



[6] 2018 6[1]

АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области
ACEG+ Journal for Architecture, Civil Engineering, Geodesy and other related scientific fields

064-074

Стручни рад | Professional paper

UDK I UDC 007:912]:711.4(497.11Нови Сад)

DOI 10.7251/AGGPLUS1806072H

Рад примљен | Paper received 03/04/2018

Рад прихваћен | Paper accepted 02/07/2018

Област *Геодезија* | Scientific field *Geodesy*

Стеван Милованов

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, s.milovanov@uns.ac.rs

Игор Русковски

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, rus_igor@uns.ac.rs

Миро Говедарица

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, miro@uns.ac.rs

АНАЛИЗА СТАНДАРДА ЗА
3D МОДЕЛОВАЊЕ ГРАДОВА
И УПРАВЉАЊЕ
ПРОСТОРОМ

ANALYSIS OF SPATIAL
MANAGEMENT AND 3D
CITY MODELLING
STANDARDS

Стручни рад
Professional paper
Рад прихваћен | Paper accepted
02/07/2018
УДК | UDC
007:912]:711.4(497.11Нови Сад)
DOI
10.7251/AGGPLUS1806072H

Стеван Милованов

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, s.milovanov@uns.ac.rs

Игор Русковски

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, rus_igor@uns.ac.rs

Миро Говедарица

Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, miro@uns.ac.rs

АНАЛИЗА СТАНДАРДА ЗА 3D МОДЕЛОВАЊЕ ГРАДОВА И УПРАВЉАЊЕ ПРОСТОРОМ

АПСТРАКТ

Географски информациони системи пружају основне информације о окружењу и представљају полазну основу за развој различитих апликација које налазе примену у широком спектру делатности. Ови системи, између осталог, користе и 3D геореференциране податке који могу настати из различитих извора. У овом раду дате су карактеристике стандарда који су развијени за потребе моделовања простора, као и анализа софтверске архитектуре система који може бити примењен за потребе решавања овог проблема. Одабрано решење је искоришћено на тест подацима на подручју Петроварадинске тврђаве у Новом саду и једном од објеката на подручју Универзитета у Новом Саду.

Кључне ријечи: 3D моделовање, CityGML, IndoorGML, 3DcityDB, визуализација

THE ANALYSIS OF SPATIAL MANAGEMENT AND 3D CITY MODELLING STANDARDS

ABSTRACT

Geographic information systems provide basic information about the surroundings and represent a starting point for application development that can be found in a wide spectrum of activities. These systems use 3D georeferenced data that can come from different sources. This paper presents the characteristics of the standards developed for the purposes of space modelling and analysis of the software and system architecture that can be applied to solve such problems. The chosen solution has been used on demo data that include Petrovaradin Fortress in Novi Sad and one of the buildings at the University of Novi Sad.

Key words: 3D modeling, CityGML, IndoorGML, 3DcityDB, visualization

1. УВОД

У последњих неколико деценија 3D модели градова су се користили углавном за потребе визуализације, међутим у последњих неколико година налазе примену у све већем броју пројеката и радних задатака. Развој начина грађења у двадесет и првом веку и потреба за поседовањем информација о простору изнад и испод земље подстакли су развој оваквих модела. Као последица развоја све комплекснијих модела појавила се потреба за дефинисањем спецификација и стандардизације 3D модела градова како би се омогућило коришћење оваквих модела у што већем броју домена [1].

