

ОБЛАК ТАЧАКА И 3Д МОДЕЛ ИЗВЕДЕНОГ СТАЊА КАО ОСНОВА ОДРЖАВАЊА И САНАЦИЈЕ ОБЈЕКТА

Тоша Нинков¹

Зоран Сушић²

Владимир Булатовић³

Игор Сабадош⁴

Мехмед Батиловић⁵

УДК: 004.922 : 007.52

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2016.099

Резиме: 3Д визуализација простора и објеката омогућава реалистичан приказ окружења. Савремене технологије попут ЛИДАР-а пружају могућности инвентаризације простора са великом тачношћу, а савремена софтверска решења пружају могућност визуализације и моделовања истог. Густином структурних линија и обезбеђењем нивоа тачности за све врсте пројектовања, ЛИДАР технологија у погледу ефикасности превазилази традиционалне технике масовног прикупљања података. У раду су представљени финални производи наведене технологије који представљају основу за израду пројеката санације, реконструкције и изведеног стања инжењерских објеката, као што су мостови, тунели, саобраћајна инфраструктура, урбани комплекси и сл.

Кључне речи: ЛИДАР, Облак тачака, 3Д модел

1. УВОД

3Д визуализација и моделирање простора представља један од већих изазова данашњице. Разлоге за то налазимо у потреби за бољим управљањем простором и имовином. Ласерско скенирање - ЛИДАР (Light Detection and Ranging) представља актуелну и једну од најсавременијих геодетских метода премера. Широки спектар примене технологије омогућује да се на бази резултата добијених ласерским скенирањем могу вршити различите анализе грађевинских објеката. У раду су

¹ Проф. др Тоша Нинков, дипл.инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел: 021/485-2611, е – mail: ninkov.tosa@gmail.com

² Доц. др Зоран Сушић, дипл.инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел: 021/485-2606, е – mail: zsusic@uns.ac.rs

³ Доц. др Владимир Булатовић, дипл.инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел: 021/485-2611, е – mail: vbulat2003@gmail.com

⁴ Асис. М.Сц. Игор Сабадош, дипл.инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел: 064/420-11-54, е – mail: igorsabados@gmail.com

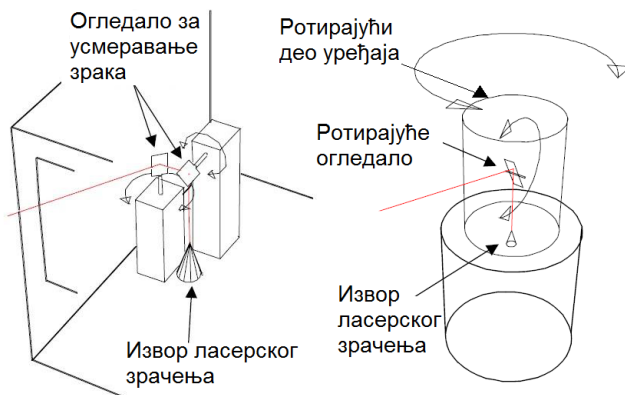
⁵ Асис. М.Сц. Мехмед Батиловић, дипл.инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад, Србија, тел: 069/444-13-09, е – mail: batilovicm@gmail.com

представљене врсте ласерских скенера и њихова превасходна намена са нагласком на ласерско скенирање из возила у покрету, као и финални продукти ове технологије са могућношћу примене.

2. ЛАСЕРСКО СКЕНИРАЊЕ

Ласерско скенирање представља прикупљање просторних података помоћу ласерског зрака где се на основу мереног угла и растојања одређују X,Y,Z координате тачке. Скуп свих тачака се назива облак тачака, а поред података о апсолутним или релативним координатама може садржати и податак о интензитету одбијеног ласерског зрака.

Ласерско скенирање се може поделити у две групе: статичко ласерско скенирање и динамичко ласерско скенирање. Када је ласерски скенер непомичан приликом снимања неке површине, говоримо о статичком ласерском скенирању. Када је ласерски скенер везан за неку покретну платформу, онда се такво ласерско скенирање назива динамичким.



Слика 1. Принцип рада статичког ласерског скенера (лево) и динамичког ласерског скенера (десно)

Иако је принци рада веома сличан намена им је различита. Тако статички тј. терестрички ласерски скенери (ТЛС) су погоднији за снимање фасада и објеката, за потребе мониторинга градилишта или клизишта, у рудницима за мониторинг током ископавања и сл. У оквиру динамичког ласерског скенирања потребно је направити разлику између авионског ласерског скенирања (АЛС) и мобилног ласерског скенирања (МЛС).

Термин АЛС се користи за летеће платформе попут авиона и хеликоптера, док термин мобилно ласерско скенирање (МЛС) подразумева монтирање на возила попут аутомобила или пловила.

