

ВИЗУЕЛИЗАЦИЈА ФОТОРЕАЛИСТИЧНИХ ГРАДСКИХ МОДЕЛА**VISUALIZATION OF PHOTOREALISTIC CITY MODELS**Александар Андрејевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ГЕОДЕЗИЈА И ГЕОМАТИКА**

Кратак садржај – 3D геоинформације постају важне за градове и њихове политике. Градови зато истражују могућност 3D виртуелних градских модела ради ефикаснијег доношења одлука. Да би максимизирали економску корист од таквих података, градови могу пружити своје 3D геопросторне податке за даље кориштење и на тај начин се могу креирати нове апликације. Овај рад предлаже једно такво апликативно решење.

Кључне речи: 3D модели градова, CityGML, Ниво детаља

Abstract – The 3D geoinformation is becoming important for cities and their policies. The cities are therefore exploring the possibilities of 3D virtual city models for more efficient decision making. To maximize the economic benefit of such data, the cities can provide their 3D geospatial data for further usage, and so, new applications can be created. This paper proposes one such application solution.

Keywords: 3D city model, CityGML, Level of details

1. УВОД

Географске информације су основа за доношење различитих одлука на локалном, регионалном и глобалном нивоу. Наиме, привредни развој, унапређење животне средине, сагледавање последица поплава, коришћење вода и слично, само су неке од области у којима се доношење одлука заснива на подацима о простору. Притом, геоинформационе технологије (ГИС) омогућавају ефикасније доношење одлука и управљање, заједно са просторном инфраструктуром података која се односи на стандардан приступ и коришћење потребних информација.

Географске информације су, међутим, још увек у великој мери представљене у дводимензионалном простору (2D). Ове 2D геоинформације су доступне у великим количинама, у различитим типовима, док покривају многе домене апликације [1].

Последњих година потреба за 3D информацијама се знатно повећава, јер је 2D ГИС показао своја ограничења у неким апликацијама, као што су: предвиђање буке, управљање воденим површинама, моделовање поплава и загађење ваздуха.

Дакле, резултате је неопходно анализирати и визуелизовати директно на самом објекту. Остале научне дисциплине које могу имати користи од 3D геоинформација су: 3D урбанистичко планирање и анализа тржишних некретнина, мониторинг животне средине, телекомуникације или јавне спасилачке службе [1] [3].

Ласерско скенирање и фотограмetriја створиле су нове могућности за снимање и моделовање људског окружења у три димензије. Ове релативно нове сензорске технологије, међутим, захватају само геометрију.

Интеграција ових података у ГИС захтева додатне семантичке информације. Семантичке информације, у оквиру овог истраживања, су информације о томе шта површина представља у стварном свету. На пример, површина са приложеним информацијама представља зид, терен или кровну површину. Другим речима, 3D градски модели без ових података не подржавају већину 3D ГИС апликација, јер није могуће идентификовати површине које су од интереса, на пример, кровне површине за процену сунчевог зрачења или зидови за израчунавање укупне површине фасаде [2].

Циљ овог рада је да се истакне потреба за иновативним решењима везаним за урбано окружење, пре свега заснованим на употреби 3D градских модела.

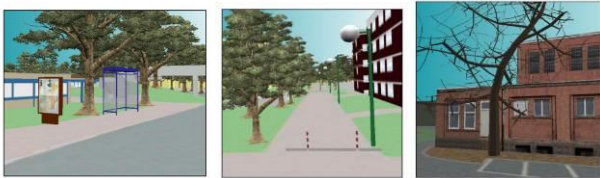
2. 3D МОДЕЛИ ГРАДОВА

Градови су сложени системи састављени од физичких елеманата међусобно повезаних у разрађене просторне односе, а сложеност се повећава како се облик и структура мењају и развијају. Да бисмо покушали да разумемо динамику и процесе који обликују наше градове, морамо кохерентно правити моделе у складу са динамичном и сложеном природом градова, али и модели треба да остану довољно разумљиви и једноставни да би били оперативно корисни.

3D модели градова су дигитални модели градских подручја који приказују површ терена, зграде, вегетацију, инфраструктуру и пејзажне елементе укључујући и објекте који припадају градском подручју. Ови модели градови обично се састоје од дигиталних модела терена, модела зграда, модела уличног простора и зелених површина. Модели служе као платформе на којима се могу интегрисати 2D и 3D подаци, као и геореференцирани тематски подаци [4]. На слици 1. приказан је пример 3D модела града.

