

CityGML

Mladen Kolarek*

SAŽETAK. Razvojem geoinformatike i geografsko-informacijskih sustava, sve je veći broj proizvoda u digitalnoj formi podataka koji opisuju karakteristike terena i objekata koji se na njemu nalaze. Ti podaci su u potpunosti modelirani na različitim modelima podataka i osim prostorne povezanosti, ne sadrže nikakvu drugu vezu. Kako su teren i objekti na njemu u stvarnosti vrlo povezani, ne samo položajno već i svojim odnosima u topološkom i semantičkom smislu, pokazalo se potrebnim izraditi novi model podataka koji će zajednički opisivati sve objekte koje pronalazimo u prostoru te njihove međusobne odnose. Ovim radom su prikazane osnovne značajke novog modela podataka koji će u budućnosti odigrati važnu ulogu u načinu strukturiranja i pohranjivanja prostornih podataka te stvara osnovu za praktičnu primjenu univerzalnog modela geoprostornih podataka.

KLJUČNE RIJEČI: model podataka, XML, GML, 3D, LOD.

1. Uvod

U nekoliko posljednjih godina, kako u svijetu, tako i kod nas sve veći broj gradskih uprava i tvrtki nastoji izgraditi određene sustave pohrane, evidencije i vizualizacije objekata urbanih sredina. Do sada je izgradnja takvih sustava završavala ostvarivanjem dva odvojena cilja. Izgradnjom klasične baze podataka objekata, koji su sastavni dio urbanih sredina, te izradom različitih prezentacija i vizualizacija 3D objekata. Prezentacija se često pojavljivala kao neposredna grafička vizualizacija objekata i okoline u obliku: izrade perspektivnih slikovnih prikaza, izrade različitih animacija s unaprijed utvrđenim putem kretanja korisnika te izgradnjom manjih interaktivnih 3D modela u kojima je sam korisnik preuzeo ulogu istraživača (npr. GoogleEarth). Izgradnja baze podataka objekata nekako je ostala u drugom planu i ograničavala se upotrebom klasičnog, 2D modela podataka povezanog s raznim atributima koji opisuju same objekte.

Zajednički prikaz terena i svih 3D objekata koji se nalaze u urbanim sredinama i njihovih atributa do sada nije bio moguć upravo zbog nepostojanja zajedničkog

modela podataka kojim bi se ti podaci opisivali. Posljednji pokušaji u smjeru praktičnog rješavanja te tematike vode ka GoogleEarth-u, općeprilvačenom programu za prikaz geoprostornih podataka, u kojem se sve više pojavljuju 3D modeli objekata u gradovima, pa čak i modeli cijelih gradova. Neki od tih objekata imaju poveznicu (eng. hyperlink) do manjeg opisa objekta ili njegove stvarne slike.

Do sada su podaci 3D modela objekata bili čisto grafički ili geometrijski model podataka ne uzimajući u obzir nikakav semantički ili topološki aspekt podataka. Shodno tome, ti podaci su se mogli koristiti samo za vizualizaciju ili izradu ograničenog fizikalnog modela urbanih sredina, no nije bilo moguće postavljati nikakve prostorne upite, analizirati podatke ili koristiti naprednu prostornu analizu (eng. spatial data mining). Također, vrlo se često postavljalo pitanje raznolikosti namjene (eng. reusability) takovih podataka jer prikupljanje, izrada i održavanje 3D podataka objekata samo za jednu namjenu premašuje korist koja se od njih dobije. To se pokazalo kao velika kočnica razvoja geografsko-informacijskih sustava u 3D smjeru.

U današnje vrijeme pokazalo se po-

trebnim izraditi takav model podataka koji će u potpunosti i zajednički opisivati sve objekte koje pronalazimo u urbanim sredinama, sadržavati svu potrebnu 3D geometriju objekata potrebnu za izgradnju stvarnog fizikalnog 3D modela, koji će biti standardiziran i omogućavati ažuriranje i razmjenu podataka između različitih aplikacija, te davati semantički i topološki aspekt objektima.