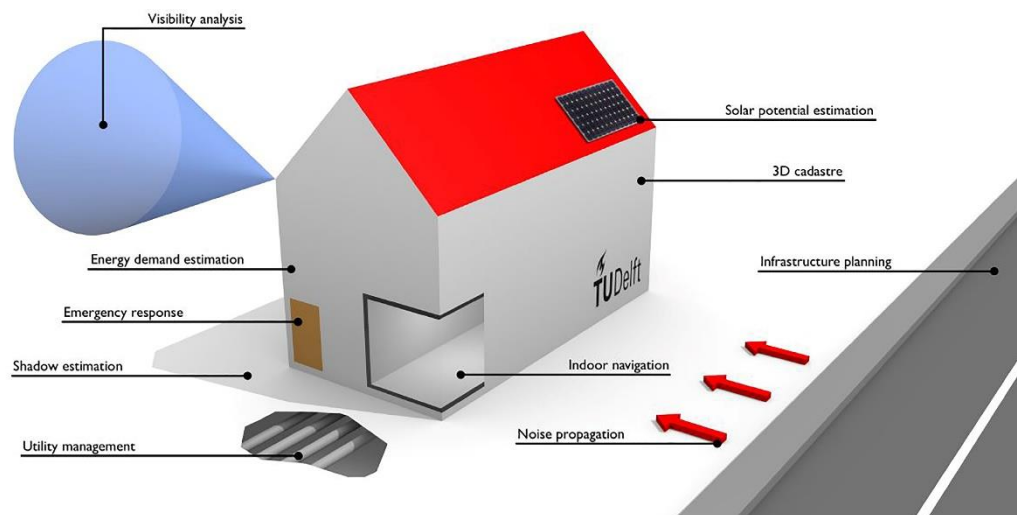
Данас виртуелни 3D модели градова пружају важне информације за различите аспекте управљања градским подручјима. Развијени су и многи стандарди, од којих су најзаступљенији *CityGML* (енгл. *City Geography Markup Language*), који представља први значајнији стандард у овој области првенствено намењен моделовању објеката, као и *IndoorGML* (енгл. *Indoor City Geography Markup Language*), који је касније развијен и намењен је моделовању унутрашњег простора претежно за потребе развоја апликација за навигацију унутар објеката.

3D модел града је дигитални приказ Земљине површине и повезаних објеката у које спадају зграде, вегетација, шуме и садржаји које је направио човек, а који припадају урбаној средини [2]. Постоје различити термини који се користе за 3D градске моделе, а неки од њих су: “*Cybertown*”, “*Cybercity*”, “*Virtual City*”, или “*Digital City*”.

Први 3D модели градова почели су се примењивати крајем прошлог века, што је праћено великим потешкоћама насталим првенствено због недостатка одговарајућих алата за примену, као и стандарда који су онемогућавали шире коришћење оваквих модела.

Виртуелни градски модели у прошлости су најчешће коришћени за визуализацију или једноставно графичко претраживање градских подручја. Међутим, данас виртуелни 3D модели градова пружају информације важне за различите аспекте управљања градским подручјима [2]. Њихова примена постаје изузетно важна приликом изградње, употребе и управљања урбаном инфраструктуром, што је приказано на слици 1.

Слично као традиционални 2D скупови геоподатака, и 3D модели градова представљају апроксимацију стварног света. Квантитет и садржај градског модела повезан је директно с 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* (енгл. *Level of Detail*), што указује на то како је темељно моделована просторна величина као резултат. *LoD* је суштински концепт у ГИС-у (енгл. *Geographic Information System*) и 3D моделовању градова. У суштини, *LoD* концепт је важан у свим корацима израде класичног 3D модела града, чак и пре било каквог прикупљања података [3].



Слика 1. Примери примене 3D градских модела [2]

Приликом креирања 3D модела градова, *LoD* одређује технологије прикупљања података које би требало користити, јер су различити модели резултат различитих приступа прикупљању података. На пример, *LoD* дефинише минималну густину облака тачака када се користи технологија ласерског скенирања из ваздуха. Приликом прикупљања података *LoD* служи као главно упутство о томе колико детаљно треба прикупити податке. Сегменти планирања су описани у *LoD*-у, што значи да се концепт може применити и на измишљене податке. Пошто се просторне анализе могу изводити за 3D моделе градова који представљају нешто што тек треба да буде изграђено, то говори да су ове анализе важне у ГИС-у и због тога их треба разматрати. *LoD* утиче и на обраду података. *LoD* се не односи само на количину геометријских података већ и на семантичко богатство.

LoD се често користи у контексту са обимом, тачношћу и квалитетом података, а најчешће се користи да би се истакло богатство географског скупа података, без стандардизације и формализације. За разлику од 3D компјутерске графике чија је тема детаљно истраживана у последњим деценијама, где се 3D модели разликују количином полигона, *LoD* у ГИС-у обухвата семантику, атрибуте и друге аспекте. Штавише, за разлику од експлицитних појмова као што су размер у картографији, троуглови у компјутерској графици и резолуција у растерима, одређивање нивоа детаља у 3D моделовању града је субјективан задатак [3].

