

DEFINISANJE PLAVNIH PODRUČJA KORIŠĆENJEM LIDAR TEHNOLOGIJE

Ana Jelovac¹, Milica Ružić², Đorđe Čolaković³

Apstrakt: Vode predstavljaju, kako veliki razvojni potencijal, tako i veliki izvor opasnosti. Iz tog razloga, za prostor uz vodotokove, kao i za sve pokretne i nepokretne objekte koji bi se mogli naći na tim prostorima, važe znatna ograničenja kada govorimo o korišćenju prostora. U cilju smanjenja rizika i opasnosti na pomenutim područjima za urbaniste, prostorne planere, vlasnike objekata, investitore, a i mnoge druge, važna je što preciznija definicija granica plavnih područja. Za dobijanje preciznih podataka o njima ključni su precizni i pravovremeni ulazni podaci topografiji terena, položaju i geometriji objekata koji mogu uticati na tok vode kao i podaci o režimu oticanja. U cilju dobijanja podataka izuzetne tačnosti priobalnog područja, u većini evropskih i američkih zemalja, koristi se LiDAR tehnologija (engl. Laser Imaging Detection And Ranging). Ova tehnologija pruža visinske podatke o topografiji terena i na osnovu tih podataka prave se digitalni modeli terena (DMT) visoke preciznosti. Na osnovu njih se rade precizni prikazi graničnih linija vode na plavnim područjima, vrši se zoniranje korišćenja prostora kao i planiranje postavljanja infrastrukturnih i drugih objekata u priobalnom području. Pod svetlom skorašnjih poplava na teritoriji Republike Srbije, ali i okolnih zemalja, moramo napomenuti da se upotrebom LiDAR tehnologije ubrzava sam proces i poboljšava kvalitet nacrti i mapa koje upozoravaju na ili simuliraju poplave na datim područjima. Na osnovu LiDAR podataka mogu se raditi različite procene i analize visine poplavnih talasa, zahvaćenosti područja, simulacije poplava, visokih voda i dr. Bitno je napomenuti da ova merenja daju važne podatke i mnogim drugim strukama i korisnicima, odnosno svima onima, kojima je topografija bitan ulazni podatak – upravni organi, opštine, službe za zaštitu i spašavanje, privatni sektor.

ključne reči: LiDAR, laserske tačke, digitalni model terena, 3D animacija i simulacija, poplave, plavno područje.

Abstract: The waters represent a large development potential, as well as a great source of danger. For this reason, the areas along the watercourses, especially flood areas, as well as all movable and stationary objects that could be found there, have a large amount of restrictions when it comes to use of space. In order to reduce the risks and danger in areas mentioned above, the main concern for town planners, spatial planners, owners, investors, and many others, is to get as precise definition of the boundaries of floodplains as possible. In order to reach accurate data about them the key input is accurate and real time data about topography, location and geometry of objects that may affect the water flow as well as data on the onflow regime. In order to obtain outstanding data accuracy coastal areas in most European and American countries, used LiDAR technology (Laser Imaging Detection

¹ student master studija, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, 11000 Beograd, anajelovac.bg@gmail.com

² student master studija, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, 11000 Beograd, micalukic92@yahoo.com

³ student master studija, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, 11000 Beograd, coladjole@yahoo.com

Definisanje plavnih područja korišćenjem lidar tehnologije

And Ranging). This technology provides height information on the topography and based on these data, it provides highly accurate digital terrain models (DTM). Based on DTM, precise representations of the boundary lines of water on the floodplain are made, floodplain is being divided into different zones based on usage of space, and infrastructure and other facilities in the coastal area are being planned. In the light of recent floods on the territory of the Republic of Serbia, but also neighboring countries, we must note that the use of LiDAR technology accelerates the process and improves the quality of drawings and maps that warn us or simulate floods in given areas. By using data that LiDAR provides, we can make various assessments and analyzes about the height of floods, involved areas, different flood simulations, high water levels and others. It is important to note that these measurements provide important information for many other professions and users – all those to whom topography is an crucial input data – administrative authorities, municipalities, Protection and Rescue service, the private sector.

