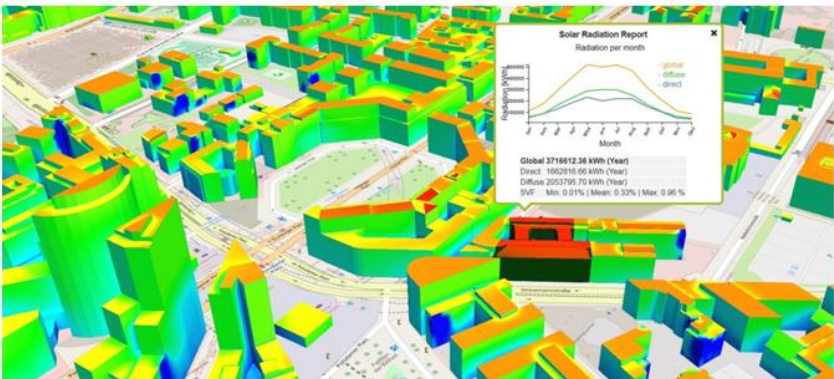
Prva je vizualizacija postojećih zgrada i planiranih zgrada. To je prikazano na slici na slajdu, na kojoj je prikazana novoplanirana četvrt u Helsinkiju. To je, naravno, vrlo korisno u gradskom razvoju.

No, može se dobiti mnogo više informacija iz semantičkih modela, jer se svi gradski objekti mogu obogatiti tematskim podacima. Moguće je postaviti upit, na primjer: „Koliko je rasvjetnih stupova na ulici” ili „Koliko je prozora kuće usmjereno na trg” ili „Koliko zgrada troši više energije od 100 kWh/m2godišnje”. Upiti mogu biti složeni koliko to dopuštaju semantičke informacije i granica određivanja.

Također se mogu provesti različite analize i simulacije, kao i testirati različiti razvojni scenariji na taj način. Rezultati takvih analiza mogu čak pružiti nove semantičke informacije. Mnoge analize već se koriste u praksi, čak i ako definitivno ne u svim gradovima.

Semantički gradski modeli

Analiza sunčevog zračenja



Mogućnost mnogih izračuna:

- Proizvodnja solarne energije
- Najbolji krovovi za solarne ćelije
- % potrošnje kućanstava pokriven solarnom energijom
- Novac potrošen na struju

[3d-stadtmodell_solarpotenzialanalyse-aspect-ratio-20-9-3.jpg \(2310x1040\) \(vc.sustavi\)](#)

18



Analiza sunčevog zračenja

Razmotrit ćemo neke konkretne primjere primjene.

Slika na slajdu prikazuje procijenjeno sunčevo zračenje na krovovima i fasadama u njemačkom gradu. Iz tog broja moguće je izračunati koliko se solarne energije može proizvesti na tom području ili koji su krovovi najprikladniji za postavljanje solarnih ćelija.

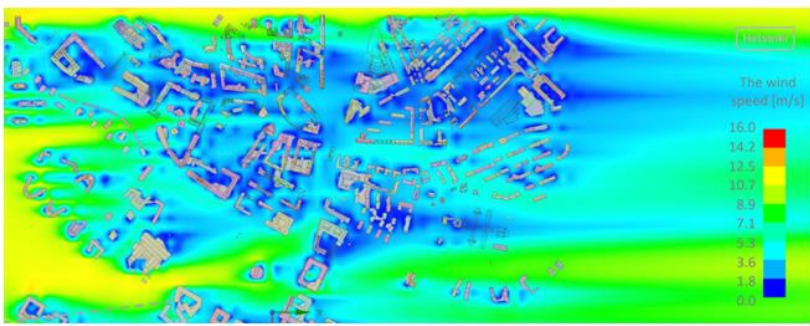
Bismo li znali koliko električne energije kuće troše, bismo li mogli računati postotak potrošnje pokriven solarnim ćelijama ili čak koliko novca kućanstvo može godišnje uštedjeti na računima za struju. Ili ako kuća može postati zgrada neto nulte energije, bez i s poboljšanjem parametara toplinske izolacije.

Kao što vidimo, analize mogu biti vrlo složene ako model pruža relevantne semantičke informacije.

Semantički gradski modeli Co-funded by the European Union

Analiza Brzina vjetra

- Usporavanje brzine vjetra u novoplaniranom susjedstvu
- Procjena toplinske udobnosti tijekom vrućih ljeta
- Širenje onečišćenja zraka



Poticanje intenziteta vjetra na razini ulice u Helsinkiju
Vjetar puše s lijeve strane slike za 15 m/s
Izvor: Kalasatama DT projekt

19

Analiza brzine vjetra

Sljedećim primjerima primjene vraćamo se u Helsinki, u novoplaniranu četvrt Kalasatama.

Slika pokazuje kako bi planirane zgrade usporile snažan vjetar s mora i kako bi pješačka utjeha bila.