2. СТАНДАРДИ ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ПРОСТОРА

Приступу 3D моделовању могу се поделити на четири категорије (слика 2). У зависности од потреба и будуће примене модела, може се одабрати одговарајући приступ.



Слика 2. Приступи 3D моделовању простора

Рачунарска графика моделује простор у складу са визуалним карактеристикама, где су релевантне само видљиве особине објеката са ограничењем на геометрију и графички приказ. Она пружа ефикасну визуализацију и моделовање графичких карактеристика и обично се не разматра семантика објеката. CAD модели представљају апстракцију објеката на плановима. Картирају се конструктивни елементи, а моделовање је оријентисано на компоненте. Геопросторни модели дају топографски ниво апстракције. Тачке и површи модела су премерене односно регистроване сензорима. Моделује се геометрија, топологија и семантика. Ови модели су геореференцирани у неком од 3D координатних система [4]. Заједнички део за све целине са слике 2 јесте да све оне виде и описују простор на различит начин, али је крајњи резултат модел простора који је у складу са предвиђеном применом. Најзаступљенији формати и стандарди који се користе у 3D моделовању јесу: *CityGML*, *IndoorGML*, *IFC*, *X3D*, *gITF* и *COLLADA*.

2.1. КРИТЕРИЈУМИ ЗА РАЗМАТРАЊЕ СТАНДАРДА

Геометрија – Већина стандарда и формата користи неколико приступа за репрезентацију геометрије. Тако 2D репрезентација користи тачке, линије и полигоне да представи елементе; 2.5D репрезентација користи висину или дубину чије вредности додељује свакој 2D тачки да би се креирала површ. Што се тиче 3D геометрије, постоји шест различитих начина за репрезентацију: воксели, разлагање ћелија, *CSG*, *BRep*, параметарска репрезентација и теселација [4].

Семантика – Повезује геометрију са ентитетима у реалном свету. Она даје значење моделованим објектима и њиховим деловима.

Метод просторног референцирања – Користе дескрипторе да дефинишу позиције у физичком свету. Интернационална организација стандарда (*ISO*) и геопросторни конзорцијум (*OGC*) дефинишу два начина за просторно референцирање: према идентификатору и према координатама [4].

Ниво детаљности – Описује различите начине репрезентације геометријског објекта у зависности од нивоа генерализације.

У последње време потреба за израдом 3D модела градова расте великом брзином. Са становишта управљања спољашњим простором, *City Geography Markup Language* – *CityGML* представља информациони модел података намењен за представљање географског терена и 3D објекта у урбаним срединама, базиран на *ISO19100* серији стандарда. Дизајниран је као отворени модел података базиран на *XML* шеми која служи за чување и размену виртуалних 3D градских модела. По питању унутрашњости, *Indoor Geography Markup Language* – *IndoorGML* представља један од стандарда којим се може моделовати унутрашњи простор.

2.2. CITYGML СТАНДАРД

CityGML се базира на отвореном, богатом и опширном информатичком моделу података, што му даје могућност употребе у различитим апликацијама и за различите намене. У области 3D модела градова постоји проблем интеграције података, услед постојања различитих формата података и различитих шема, јер се користе различите представе геометријских облика.

CityGML омогућава семантичку и шематску интероперабилност 3D модела у оквиру инфраструктуре просторних података. Он представља основу за размену информација и података између различитих геоинформационих система и корисника без могућности губитка квалитета и квантитета података [5].

Главне карактеристике *CityGML*-а су:

- Презентација својстава површине објекта (материјали и текстуре),
- Тополошка повезаност између објекта,
- Могућност проширења модела података,
- Моделовање које се састоји од *DMT*, 3D објекта, вегетације, водених површина, саобраћајница и помоћних објекта транспорта, употребе земљишта, стандардних објекта у урбаним срединама и осталих објекта и приказивања објекта у пет хијерархијских нивоа детаља – *LoD*.