Keywords: LiDAR, laser dots, digital terrain model, 3D animation and simulation, floods, floodplain.

UVOD

Sa jedne strane, vode predstavljaju veliki razvojni potencijal, dok sa druge strane predstavljaju izvor opasnosti (visoke vode, poplave, bujice, klizišta, zaraza i dr.). Dodatne probleme može stvoriti nepravilno gazdovanje tim vodama, kao i nepravilno korišćenje priobalnog prostora, što je u slučaju naše države veoma često. Iz tog razloga veoma je bitno utvrditi granice plavnih područja kao i istražiti verovatnoću pojave i opseg uticaja 10, 20, 100- ili višegodišnjih voda. Na osnovu tih granica, dalje se različitim zakonima i pravilnicima utvrđuju načini korišćenja površina koje mogu biti pod uticajem voda. Te granice određuju i vrste i namene objekata u području priobalja. Ono što je od krucijalne važnosti jeste poštovanje tih zakona i pravilnika kako bi se umanjila moguća štetna dejstva voda. Kod nas veliki problem predstavlja nepoštovanje naloženih pravila i uopšte, slaba zakonska regulativa, ali to je veoma široka problematika kojom se u ovom radu nećemo baviti.

Poplave predstavljaju jednu od osnovnih prirodnih katastrofa. Čini se da su one sve češća pojava, ili se barem, u javnost sve češće plasiraju vesti o različitim poplavama, kako i kod nas tako i u svetu. Poplave zbog svoje nepredvidljivosti i brzine dešavanja, kao i zbog velikog nedostatka vremena za ljudsku organizovanu reakciju, izazivaju velike štete, ne samo materijalne nego i one iskazane u izgubljenim ljudskim životima. Osim mera, aktivnosti i radova, upravo je brzina reakcije u toku dešavanja poplave od ključnog značaja za svođenje šteta od poplave na minimalnu meru. Planovi odbrane sa egzaktnim podacima, kompjuterskim modelima potencijalnih događaja, ali i iskustvima iz prošlosti, moraju biti detaljno razrađeni i zasnovani na realnim zahtevima i mogućnostima, kako bi u datoj situaciji bili primenjivi (Stefanović, Gavrilović, Bajčetić, 2014).

Plavnim zonama označavamo prostor zemljišta koje se tokom poplava plavi. Kako bi, uopšte, napravili detaljan plan mera odbrane veoma je bitno odrediti plavnu zonu. Proračun plavne zone zavisi od tačnosti podataka o rečnom koritu i potencijalnoj plavnoj zoni, kao i o uslovima proticanja. Takvi podaci se dobijaju geodetskim snimanjem, a potrebna preciznost utvrđuje se na osnovu potreba konkretnog zadatka, u skladu sa propisima iz oblasti geodezije, premera i katastarsa zemljišta. Geodetska snimanja sa zadovoljavajućom tačnošću je moguće izvršiti klasičnim snimanjem, koje je najskuplji i najsporiji vid kada se radi o velikim površinama. Klasično snimanje je isplativo samo u slučaju malih površina. Za snimanja velikih površina koriste se uglavnom razne metode daljinske detekcije, snimanjem iz raznih letelica i satelita. Snimanja mogu biti fotografska, multispektralna, radarska, laserska ili kombinovana. Danas su najbolji rezultati snimanja plavnih zona bujičnih tokova i malih reka postignuti sistemom LiDAR. Reč je o laserskom i fotografskom snimanju koje

daje skup podataka u više nivoa primenljivih i za druge namene osim onih za određivanje plavnih zona (Stefanović, Gavrilović, Bajčetić, 2014). Ukratko, sistem LIDAR obezbeđuje sledeće klase podataka:

- podatke o terenu – DTM (digitalni model terena),
- podatke o vegetaciji i njenoj visini,
- podatke o izgrađenim objektima,
- ortofoto snimak terena,
- infracrveni snimak terena (koristi se za otkrivanje bliske podzemne vode).

Zbog navedenog skupa podataka i visoke preciznosti, koja je oko deset puta veća u odnosu na ostale metode daljinske detekcije i približna je preciznosti klasičnog snimanja, sistem LIDAR je danas najzastupljenija metoda snimanja u EU i na drugim kontinentima.