Авионско ласерско скенирање примењује се за потребе прикупљања 3Д координата пре свега терена за потребе пројектовања. На основу прикупљених података могу се креирати дигитални модел терена (ДМТ) или дигитални модел површи (ДМП). Мобилни ласерски скенери (МЛС) погодни су за потребе снимања коридора, насипа и обала река, мапирање градова итд.

У последње време појавила се и могућност монтирања скенера на УАВ (Unmanned Aerial Vehicle). Врсту скенера која ће се користити за реализацију пројекта најчешће одређују карактеристике објекта. [1] [4]



Слика 2. а) Терестричко ласерско скенирање (ТЛС), б1) и б2) Авионско ласерско скенирање АЛС, в) Динамички скенер постављен на УАВ, г1) и г2) Мобилно ласерско скенирање (МЛС)

Развојем технологије ласерског скенирања створене су могућности за 3Д мерење тачака велике густине, а на бази добијених података могуће је креирати дигитални модел објекта од интереса.

Потреба за високо детаљним 3Д координатама терена и објеката јавља се у различитим инжењерским дисциплинама, као што су:

- Контрола квалитета, надзор и упоређење изградње са нацртима, посебно на комплексним градилиштима;
- Виртуелно планирање, анализа просторних односа између самих објеката, али и између објекта и околине (комплексне грађевине), дигитално архивирање инфраструктуре;
- Контрола различитих деформација на градилиштима (клизишта, раседи, деформације на објектима) снимањима целих градилишта, а не само раније одређених изабраних тачака. [2]

3. МОБИЛНО ЛАСЕРСКО СКЕНИРАЊЕ

Мобилно ласерско скенирање представља веома актуелну методологију прикупљања тродимензионалних топографских података. Мала тежина и величина уређаја омогућују лако монтирање на покретне платформе, што омогућава приступ подручјима ограниченог или отежаног приласка. [2]

У односу на авионско ласерско скенирање, мобилно скенирање је јефтиније и прилагодљивије специфичним потребама задатка. Релативно мала удаљеност од скенера до објекта приликом МЛС омогућава снимање профила на малој раздаљини и креирање облака тачака велике просторне резолуције. При брзини мањој од 40 km/h размак између профила је свега неколико центиметара. За потребе мапирања веће сцене мобилно скенирање има предност у односу на терестричко из разлога слабе ефикасности и компликованог планирања стајалишта и видљивих углова приликом терестричког скенирања.

Мобилни ласерски скенери чине један интегрисан систем опремљен инерцијалном јединицом (ИМУ), ГНСС пријемником и ласерским скенером. Улога инерцијалне јединице и ГНСС пријемника јесте одређивање тачне путање кретања и позиције у тренутку снимања, док ласерски скенер омогућава регистрацију 360° „без слепих тачака“. Овакав систем има могућност интегрисања са РГБ и НИР камером. Релативна тачност система је испод једног центиметра док апсолутна тачност највише зависи од ГНСС и ИМУ система. [5]

Све ово чини систем погодан за прикупљање топографских података за урбанистичко планирање подручја, за снимање коридора, индустријских постројења (укључујући надземне каблове, мостове, бране, луке, обале и реке), обале канала, путева, тунела, пешачких и бициклистичких стаза, авионских pista, железничких пруга, инфраструктурних објеката, инвентаризацију просторних ентитета итд.