Уз просторна својства, објекти могу имати пропратне описне податке у спољашњим моделима података који се референцирају на саме објекте. Та модуларност омогућава слободу у дефинисању и количини описних података објекта и заправо повезивање различитих удаљених база података са *CityGML* моделом [5].

CityGML стандард своју популарност међу корисницима дугује управо нивоу података (*LoD*) који је организован у пет хијерархијских нивоа (слика 3). *LoD0* је репрезентација тла и опционо полигона ивица крова означавајући прелаз са 2D на 3D ГИС. У *LoD0* нема волуметријских приказа. Даље се *LoD* побољшава у смислу сложености објекта у геометријском и семантичком смислу. *LoD1* је груби модел објекта са ивицама објекта без кровова и детаља. *LoD2* је модел који садржи поједностављене кровове и где делови објекта могу бити моделовани у више класа. *LoD3* је детаљни модел са архитектонским приказима прозора и врата који је знатно сложенији од претходног. *LoD4* допуњује *LoD3* тако што укључује ентеријер објекта.



Слика 3. CityGML нивои детаљности [3]

2.3. INDOORGML СТАНДАРД

Унутрашњи простор се од спољашњег разликује на много начина. Основни концепти, модели података и стандарди просторних информација би требали бити редефинисани како би испунили захтеве апликација које захтевају податке о унутрашњем простору. Ти захтеви о подацима су специфицирани на разне начине, у зависности од типа апликације за коју се користе [6]. Уопштено, апликације које користе податке о унутрашњем простору могу се сврстати у две категорије:

- Управљање објектима и њиховим компонентама,
- Начин коришћења унутрашњег простора.

Изградња објекта и управљање спадају у прву категорију. Главни фокус прве категорије је управо на изградњи компонената као што су кровови и зидови. Друга категорија се фокусира на начин коришћења и локализацију елемената у унутрашњем простору.

Циљ овог стандарда је дефиниција оквира за просторне податке о унутрашњем простору који могу лоцирати стационарне или покретне елементе у унутрашњости објекта и пружити сервисе просторних информација који се тичу њихових позиција у унутрашњем простору уместо да репрезентује архитектуру самог објекта.

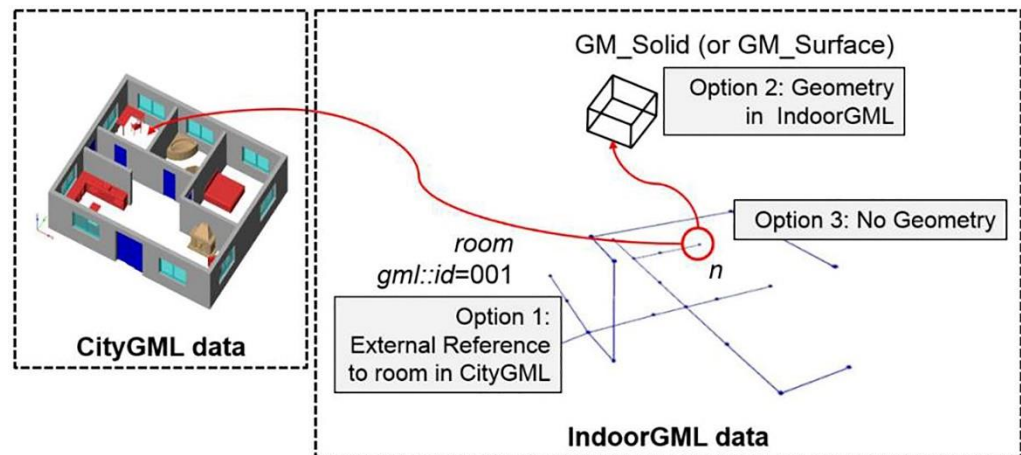
Важна разлика између унутрашњег и спољашњег простора је у томе што је унутрашњи простор сачињен од компликованих ограничења у виду ходника, врата, степеништа, лифтова. То значи да је кључни проблем приликом дефиниције стандарда моделовања наћи начин за правилну репрезентацију ових елемената [6].