LIDAR TEHNOLOGIJA

Pojavom LiDAR tehnologije prostorno planiranje, geodezija, arheologija i mnoge druge oblasti ulaze u jedno novo razdoblje. Ovim mernim postupkom višestruko raste brzina merenja i količina informacija pri istovremenom smanjenju cene rada na terenu. LiDAR tehnologija predstavlja novu eru u prikupljanju prostornih podataka. LiDAR sistem za prikupljanje podataka koristi:

- jak laserski senzor koji se sastoji od predajnika i prijemnika;
- GPS (Globalni pozicioni sistem) prijemnik sa tačnošću koja odgovara geodetskim zahtevima;
- uređaj za Inercijalni navigacioni sistem koji određuje orijentaciju (INS, engl. Inertial Navigation System, ili IMU, engl. Inertial Measurement Unit);
- jedinicu za memorisanje podataka.

Laserski uređaj je prikačen za telo letelice (avion, helikopter) koja obično leti na visinama od 200-300 m za helikopter i 500-1000 m za avion. Sa novim sistemima visine idu i do 3000 m, ili čak 6000 m kao posebna opcija. Tipična brzina leta je od 200 do 250 kilometara na sat. Ako se kao platforma koristi helikopter snimanje može da se izvodi i sa visine od 20-50 m u zavisnosti od potreba. Princip merenja je jednostavan. Skener emituje impulse sa visokom frekvencijom, koji se od površi snimanja reflektuju natrag do instrumenta. Ogledalo unutar laserskog transmitera pomera se rotirajući upravno na pravac letenja, čime se omogućava merenje u širem pojasu. Vreme proteklo od emitovanja do prijema signala i ugao otklona od vertikalne ose instrumenta koriste se za određivanje relativne pozicije svake merene tačke. U isto vreme, apsolutna pozicija senzora određuje se GPS-om svake sekunde, dok IMU obezbeđuje orijentaciju. Podaci laserskog skeniranja kombinuju se sa vrednostima pozicije skenera i orijentacijom da bi se dobila trodimenzionalna koordinata laserskog otiska na površi terena (Ivanišević & Bugarski, 2012). Raspored i gustina tačaka na terenu zavise od visine leta, brzine letelice, frekvencije oscilovanja ogledala, frekvencije lasera i ugla oscilovanja ogledala. Ugao oscilovanja ogledala kreće se od 7 do 20 stepeni, levo i desno od pravca letelice. Za područja i koridore koji su širi od ove trake, vrše se snimanja u više traka, pri čemu se mora voditi računa da se obezbedi preklap između istih (Miler et al., 2007).

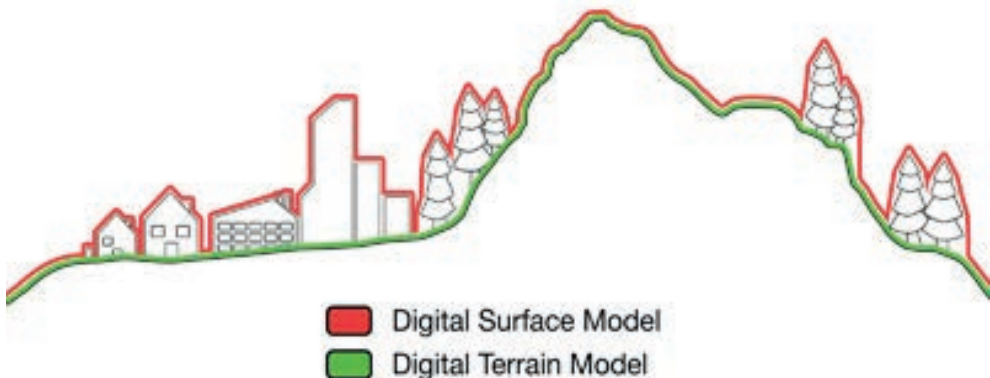
DMT I LIDAR TEHNOLOGIJA

Digital Elevation Model (DEM), je kontinualni matematički model koji prikazuje snimljenu površ Zemlje. Snimanje se može izvoditi u različitim sredinama, urbanim ili ne, na terenima sa gustom vegetacijom ili bez nje, na terenima sa prirodnim ili veštačkim objektima i nezavisno od vrste terena, pri čemu je kvalitet dobijenog proizvoda podjednako zadovoljavajući. Digitalni model površi i digitalni model terena predstavljaju dve vrste DEM modela (Ivanišević & Bugarski, 2012).