Slično sunčevom zračenju, brzina i smjer vjetrova mogu pružiti podatke za brojne druge analize. Na primjer, može se računati toplinska udobnost i učinak hlađenja vjetra u gradovima tijekom najtoplijih dana, što je važno u gradovima s povećanjem maksimalnih temperatura i smrtonosnim toplinskim valovima.

Brzina i smjer vjetra također su ključni za simulaciju onečišćenja zraka i onečišćenja bukom, kako je propisano europskim direktivama o buci i kvaliteti zraka. (Više o tome u trećem dijelu ovog tečaja).

Semantički gradski modeli Co-funded by the European Union

Sunčeva svjetlost i sjena analiza

- Planiranje grada

September 21st at 16:00



September 21st



Solar hours

12.0<
10.8
9.6
8.4
7.2
6.0
4.8
3.6
2.4
1.2
<0.0

- Sunčeva svjetlost (gore) i sjena planiranih zgrada (lijevo) u jesenskoj ravnodnevnic
- Slični izračuni za bilo koje doba godine
- Ispitivanje projektiranja i položaja zgrade

Izvor: Kalasatama DT projekt

20

Analiza sunčeve svjetlosti i sjene

Sljedeći primjer je opet iz četvrti Helsinki Kalasatama.

Slike vizualiziraju rezultate analize sunčeve svjetlosti i kako će sjene novoplaniranih kuća ležati u jesenskoj ravnodnevnic.

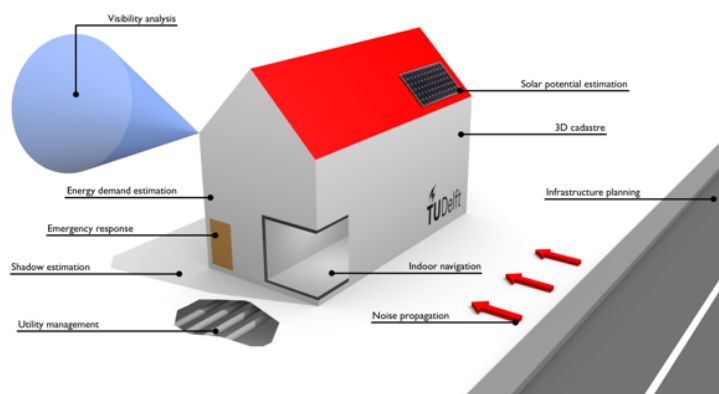
Naravno, takva se analiza može računati za bilo koje doba godine. Otkriva koja dvorišta i ulice imaju vrlo malo ili nimalo sunca u različitim godišnjim dobima.

Moguće je testirati različite scenarije rasporeda i dizajna zgrade, kako bi se odabrala najprikladnija varijanta.

Semantički gradski modeli

Ostale primjene

- Obilne kiše i poplave
- Digitalni blizanci, pametni gradovi
- Temeljna kvaliteta i usklađivanje podataka
- Biljecki u Al. (2015):
Primjena 3D modela
gradova: Pregled stanja
umjetnosti



[Primjene 3D gradskih modela ?? CityJSON](#)

21

Ostale primjene

Druga važna primjena u urbanističkom planiranju je analiza poplava, gdje se mogu testirati različiti scenariji obilnih kiša i vidjeti hoće li lokalitet postati poplavljen ili ne. To je sve važnije jer će ekstremni vremenski događaji biti sve češći.

Zatim, tu su i koncepti digitalnih blizanaca i pametnih gradova. Ideja je da bi različiti senzori prikupljali informacije u stvarnom vremenu i pružali trenutne povratne informacije o funkcijama grada. Može uključivati sve, od regulacije prometnih gužvi i onečišćenja zraka do pametnih kanti za smeće, tražeći da ih se isprazni kad se napune.

Ostale aplikacije su još uvijek u početku, kao što su korištenje modela za navigaciju i obuku autonomnih automobila ili korištenje VR-googlesa kako bi se osigurala virtualna šetnja kroz novo planirani razvoj.

Naravno, postoje i mnoge druge primjene. U preglednom radu iz 2015. opisano ih je više od 100.

[Primjene 3D gradskih modela ?? CityJSON](#)

Bez obzira na primjenu koja će se pokrenuti, važno je znati da je pripremni rad od temeljne važnosti. Ako su informacije u modelu strukturane na dosljedan način i uključuju aspekt koji je stvarno potreban za primjenu, sama simulacija može automatski pokrenuti više ili manje.

Upućivanja

Projekt digitalnih blizanaca Kalasatama. Završno izvješće o pilot-projektu KIRA-digi, 2019.

Biljecki u Al. (2015): Primjena 3D modela gradova: Pregled stanja umjetnosti, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2015., 4, 2842-2889; doi:10.3390/ijgi4042842

Ken Arroyo Ohori, Hugo Ledoux i Ravi Peters (2020.–2022.): 3D modeliranje izgrađenog okoliša, dostupno na: [Izdanja · tudelft3d / 3dbook \(github.com\)](#)