Ћелијски простор – Унутрашњи простор представља се као скуп ћелија које су дефинисане као најмања организациона или структурална јединица унутрашњег простора. Особине ћелијског простора су: свака ћелија има свој идентификатор, свака ћелија може имати заједничку границу са другим ћелијама али се не сме преклапати и позиција у ћелијском простору може бити дефинисана идентификатором али се зарад прецизније дефиниције укључују X, Y, Z координате [6].

Семантичка репрезентација – У *IndoorGML*-у, семантика се користи да омогући класификацију и да идентификује ћелију и утврди везу између ћелија. Семантика омогућава дефиницију ћелија која може бити од изузетног значаја за навигацију. Најчешћа класификација ћелија је на навигационе (просторије, ходници, врата) и ненавигационе (зидови, препреке) ћелије.

Геометријска репрезентација – Геометријска репрезентација *2D* или *3D* елемената у унутрашњем простору није главни фокус у *IndoorGML*-а због тога што је она дефинисана

у *ISO19107*, *CityGML* и *IFC* стандардима [6]. Ипак, зарад потпуности података, геометрија 2D или 3D објеката може бити опционо дефинисана унутар *IndoorGML* документа (слика 4).



Слика 4. Приказ геометрије у *IndoorGML* документу [6]

Тополошка репрезентација – Чворно-релациони граф (енгл. *Node Relation Graph*) представља тополошке односе (пример: суседство, повезаност) између објеката у унутрашњем простору [6]. *NRG* омогућава издвајање, поједностављење и репрезентацију тополошких односа између 3D простора у унутрашњем простору, попут просторија унутар зграде. Омогућава ефикасну имплементацију рачунских проблема у системима за рутирање и унутрашњу навигацију. Било који унутрашњи простор може бити трансформисан у *NRG* помоћу *Poincare* дуалности. Он поједностављује комплексне просторне односе између 3D објеката помоћу комбинаторног тополошког мрежног модела.

2.4. ОСТАЛИ СТАНДАРДИ

Industry Foundation Classes (IFC) – Стандард за размену података за *Building Information Modeling (BIM)* али и формат који се користи за архитектуру, инжењерство и конструкције као и управљање индустријским објектима. *IFC* формати су *ISO STEP* структуре, текст документ који користи *XML*, *XML* или компримовани документ који садржи *.ifc* или *.ifcXML* документ [7].

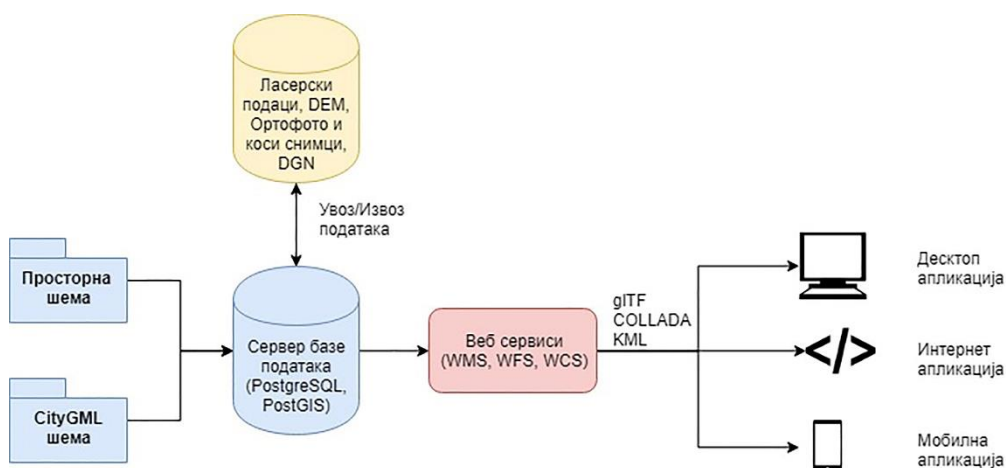
extensible 3D (X3D) – Наследник односно трећа генерација *VRML*-а, па осим што може бити изражен у класичном *VRML* коду, *X3D* користи *XML* за приказ *VRML* облика. *X3D* је бесплатни, отворени и *ISO* ратификовани стандард, који пружа систем за складиштење, преузимање и репродукцију графичког садржаја у реалном времену, уграђеног у апликацијама, у оквиру отворене архитектуре за подршку широком спектру области и корисничких потреба [8].