U praksi se najčešće sreću sledeći nazivi:

- Digitalni model visina - DMV (engl. Digital Elevation Model - DEM ili ređe Digital Height Model - DHM, naziv koji vodi poreklo iz Nemačke), koji se po pravilu odnosi na sistem visina u pravilnoj mreži tačaka i obično je to pravougaoni raster koji prekriva površ terena.
- Digitalni model terena - DMT (engl. Digital Terrain Model - DTM), koji predstavlja mnogo složeniji i sveobuhvatniji koncept i koji uključuje ne samo visine tačaka, već i druge karakteristike terena (prekidne i strukturne linije terena, karakteristične tačke, i sl.). Pored ovih, može sadržati i neke izvedene informacije, kao što su nagibi, aspekti, vidljivost i slično. U užem smislu DMT predstavlja reljef terena, dok u širem on može da obuhvati pored reljefa i objekte i pojave koji se nalaze na površi terena.
- Digitalni model površi - DMP (engl. Digital Surface Model - DSM) se, za razliku od prethodna dva termina koji se odnose na „golu“ površ terena, odnosi na model površi koja, pored terena, uključuje i objekte i pojave koji su neposredno na površi terena (zgrade, vegetacija,...).

Slika 1. Šematski prikaz razlike između DEM modela (<http://www.computamaps.com/>)



Tokom izrade topografskih planova i u raznim fazama projektovanja koriste se oba modela, i DSM i DTM. Za potrebe prostornog planiranja posebno je koristan DTM, koji se izvodi iz prvog modela prilikom obrade podataka. Da bi se dobio DTM, potrebno je, primenom tzv. inteligentnih algoritama, izvršiti klasifikaciju tačaka u tri kategorije. Po principu prve i poslednje od sličnih po visini, grupišu se tačke koje pripadaju Zemljinoj površi, objektima ili vegetaciji. Na osnovu tačaka koje su klasifikovane kao tačke terena, dakle, pravi se DTM (Ivanišević & Bugarski, 2012).

Neke standardne analize i oblasti primene LiDAR tehnologije i DMT-a su:

- Izrada 3D modela gradova;
- Kartiranje koridora (pojasevi eksproprijacije za dalekovode, gasovode, puteve);
- U šumarstvu (kartiranje površi terena i površi šumskog pokrivača);
- Kartiranje priobalja (priobalne zone);
- Snimanja za potrebe raznih inženjerskih projekata (saobraćajnice, rudnici, velika gradilišta, brane);
- Kartiranje plavnih zona (za izradu modela za razna scenarija plavljenja);
- Kartiranje močvarnih i drugih nepristupačnih područja pod gustom vegetacijom;
- Snimanja u slučaju nepogoda (uragani, zemljotresi) za potrebe procene štete i otklanjanje posledica;
- Prikupljanje podataka DMT-a za potrebe ortofotoprodukcije;
- Kod izrade svih drugih geodetskih podloga krupnih i srednjih razmera.