НАПОМЕНА:

Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Мирко Говедарица, ред. проф.



Слика 1. Пример 3D модела града [8]

Kolbe (2009) [5] у свом чланку спомиње да семантички модели захтевају додатни рад у поређењу са „нормалним“ моделима.

Због тога треба имати на уму да са економског становишта ове моделе има смисла градити само ако су корисници у стању да извуку нешто ново из њих или ако исте податке могу користити различити корисници у оквиру више апликација.

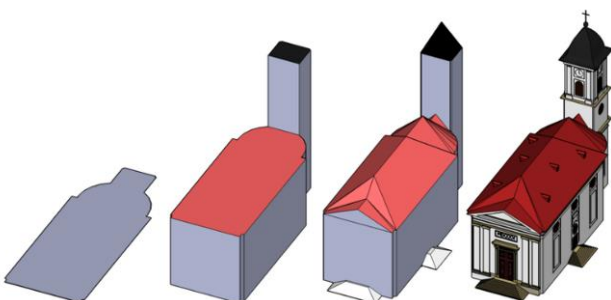
3D модели градова полако постају урбана средства способна за прикупљање информација, полако постају и алати за генерисање нових информација, на тај начин откривајући будућност на најцеловитији начин за будуће кориснике. Ова константација се може сматрати истинским почетком концепта паметних градова.

2.1. CityGML

CityGML је међународни стандард Отвореног геопросторног конзорцијума (енг. *Open Geospatial Consortium - OGC*). Модел података CityGML-а заснован је на породици стандарда *ISO 19100* и представља апликативну шему за *GML* (енг. *Geography Markup Language*). CityGML се користи за чување и размену 3D градских модела [3] [5].

OGC (2012) [8] дефинише циљ CityGML-а, у којем наводе да дефиниција основних ентитета, атрибута и односа 3D градских модела треба да буде заједничка. Liukkonen (2015) [10] у својој студији наводи да су различите општине у Финској наишле на проблем недостатка заједничког стандарда који се тиче 3D градских модела.

Квантитет и садржај градског модела повезан је директно са будућим начином коришћења 3D модела града. Количина детаља која је обухваћена у 3D моделу, у смислу геометрије и атрибута, колективно се назива ниво детаља – *LoD* (Слика 2.), што указује на то како је темељно моделована просторна величина као резултат. Објекти у CityGML моделу могу бити представљени на пет различитих нивоа тачности (*LoD0- LoD4*). Виши нивои су тачнији и имају већу структурну сложеност од нижих, па се могу користити на различите начине.

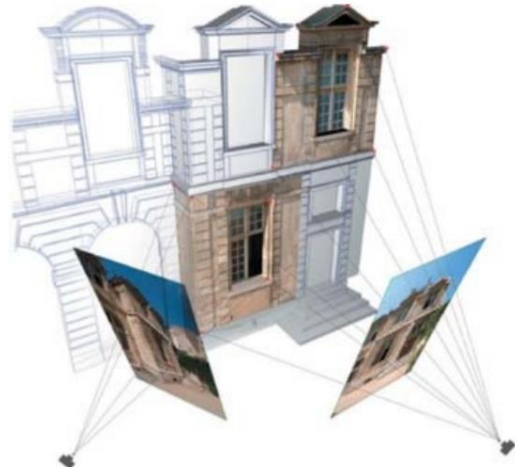


Слика 2. Приказ нивоа детаља у CityGML-у [9].

Будућност градова заснована на идеји стварања друштва знања лежи у стварању семантички обогачених 3D модела градова као моћних алата за прикупљање, чување, и коришћење урбаних информација кроз свеобухватни отворени и приступачни систем кохтерентан са природом градова и начина на који их видимо и разумемо.

3. ФОТОРЕАЛИСТИЧНОСТ 3D ГРАДСКИХ МОДЕЛА

Фотореалистични градски модели подразумевају материјализацију, односно лепљење слике на површ модела. Модели генерисани на основу облака тачака или фотографија имају ту предност да се делови фотографије могу директно лепити на модел (Слика 3.), чиме се повећава веродостојност и детаљност модела [6]. Мапирање на основу реалних фотографија моделима даје ноту стварног окружења. Код лепљења текстура на модел битно је која ће фотографија (ако их има више) бити употребљена за материјализацију, који алгоритам је оптималан за пројектовање слике на површ и за генерисање нових сцена и на који начин надоместити грешке које настају услед заклоњености [7] [6].