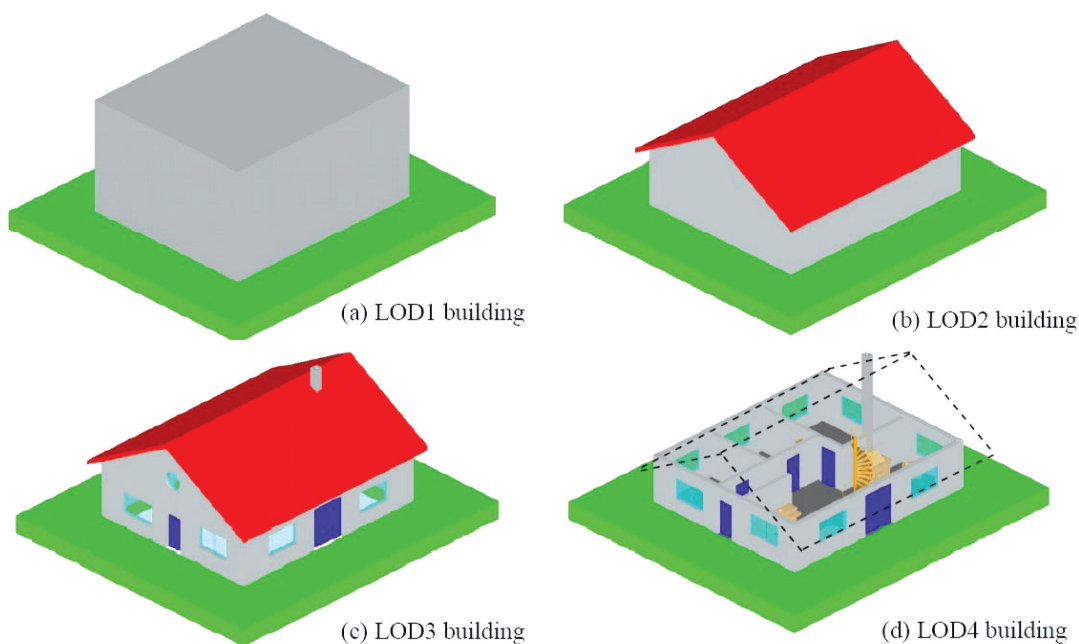
Slika 1. Službeni logo (URL 1)

2. Općenito o CityGML-u

Po svojoj definiciji, City Geography Markup Language (CityGML) (slika 1) je semantički model podataka koji služi za prezentaciju terena i 3D objekata u urbanim sredinama te u kojem je moguća razmjena podataka između različitih aplikacija, bez gubitaka kvalitete i kvantitete.

Potonja osobina je vrlo važna sa stajališta povećanja raznolikosti namjene po-

* Mladen Kolarek, ing. geod., Hribarov prilaz 4, 10000 Zagreb, e-mail: mladen.kolarek@zg.t-com.hr



Slika 2. Prikaz razina detaljnosti objekata (URL 1; Research Center Karlsruhe).

dataka, odnosno povećanja broja korisnika istog seta podataka, što pridonosi smanjenju troškova izrade i održavanja podataka.

CityGML je dizajniran kao otvoreni model podataka baziran na XML shemi. Implementiran je kao dio GML3 (eng. Geography Markup Language version 3.1.1) standarda, poznatog od prije i opće prihvaćenog standarda za opisivanje geoprostornih podataka. Razvoj CityGML modela započeo je 2002. godine od strane SIG 3D grupe (eng. Special Interest Group 3D). SIG 3D grupa okuplja više od 70 tvrtki, uprava i instituta iz Njemačke, Švicarske, Velike Britanije i Austrije koje koordinirano rade na razvoju i komercijalnoj upotrebi 3D modela podataka i njegovoj vizualizaciji. U kolovozu 2008. godine, Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) je prihvatio CityGML model podataka (u verziji 1.0.0.) kao službeni OGC standard. Time je potvrdio njegovu važnost i potrebu, te otvorio put snažnom razvoju 3D geoprostornih podataka.

3. Svojstva CityGML modela podataka

CityGML sadrži kompleksne i georeferencirane tipove 3D geometrije zajedno povezane sa semantikom. Za razliku od ostalih modela geoprostornih podataka, CityGML se bazira na otvorenom, bogatom i opširnom informatičkom modelu podataka, što mu daje mogućnost upotrebe u različitim aplikacijama i za različite namjene (eng. reusability).