GL Transmission Format (glTF) – Формат намењен за 3D сцене и моделе заснован на *JSON* стандарду. Често се описује као *JPEG* за 3D. Формат је независан од интерфејса за програмирање апликација. Премошћава јаз између алата за креирање 3D садржаја и модерних графичких апликација пружајући ефикасан, проширив и интероперабилан формат за пренос и учитавање 3D садржаја.

COLLABorative Design Activity (COLLADA) – Дефинише XML базирану шему за лак транспорт 3D садржаја између апликација, што омогућује разноликост писања 3D програма и алата за обраду садржаја који се могу комбиновати приликом израде финалних производа.

3. СОФТВЕРСКА АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА 3D МОДЕЛА ГРАДОВА

Клијент/сервер системи са трослојном архитектуром (енгл. *three-tier architecture*) представљају системе са три, у великој мери независна, подсистема. Када је реч о трослојној архитектури у ГИС-у, овакав вид функционисања клијент/сервер система обезбеђује бројне предности, међу којима су једноставно одржавање система, коришћење комерцијално доступних сервера, као и ослањање на јасно дефинисане стандарде у одговарајућим областима које за последицу има интеграцију система хетерогених у погледу коришћења хардверске и софтверске опреме. Софтверска архитектура система који се користи за 3D моделе градова приказана је на слици 5.



Слика 5. Софтверска архитектура система 3D модела градова

У питању су следећи подсистеми у којима је јасно дефинисано који слојеви су задужени за тачно одређене функције система.

Подсистем за руковање подацима – Овде се првенствено мисли на структуру података као и њихово складиштење у складу са концептуалним моделом који се мора препознати и имплементационим моделом који је потребно реализовати. У архитектури која може да се искористи за потребе смештања података о 3D објектима који чине један модел града, препорука је *3DcityDB*. Ова шема базе података представља једно од решења за складиштење геопросторних података и најзаступљенија је шема која је намењена искључиво складиштењу 3D модела градова у *CityGML* формату. Тренутно постоје две верзије различитих система за управљање базама података, једна за *Oracle 10g Spatial*, која је комерцијалног типа и једна за *Postgres Structured Query Language (PostgreSQL)* са *Post Geographical Information System (PostGIS)* проширењем за просторне податке, која је отвореног приступа [9]. Ову шему карактеришу следећа својства: подршка у пет различитих нивоа детаљности објеката, могућност додавања текстура и

боја као додаток флексибилним 3D геометријама и подршка комплексним моделима терена.

Подсистем за имплементацију основних функција система – Имплементира такозвану пословну логику, односно задужен је за сервисирање података у клијент/сервер системима. Најчешће коришћени сервиси су *Web Map Service (WMS)*, *Web Feature Service (WFS)*, *Web Coverage Service (WCS)*, *Web Processing Service (WPS)* и сервиси за 3D податке односно *Web 3D Service (W3DS)*.

Подсистем за интеракцију са корисником – Имплементира функције корисничког интерфејса. Развој апликација које ће вршити интеракцију са корисником може бити намењен десктоп, интернет или мобилним апликацијама. Велики број доступних решења за визуализацију ових података може бити искоришћен за ове сврхе. Свакако се најчешће бирају интернет апликације (портал, *Web Map Client*, апликација виртуалне и проширене реалности и слично).

4. СТУДИЈА СЛУЧАЈА – ДЕО ГРАДА НОВОГ САДА

3D визуализација простора постала је незаменљива у просторном планирању и управљању градовима. Сваки 3D модел простора представља његову апроксимацију која у зависности од степена детаља представља веран или мање веран приказ стварности [10].

Моделе који су резултат претходног дела рада могуће је приказати кроз апликације засноване на примени виртуелне реалности. Једно од решења које може бити примењено јесте *A-frame*, који представља интернет базирану апликацију која служи за креирање и приказ виртуелне реалности односно виртуелне графике.

A-frame интернет базирана апликација написана је од стране компаније *Mozilla* и развијена је да буде једноставан али снажан алат за развој *VR* садржаја. Као самостални пројекат отвореног кода, *A-Frame* је једна од највећих и најдоминантнијих *VR* заједница и заснована је на *HTML5*, што олакшава њено савладавање [11].