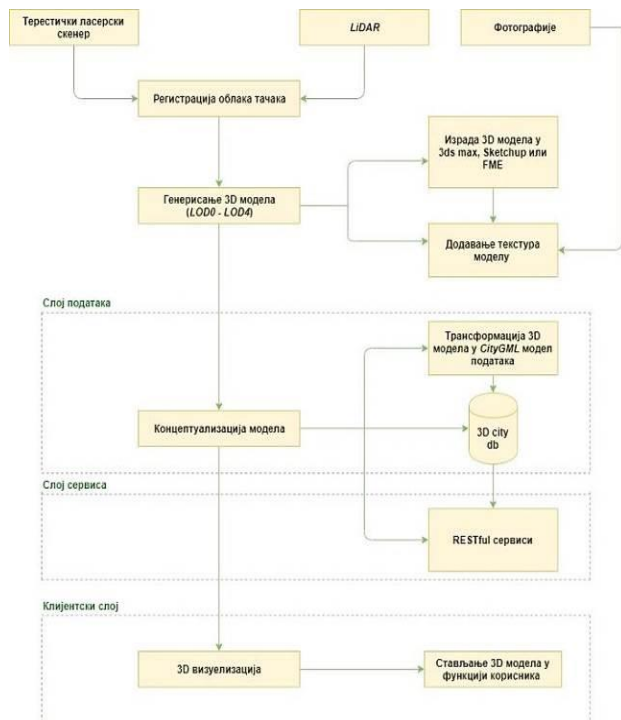
Слика 3. Увођење текстура са слика [6]

Квалитет модела генерисаних на основу фотографије могу да умање [6] [7]: заклоњеност објекта од интереса, поремећаји геометрије у приказу који настаје услед непрецизне калибрације или оријентације слике, радиометријска деформација слике која настаје услед коришћења фотографија сликаних из различитих углова, различитим фотоапаратима или под различитим осветљењем. Исправка оваквих неусклађености, може бити извршена накнадном интервенцијом корисника уколико је реалистичан приказ неопходан. Након материјализације, модел је довршен, и може се приступити креирању жељене презентације дефинисањем осветљења сцена и параметара виртуелне камере.

4. МЕТОДОЛОГИЈА

Генерисање простора, односно 3D моделовање треба да буде у складу са условима очекиваних резултата као и са геометријским карактеристикама простора који је приказан на слици. Из тог разлога веома битну улогу има аутоматизација целог процеса. Комбиновањем разних извора података са техникама за дигиталну

обраду слика добијају се завидни резултати у процесу аутоматизације прикупљања геометријских и описних података приликом моделирања. На слици 4. приказан је предложени модел израде и публикација 3D модела градова.



Слика 4. Предложени модел који дефинише све неопходне кораке од типа улазних података до дистрибуције модела крајњим корисницима.

Приликом креирања 3D модела градова, *LoD* одређује технологије прикупљања података које би требало користити, јер различити приступи прикупљања података резултују различитим моделима.

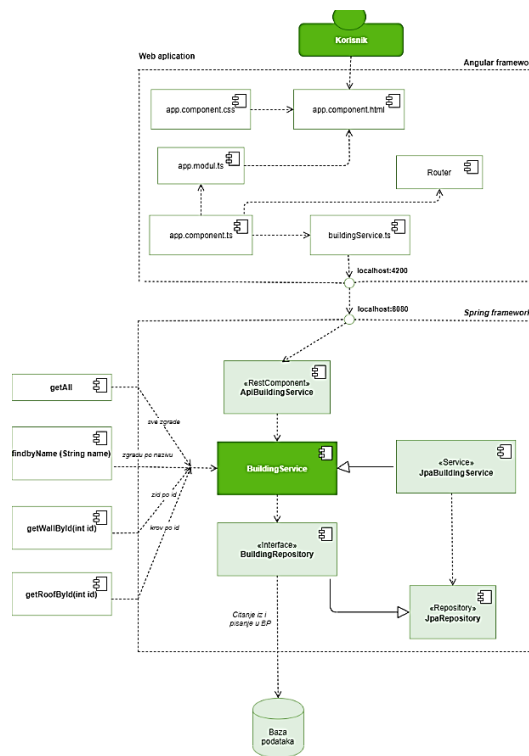
Дакле, први корак у предложеном моделу би био да се идентификује одговарајући *LoD*. Наравно да се за моделе са мањим нивоом детаља (*LoD0-LoD2*) неће користити комбинација података ових двеју предложених технологија, јер би то посматрано са економског аспекта било непотребно трошење ресурса, због саме чињенице да наведени *LoD* -ови не обухватају превише детаља.