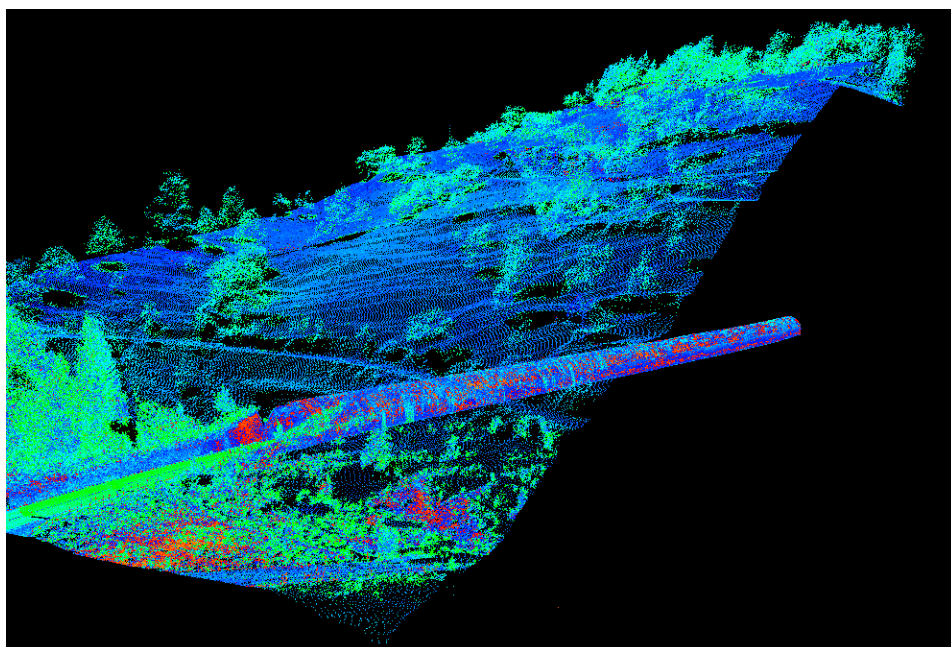
4. ПРОДУКТ СНИМАЊА

Продукт снимања ЛИДАР системом представља дигитални облак тачака првог и последњег еха, као и РГБ и НИР снимак рефлектујуће површине. Ласерски скенери новије производње могу мерити и до 250 профила по секунди са угловним помаком од 0.001° и могућношћу мерења до 1 000 000 тачака по секунди. При малој брзини кретања могуће је снимити облак тачака са густином и до неколико стотина хиљада тачака по квадратном метру.

Овако велика густина пружа веома добар увид у сваки детаљ објекта од интереса и омогућава веома прецизно моделирање. Међутим управљање овако великом количином података представља прави изазов те је стога препоручено прорачунати жељену гуштину података и оптимизовати мерења према томе.



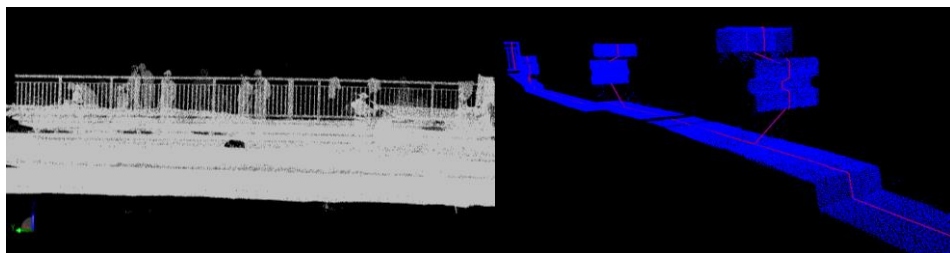
Слика 3. Облак тачака веома високе просторне резолуције улице Војводе Степе у Београду, 2015. година



Слика 4. Облак тачака мостовске и тунелске конструкције у северном делу Црне Горе као резултат примене МЛС, 2016. година

5. МОДЕЛИРАЊЕ

Потреба за 3Д моделима урбаних зона констатно расте и налази примену у најразличитијим дисциплинама, од планирања зелених површина до планирања војних операција. Иако овакве информације најчешће користе урбанистима и архитектама, 3Д модели градова могу послужити и за потребе дигиталног катастра, у управљању у случају катастрофа, а све већу примену налазе и у сагледавању постојеће комуналне инфраструктуре и њеном одржавању. [6]



Слика 5. Облак тачака веома високе просторне резолуције (лево) и извлачење профила из облака тачака (десно)

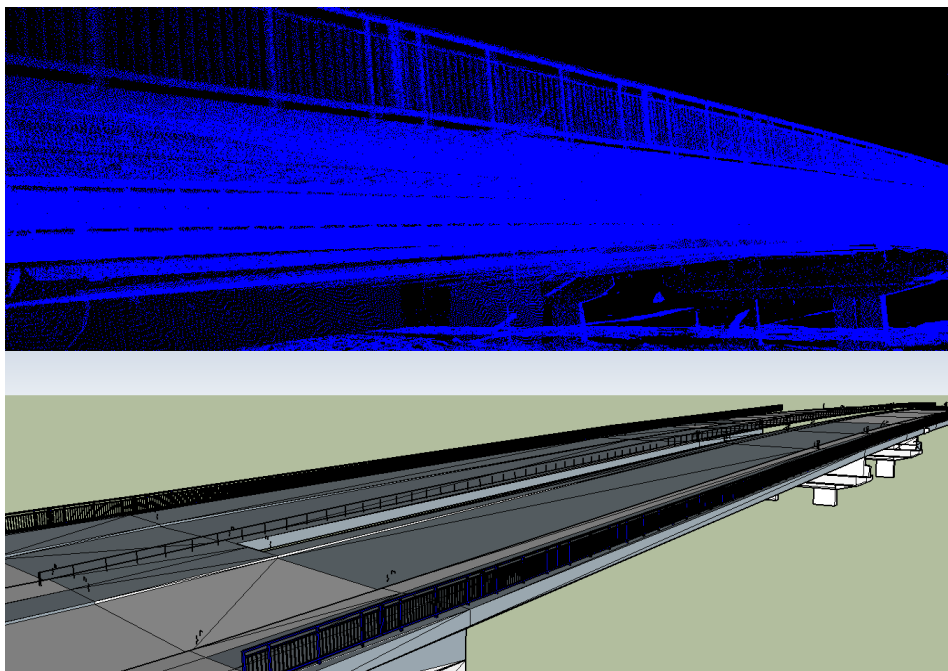
Пре моделирања потребно је извршити класификацију прикупљених података. Класификација је начин да се уклоне грешке настале услед шума као и да се облак тачака разврста на тачке настале рефлексијом од земљишта, вегетације или објеката. У поступку обраде података класификација представља кључну компоненту у креирању квалитетног дигиталног модела објекта од интереса.