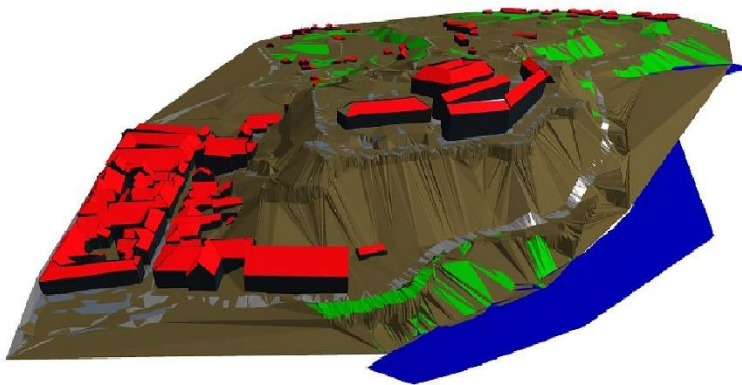
У циљу испитивања ефикасности и исправности технологија и стандарда, на подручју Новог Сада испробан је предложени модел. Сирови *LiDAR* подаци обрађени су на познат начин и добијени су 3D векторски модели објеката, 2D векторизација осталог садржаја и дигитални модел терена. Ови подаци су касније конвертовани у *CityGML* формат помоћу трансформационе шеме израђене у програму *Feature Manipulation Engine (FME)*, где су одрађене потребне трансформације над подацима (трансформација координатног система, дефинисање стилова приказа, додавање *CityGML* атрибута, итд.). Овако трансформисани подаци смештени су у *3DCityDB* базу података. Из базе је могуће динамички читати податке и користити их у различитим апликацијама за приказ података. За потребе овог рада, подаци из базе су искоришћени у апликацији израђеној помоћу *A-frame* окружења. Формат података који се учитава у *A-frame* је *.glTF*.

4.1. ПРИКАЗ 3D МОДЕЛА ГРАДА

Како је *A-frame* интернетбазиран алат који ради без потребе за инсталирањем додатних апликација, потребно је у било ком текстуалном едитору направити *.html* датотеку и у њеном заглављу референцирати *A-frame* скрипт. Пошто *A-frame* користи *HTML5*, сцену и њене ентитете могуће је контролисати кориштењем *JavaScript* и *DOM API*-је [11].

Када се креира *.html* датотека, могуће ју је отворити у *Mozilla* интернет претраживачу. На слици 6 је приказан један део 3D модела града у *WebVR* окружењу. За бољи доживљај виртуелне реалности, добијени 3D модел града могуће је сагледати уз помоћ било ког *VR* уређаја.

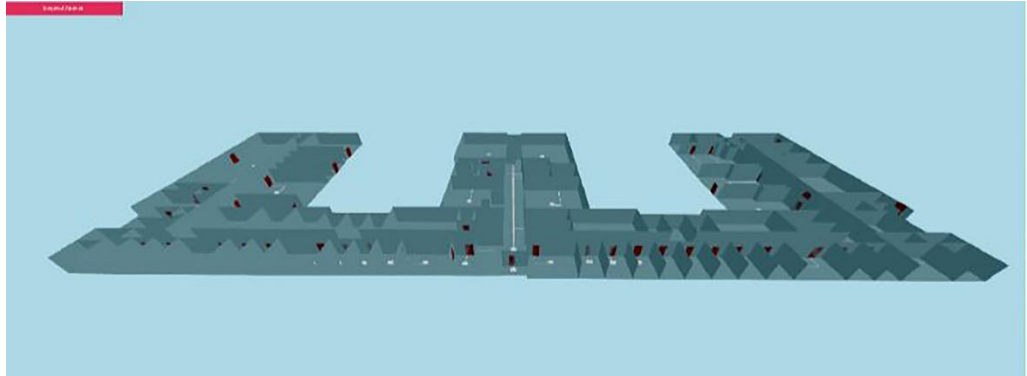
У овом раду искоришћени су подаци који обухватају подручје Петроварадинске тврђаве и њеног подграђа, добијени *LiDAR* скенирањем које је изведено од стране Лабораторије за геoinформатику Факултета техничких наука у Новом Саду.