Препорука је да се у том случају искључиво користи облак тачака добијен ласерским скенирањем из ваздуха, па да се у даљој обради добијени модел преклопи ортофотом (*LoD0*) или да се добијеном моделу доделе текстуре (*LoD1* и *LoD2*) како би се остварила фотореалистичност истог.

С друге стране, у моделима који захтевају већи ниво детаља (на пример: *LoD3*) скенирање из ваздуха није довољно, јер се не могу уочити сви детаљи на објектима (на пример: улазна врата прекривена настрешницом, прозори и слично.), није довољно спровести и само терестичко скенирање, јер у том случају није дефинисан правилни облик геометрија кровова, док је и скенирање високих објеката критично са становишта густине облака тачака. Управо из тог разлога, сматра се да се најбољи резултати постижу интеграцијом ове две технологије.

Надаље, процес обраде подразумева регистрацију, односно уклапање облака тачака, где као резултат произилази модел објекта у виду облака тачака.

Креирани модел објекта у виду облака тачака (енг. *point cloud model*) се све више референцира у пракси као посебна врста 3D модела објеката, захваљујући потенцијално веома високој просторној резолуцији скенирања. Због тога се све чешће поставља питање потребе 3D моделирања облака тачака. Са друге стране, постоји значајни недостаци модела објекта у виду облака тачака. На пример приликом скенирања индустријских објеката са мноштвом цеви и различитих машинских елеманата који се међусобно заклањају, често се јављају „рупе“ у подацима. 3D моделирањем облака тачака недостатак података се може надоместити. На слици 5. приказана је архитектура предложеног софтверског решења.



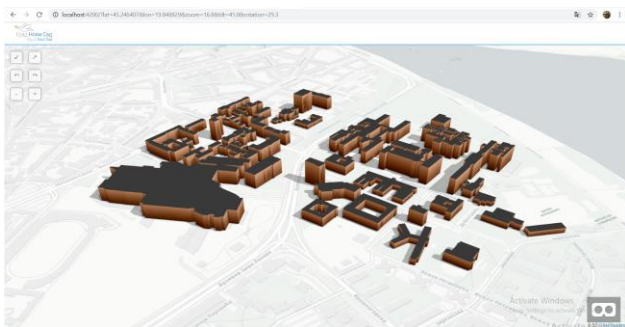
Слика 5. Дијаграм компоненти предложеног софтверског решења

Сервер обрађује захтеве који долазе од стране клијента. Захтеви се обично користе за проналажење информација из просторних података (нпр: попут зграде од интереса). Унутар *web* сервера, просторни слојеви се чувају у *GeoJSON* формату и као такви се прослеђују клијентском делу апликације. На клијентској страни, преузети подаци са *REST* сервиса се визуализују на мапи, а затим прослеђују у *A-frame* сцену.

5. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

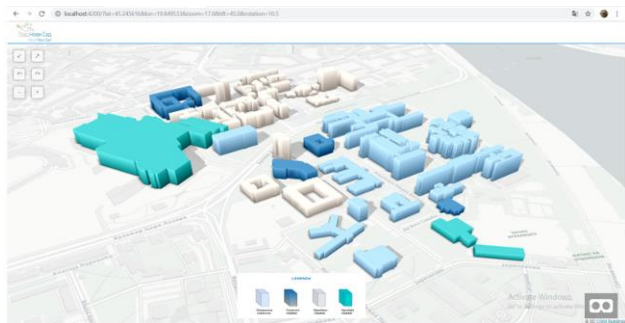
Процена сенки које праве зграде има велику корист у урбанистичком планирању. На пример, за процену утицаја планиране зграде на околину. Такву анализу захтевају неке општине у Западној Европи (Хаг, Холандија) и Америци. Такође је овај утицај значајан у процени соларног потенцијала планиране зграде,

као и околних зграда. На слици 6. приказана је једна таква апликација урађена за подручје града Новог Сада. Наиме, овај случај коришћења има примену и у пољопривреди, где се утврђује које површине су претежно више осенчене да би се предвидео смањени раст пољопривредних култура на тим површинама.