Osnovna svojstva CityGML modela su:

- Geoprostorni model podataka na-

mijenjen za prezentaciju urbanih sredina (ISO191xx),

- Koristi GML3 model za prezentaciju 3D geometrije objekata (ISO19107),

- Omogućena je prezentacija svojstva površine objekata (materijali i teksture),

- Omogućena je modularnost, koja je opcionalna i se sastoji od:

- Digitalnog modela terena,
- 3D objekata (za sada zgrade; mostovi i tuneli u budućem razvoju modela),

- Vegetacije,

- Vodnih površina,

- Prometnica i pomoćnih objekata transporta,

- Upotrebe zemljišta,

- Standardnih objekata u urbanim sredinama (eng. city furniture),

- Ostalih objekata i pripadajućih atributa u urbanim sredinama,

- Korisničkog definiranja grupa objekata (npr. općine, naselja,...).

- Mogućnost prikaza 3D objekata u 5 jasno definiranih i hijerarhijski spojenih razina detaljnosti – LOD (eng. Level of Details) (slika 2)

- LOD 0 – prikaz digitalnog modela terena,

- LOD 1 – prikaz osnovnih oblika objekata, tzv. box model,

- LOD 2 – prikaz objekata sa tekstura i detaljnom strukturom krova,

- LOD 3 – detaljan prikaz vanjske arhitekture objekata sa detaljnom strukturom krova,

- LOD 4 – detaljan prikaz unutrašnjosti objekta.

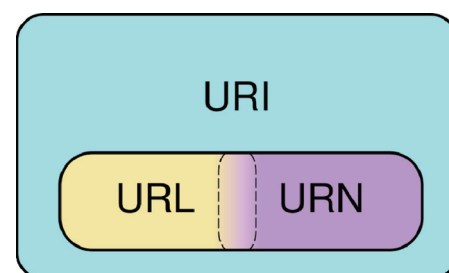
- Mogućnost istovremenog prikaza objekata različite razine detaljnosti,

- Topološka povezanost između objekata,

- Mogućnost daljnjeg proširenja modela podataka pomoću Application Domain Extension (ADE).

Modularnost u modelu podataka omogućava da se određeni podaci uključe odnosno izostave iz određenog seta podataka. Tako se može, npr., definirati samo digitalni model terena bez ostalih objekata za razne aplikacije koje analiziraju samo visinske karakteristike terena. Ili se set podataka može naknadno dopunjavati s ostalim objektima (zgrade, prometnice, vodne površine,...) uz postupno povećanje funkcionalnosti. Tako za primjer, jedan set podataka može sadržavati samo podatke digitalnog modela terena i vodnih površina za simulaciju ugroženosti visokim vodostajem. Ukoliko se istom setu podataka naknadno pridodaju 3D objekti i prometnice, može se simulirati ugroženost objekata i naselja odnosno dostupnost prometnica te izraditi plan reakcije mjerodavnih službi u kriznim situacijama.

Razina detaljnosti prikaza objekta (LOD) kreće od najjednostavnijeg prikaza objekta, npr. box model za prikaz kuća ili zgrada (LOD1) i postupno se povećava dodavanjem tekstura objekta i strukture krova



Slika 3. Shematski prikaz URI (URL 2)



Slika 4. Površina zatvaranja (URL 1; IGG Uni Bonn)

Slika 5. Linija spoja terena i objekta (URL 1; IGG Uni Bonn)

(LOD2), dodavanjem vanjske arhitekture objekta (LOD3) te, na kraju, i modeliranjem unutrašnjosti objekta (LOD4). Važno je napomenuti da su sve više razine nasljedne na osnovnu razinu detaljnosti odnosno da je tekstura objekta i struktura krova definirana u razini LOD2, nastavna na box model definiran u razini LOD1 i nastavno prema višim razinama. To omogućuje jedinstven prikaz svih objekata bez obzira do koje su razine izvorno modelirani. Također, u ovisnosti o namjeni, isti set podataka može se koristiti u npr. analizama zagađenosti bukom, gdje će biti dovoljna razina LOD1 ili u prilično vjernim vizualizacijama gdje je dovoljna razina LOD2 ili LOD3. Naravno, potomje je moguće ukoliko je isti set podataka modeliran do više razine.

Uz prostorna svojstva, objekti mogu imati ostale opisne podatke (attribute) u vanjskim modelima podataka koji se referiraju na same objekte. Ta modularnost

omogućava slobodu u definiranju i količini opisnih podataka objekata odnosno povezivanje različitih udaljenih baza podataka sa CityGML modelom. Tako npr., ako se analizom ugroženosti objekata od poplava dobije skup objekata koji će biti pogodni pri određenom vodostaju, povezivanjem sa vanjskom bazom posjednika tih objekata (katastar), isti mogu biti pravovremeno obaviješteni i evakuirani.