Слика 6. 3D модел Петроварадинске тврђаве приказан у *WebVR* окружењу

4.2. ПРИКАЗ УНУТРАШЊОСТИ ОБЈЕКТА

Кроз исту апликацију односно на исти начин као што је приказан 3D модел града, могуће је приказати и модел унутрашњег простора креиран у складу са претходно описаним стандардом *IndoorGML*. Модел који је приказан на слици 7 односи се на једну од зграда Факултета техничких наука у Новом Саду – зграду института машинског одсека. Модел је израђен на основу евакуационог плана објекта који садржи информације о димензијама објекта, позицијама улаза/излаза, као и остале информације које се тичу објекта (ознаке просторија, повезаност). Искоришћени су доступни алати за моделовање у складу са стандардом као и сва остала технологија потребна да се такав модел доведе у облик који се може искористити приликом израде *VR* апликације.



Слика 7. 3D модел унутрашњости објекта машинског института Факултета техничких наука у Новом Саду приказан у WebVR окружењу

5. ЗАКЉУЧАК

Креирање и имплементација 3D модела градова и унутрашњег простора као и њихова употреба представља веома сложен и дуготрајан процес који захтева одговарајуће ресурсе и организациону подршку иза које стоје читави тимови научника и истраживача.

Предложени модел показао је да стандарди играју веома важну улогу приликом моделовања градова. Како се ради о великом подручју, важно је да се подаци прикупљају, обрађују и третирају на униформан начин дефинисан стандардима, како би се предложени модел могао користити у даљој имплементацији. Тест подаци показали су да је могуће израдити квалитетне 3D моделе градова кориштењем алата отвореног приступа.

С обзиром на то да примена стандарда који дефинишу моделовање простора приметно расте, може се констатовати да ће они у будућности бити знатно унапређени и прилагођени захтевима корисника [12].

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. Милованов, „Приказ 3D модела градова у системима виртуелне реалности“, Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Саду, издање 34, свеска 2, стране 389–392, јануар 2019.
- [2] F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, A. Çöltekin, “Applications of 3D City Models: State of the Art Review”, *International Journal of Geo-Information* 4, ISSN 2220-9964, pp 2842–2889, Dec. 2015.
- [3] F. Biljecki, “Level of detail in 3D city models”, PhD thesis, TU Delft, Netherlands, 2017.
- [4] T. H. Kolbe, “BIM, CityGML, and Related Standardization”. In *Proceedings of the Digital Landscape Architecture Conference 2012 Dessau/Germany*, Internet: http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/landschaftsinformatik/fileadmin/user_upload/_temp_/2012/Documentation/Freitag/01_1400_Kolbe_-_BIM__CityGML__and_related_standardization.pdf, June 1, 2012. [Feb. 12, 2018].
- [5] CityGML OGC, “OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard 2.0.0.”, OGC Specification, 2012.

- [6] IndoorGML OGC, “OGC Standard for Indoor Spatial Information”, Internet: <http://www.indoorgml.net/>, [Jan. 20, 2019].
- [7] IFC Specification, “Building Smart, International home of openBIM”, Internet: <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, [Feb. 12, 2018].
- [8] X3D Specification, “X3D Specifications – ISO/IEC-19775-1”, Internet: <http://www.web3d.org/standards/number/19775-1>, [Feb. 12, 2018].
- [9] 3DCityDB, “3D City Database for CityGML, Documentation, Version 3.3.0.”, Chair of Geoinformatics, Technical University of Munich, 2016.
- [10] J. Radović, V. Pajić, D. Popović, M. Govedarica, S. Milovanov, “Coombining Airborne and Terrestrial Laser Scanning in Preservation of Cultural Heritage”, Review of the National Center for Digitization, ISSN 1820-0109, issue 32, pp 27–33, 2018.
- [11] A-frame, “Introduction”, Internet: <https://aframe.io/docs/0.8.0/introduction/>, [Jan. 22, 2018].
- [12] I. Ruskovski, „Prikaz unutrašnjosti objekata 3D gradskih modela u sistemima virtualne realnosti“, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, izdanje 34, sveska 2, strane 385–388, Januar 2019.