Слика 6. Приказ 3D модела града за процену сенки зграда

Даље, за исто тест подручје, зграде су класификоване по типу објекту (на пример: стамбени објекат, образовна установа и слично.) (Слика 7.).



Слика 7. Приказ 3D модела града за потребе праћења тржишних вредности некретнина

Људи који се крећу из једног округа или града у други обично више воле да остану у истој четврти или сличне врсте града. За алате који помажу у проналажењу одговарајућег насеља, информације о типу зграде су неизбежне. „Лов на некретнине“ је посебан случај опште примене у области управљања некретнинама и маркетинга, где је тип зграде кључна информација. Просторни маркетинг је додатна примена, где је важан тип зграде. У том пољу су подаци о месту прибалишта људи, њиховим демографским карактеристикама, њиховом приходу и економском стању од пресудног значаја за планирање малопродајних објеката и управљање маркетиншким активностима. Опет, за добијање информација о економском статусу потенцијалних купаца, тип зграде је значајан.

6. ЗАКЉУЧАК

Развој метода и техника које су „способне да решавају проблеме“ прилагођавајући се природи проблема који треба да реше, постаје суштински захтев савременог развоја.

Предмет научног истраживања односио се на начине формирања и публикавања 3D модела градова, на начин који је најсличнији људском визуелном начину интерпретације слике.

И поред одређеног броја публикованих метода за аутоматску екстракцију 3D модела градова из облака тачака, ниједна од њих се није доказала као метода која може бити генерално коришћена. Разлог лежи у чињеници да услови и захтеви сваке појединачне ситуације или проблема имају јако значајан утицај на избор одговарајуће методе.

Добијени резултати су јако задовољајући и воде ка закључку да се уз придржавање адекватних препорука домен коришћења 3D модела градова и самог CityGML-а може лако проширити.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Stoter, J. and Van Oosterom, P. (2002). Incorporating 3d geo-objects into a 2d geo-dbms. In Proceedings FIG, ACSM/ASPRS, Washington DC, April 19-26, 2002.
- [2] Brodeur, J. (2012). Geosemantic interoperability and the geospatial semantic web. In Springer Handbook of Geographic Information, pages 291–310. Springer.
- [3] Groger, G., Plumer, L. :CityGML – Interoperable semantic 3D city models. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 71, 12–33 (2012).
- [4] Döllner, J., & Buchholz, H. (2005). Continuous level-of-detail modelling of buildings in virtual 3D city models. In C. Shahabi & O. Boucelma (Eds.), 13th ACM International Symposium of Geographical Information Systems (pp. 173–181). Bremen: ACM, New York, USA.
- [5] Kolbe, T. H. (2009). Representing and exchanging 3d city models with citygml. In 3D geo-information sciences, pages 15–31. Spring.
- [6] Stojakovic V, Generisanje prostora na osnovu perspektivnih slika i primena u oblasti graditeljskog nasledja, doktorska disertacija, Fakultet tehnickih nauka, Novi Sad
- [7] Patais, Petros. 2001. Photogrammetry and visualization. Technical Report, Zurich, Switzerland: Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH.
- [8] OGC (2012). OGC city geography markup language (citygml) encoding standard 2.0. Technical Report OGC 12-019, Open Geospatial Consortium
- [9] HÁJEK, P., JEDLIČKA, K., VICHROVÁ, M., FIALA, R. Conceptual approach of information rich 3D model about the Terežín Memorial. In Geoinformatics FCE CTU, 2013, Nr. 11, p. 49-62. ISSN: 1802-2669.
- [10] Liukkonen, O. 2015. Path of municipal spatial data from a stock map to a 3D city model. Master thesis, Aalto University. p.92.

Кратка биографија:



Александар Андрејевић рођен је у Врању 1994. године. Основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер геодезија и геоматика, уписао 2014. године. Дипломирао 2018. године и исте године уписао мастер академске студије. Мастер рад на Факултету техничких наука одбранио је 2019. године.
контакт: geoace94@gmail.com