Povezivanje između 3D objekata opisanih u CityGML modelu podataka izvršava se pomoću jedinstvenog identifikatora (eng. Uniform Resource Identifier – URI) (slika 3). URI je spoj dva poznata identifikatora URL (eng. Uniform Resource Locator) i URN (eng. Uniform Resource Name) (URL 2), odnosno URL daje lokaciju gdje se podatak nalazi, a URN jedinstveni identifikator na toj lokaciji.

Uvođenjem URI identifikatora omogućeno je različitim vanjskim modelima

podataka odnosno baza podataka različito identificiranje istog objekta, što dodatno omogućava veću slobodu prilikom povezivanja različitih setova podataka (URL 2).

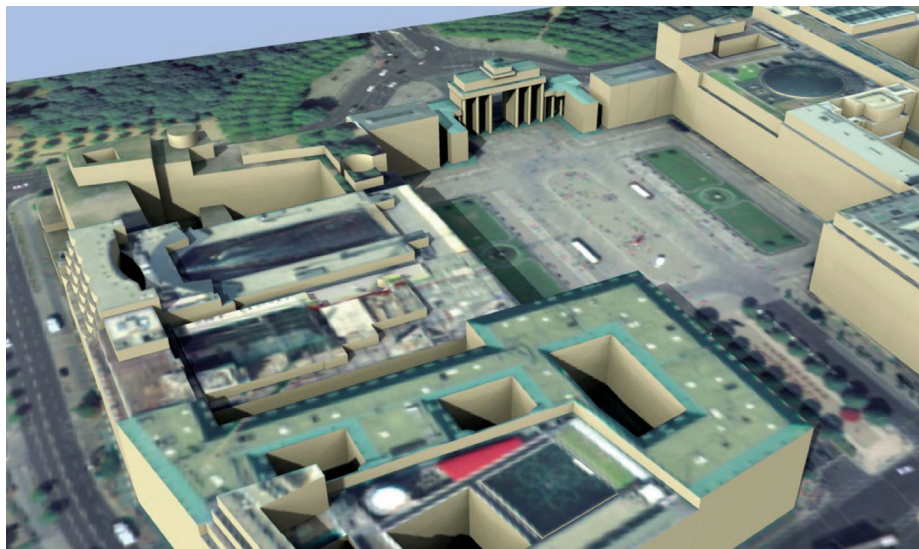
CityGML model podataka uvodi i dvije nove vrste geometrije: površine zatvaranja (eng. Closure Surfaces) (slika 4) i linija spoja terena i objekata (eng. TIC – Terrain Intersection Curve) (slika 5).

Objekti koji nisu modelirani kao geometrija volumena (npr. avionski hangari, pješački pothodnici ili tuneli), moraju biti virtualno zatvoreni kako bi se izračunao njihov volumen ili radile prostorne analize. Virtualno zatvaranje objekata vrši se pomoću tzv. površina zatvaranja koje će u nekim slučajevima zatvoriti objekte, dok u drugim (npr. vizualizacija) ostaviti objekte otvorenima.

Prilikom modeliranja objekata i terena često se događa slučaj da objekti »lete« iznad terena ili »potonu« u teren. Ti slučaji

Tablica 1. Definiranje parametara točnosti modeliranih objekata

	LOD0	LOD1	LOD2	LOD3	LOD4
Obim podataka	veća područja	regije i gradovi	dijelovi gradova, područja zadatka	pojedinačni modeli	pojedinačni modeli
Apsolutna točnost (XY/Z)	<LOD1	5m/5m	2m/2m	0.5m/0.5m	0.2m/0.2m
Stupanj generalizacije	maksimalni stupanj generalizacije	blokovi generaliziranih objekata >6x6m/3m	pojedinačni generalizirani objekti >4x4m/2m	pojedinačni generalizirani objekti > 2x2m/1m	modelirani konstruktivni elementi objekta
Struktura krova	-	ravni krov	standardni tipovi krova i orijentacija	stvarna struktura krova	stvarna struktura krova
Standardni objekti u urbanim sredinama	-	samo važni objekti	standardni objekti	stvarni objekti	modelirani stvarni objekti
Vegetacija	-	važni veći objekti	standardni objekti viši od 6m	standardni objekti viši od 2m	modelirani stvarni objekti
Upotreba zemljišta	-	>50x50m	>5x5m	<LOD2	<LOD2