Моделирање окружења из облака тачака може се вршити мануално, профилисањем и исцртавањем пресека што представља захтеван посао. У новије време развијени су софтвери који формирају површински модел објекта на ТИН (Triangulated irregular network) структури, а у себи имају имплементиране алгоритме за аутоматско детектовање једноставнијих форми објекта са аутоматским препознавањем ивица и делова објекта и алгоритми за полуаутоматско детектовање облика који у знатној мери могу унапредити и убрзати моделирање.

Облак тачака се све чешће наводи као посебна врста 3Д модела објекта. Разлог томе је велика просторна резолуција и висока прецизност које све више доводе у питање потребу 3Д моделирања облака тачака. [3]

Неки од разлога за моделирање облака тачака су:

- Већа прецизност модела са јасним ивицама и границама објекта;
- Компатибилност модела са CAD алатима;
- Знатно мања количина података која репрезентује објекат;
- Могућност прављења БИМ (Building information modeling) и имплементирање у моделе паметних градова (Smart City).



Слика 6. Моделирање моста профилисањем облака тачака на Булевару Европе у Новом Саду, 2015. година

6. ЗАКЉУЧАК

Савремене технологије, попут ласерских скенера у геодезији, донеле су промене у начину прикупљања просторних података и времену потребном за реализацију теренког рада. Нове технике омогућују израду веома ажурних и прецизних 3Д модела окружења у веома кратком временском интервалу. Велика детаљност прикупљених података отвара и могућности примене технологије на пројектима изведеног стања као основе за одржавање и пројекте санације инжењерских објеката попут мостова, тунела, свих врста саобраћајних инфраструктура, урбаних комплекса, обала канала и река и сл. јер омогућава веома добар увид у стање објекта.

Развојем новијих софтверских решења омогућена је лакша и бржа обрада прикупљених података са могућношћу моделовања објеката и окружења чиме се остварује бржа реализација пројекта и реалистичнија репрезентација. Над високо детаљним дигиталним моделом могуће је вршити различите анализе које могу помоћи у процесу одлучивању.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Ingensand : Metrological Aspects in Terrestrial Laser Scanning Technology, *3rd IAG / 12th FIG Symposium*, Baden, **2006**.
- [2] Т. Нинков, В. Булатовић, З. Сушић, Д. Васић : Мобилно ласерско скенирање у поступку масовног прикупљања података, *Зборник радова грађевинског факултета, Међународна конференција „САВРЕМЕНА ДОСТИГНУЋА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ 25“*, **2014.**, стр. 1113-1118
- [3] S. NEBIKER, S. BLEISCH, M. CHRISTEN : Rich point clouds in virtual globes – A new paradigm in city modeling?, *Computers, Environment and Urban Systems*, **2010**, стр 508–517
- [4] I. Puente, H. González-Jorge, P. Arias, J. Armesto, LAND-BASED MOBILE LASER SCANNING SYSTEMS: A REVIEW, *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-5/W12, **2011**, str.163-168
- [5] A. Kukko, H. Kaartinen, J. Hyypä, Y. Chen, Multiplatform Mobile Laser Scanning: Usability and Performance, *Sensors* **2012**, ISSN 1424-8220, стр. 11712-11733
- [6] <http://geospatialworld.net/Paper/Application/ArticleView.aspx?aid=1375>, преузето 14.03.2016.

POINT CLOUD AND 3D MODEL OF BUILT DESIGN AS BASIS OF FACILITIES MAINTENANCE AND REPAIR

Summary: 3D visualization of space and facilities providing realistic environmental representation. Modern technologies such as LIDAR gives opportunities of space inventory with great accuracy, and modern software solutions offer the possibility of visualizing and modeling the same. Density of terrain structural lines and ensuring accuracy level for all types of design, LIDAR technology in terms of efficiency beyond traditional techniques of mass data collection. The paper presents the final products of technology that represent the basis for the development for repairing projects, reconstruction and built design of engineering structures, such as bridges, tunnels, transport infrastructure, urban complexes, etc.

Keywords: LIDAR, Point cloud, 3D model