Slika 6. Vizualizacija podataka iz CityGML modela, zgrada senata u Berlinu (URL 1; Hasso-Plattner-Institute)



Slika 7. Vizualizacija podataka iz CityGML modela, Grad Berlin (Capstick 2008)

jevi više dolaze do izražaja kada se kombiniraju različite točnosti objekata iz različitih razina detaljnosti (tablica 1), te kada se kombiniraju modelirani objekti iz različitih izvornika. Linije spoja terena i objekata definiraju točan spoj bez obzira na geometrijski presjek objekta i terena. Na tim mjestima se korigira digitalni model terena tako da u potpunosti i na pravom mjestu dodiruje liniju spoja odnosno sami objekt. Također, ova osobina ima i još jednu namjenu. Omogućava teksturama digitalnog modela terena ispravan položaj u odnosu na objekt što za rezultat ima vjernu vizualizaciju.

Osim opisanih svojstava CityGML modela podataka, prihvaćeni standard definira pretpostavljen obim podataka, stupanj generalizacije te prostornu točnost podataka s obzirom na razinu detaljnosti. U praksi se vrlo često postavlja pitanje uporabne vri-

jednosti modeliranog 3D objekta, odnosno po kojim kriterijima i tko može određeni modelirani 3D objekt proglasiti upotrebljivim za određenu namjenu. Usvojeni CityGML standard postavlja osnovne parametre za vrednovanje modeliranih 3D objekata u ovisnosti o razini detaljnosti. U tablici 1 su prikazani neki od definiranih parametara.

4. Zaključak

Uz nabrojana svojstva, postoje još mnoga druga svojstva koja su definirana u CityGML modelu podataka zbog kojih on postaje osnova za način strukturiranja i pohranjivanja 3D podataka urbanih sredina te univerzalan model opisivanja prostornih podataka. Slobodno povezivanje objekata opisanih unutar modela s vanjskim poda-

cima, modularnost podataka kao opcija, svojstva vizualizacije opisane u samom modelu, skalabilnost i generalizacija podataka te slobodno proširenje samog modela, omogućiti će CityGML-u široku primjenu u mnogim područjima ljudske djelatnosti te među raznim aplikacijama.

Poznato je da su već razvijene razne aplikacije, posebno u telekomunikacijskoj industriji, koje na osnovi 3D modela objekata zgrada i digitalnog modela terena, analiziraju fizikalno prostiranje signala u urbanim sredinama omogućavajući pronalaznje slabih točaka i optimizaciju sustava. Osim te primjene, CityGML bio bi vrlo koristan u: prostornom planiranju, upravljanju u kriznim situacijama, nacionalnoj sigurnosti, 3D katastru, turizmu, upravljanju prometom, upravljanju nekretninama te za razne druge simulacije i analize u prostoru.

Za sada postoji vrlo ograničeni broj aplikacija koje koriste CityGML model podataka i uglavnom se nalaze unutar znanstvene zajednice.

Broj komercijalnih aplikacija koje koriste CityGML svakim danom je sve veći i za sada su to:

- Autodesk LandXplorer, aplikacija za vizualizaciju izvorno razvijena od strane 3Dgeo.de tvrtke koja je nedavno pridružena Autodesk grupi (URL 3),
- SafeSoftware FME, mogućnost manipulacije podacima iz CityGML modela podataka (URL 4),
- ESRI ArcGIS 9.3 Interoperability Extension, dodatak za konverziju podataka između različitih modela (URL 5),
- Snowflake software GO Loader, GO Publisher, set alata za unos i održavanje CityGML podataka (URL 6).

Literatura

- Capstick, D. (2008): CityGML and 3D modeling, Ordnance Survey, PPT prezentacija.
- Open Geospatial Consortium Inc. (2008): OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard.
- URL 1: Exchange and Storage of Virtual 3D City Models, <http://www.citygml.org/>, (16.12.2008.).
- URL 2: Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Uniform_Resource_Identifier, (16.12.2008.).
- URL 3: Autodesk, <http://3dgeo.de/>, (16.12.2008.).
- URL 4: Safe Software, <http://www.safe.com/>, (17.12.2008.).
- URL 5: ESRI, <http://www.esri.com/>, (17.12.2008.).
- URL 6: Loader Snowflake Software, <http://www.snowflakesoftware.co.uk/products/goloader/>, (17.12.2008.).