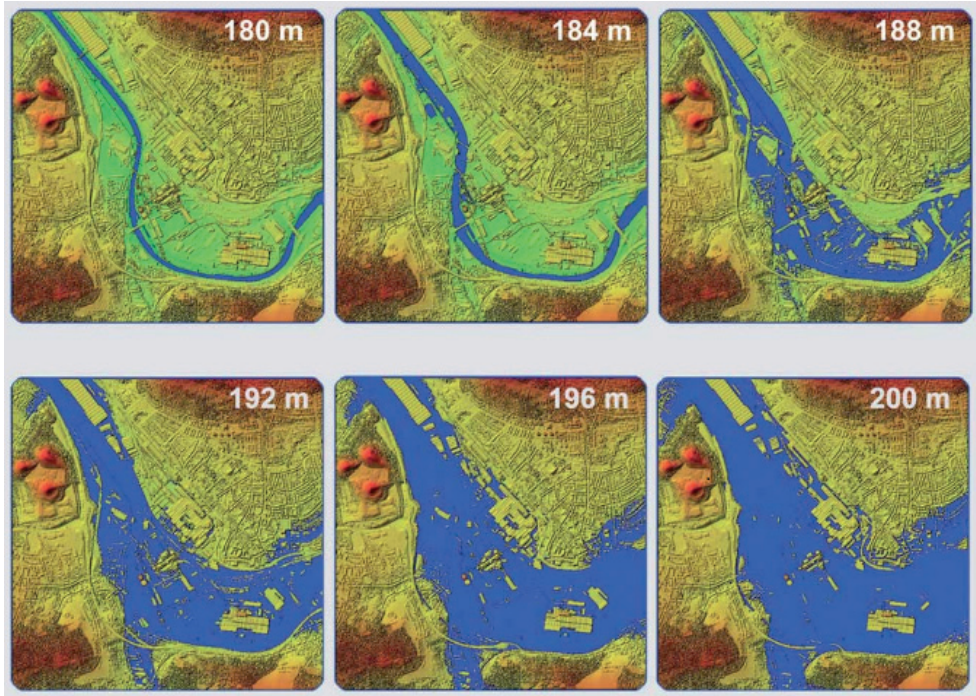
LIDAR TEHNOLOGIJA I ZAŠTITA OD POPLAVA

LiDAR tehnologija je veoma efikasna kada su u pitanju zaštite od poplava. Ona nam daje podatke koji se koriste u analizi događaja prilikom poplave – određuje se nivo vodne površine u rečnom koritu pri protocima različitih verovatnoća kao i njihove plavne linije do kojih voda dolazi u slučaju izlivanja iz korita, zatim dubine, pravce i brzine vodnih tokova na poplavljenom području. Analiza pomenutih parametara predstavlja podlogu za zoniranje plavnih područja radi definisanja stepena opasnosti, odnosno ugroženosti, za čoveka, objekte i delatnosti.

Primer: 12. avgusta 2002. godine reka Elba dostigla je najviši mereni nivo vode u istoriji od 9,4 m. Normalna dubina Elbe u gradu Drezdenu, koji je tom prilikom bio najviše oštećen, je oko 2 m. Nakon ove poplave LiDAR tehnologijom napravljen je precizan digitalni model terena pomoću kog se simulirala potopljenost grada u zavisnosti od visine vode. To je bila osnova za pravljenje strategije zaštite od poplava na teritoriji svih plavnih područja u Nemačkoj i dalje, širom Evrope.

Definisanje plavnih područja korišćenjem lidar tehnologije

Slika 2. Prekrivenost grada vodom u odnosu na nadmorske visine (Izvor: Lična arhiva)



Srbija: Republički [geodetski zavod](#) je u saradnji sa francuskim konzorcijumom "IGN Franse Enternacional" i "EADS Astrium" pokrenuo još 2010. godine [projekat](#) IGIS. Cilj projekta IGIS je uspostavljanje kapaciteta u Srbiji za obezbeđenje geoinformacija i visokotehnoloških komponenti radi unapređenja nacionalnih kapaciteta u primeni *geodetskih podataka*. U okviru implementacije IGIS projekta, završeni su radovi na prikupljanju podataka primenom LiDAR tehnologije za potrebe izrade visokopreciznog DMT-a za plavno područje reke Tise, u površini od 1.870 km². Gustina prikupljenih tačaka iznosi 2,3 tačke/m², čime je obezbeđena adekvatna gustina i homogenost u rasporedu prikupljenih tačaka za potrebe izrade visokopreciznog digitalnog modela terena. Visokoprecizni DMT plavnog područja reke Tise će se primarno koristiti za definisanje zona ugroženosti od poplava i planiranje aktivnosti na polju zaštite ugroženih zona, od strane nadležnih institucija na državnom i lokalnom nivou (<http://www.rgz.gov.rs/>).

ZAKLJUČAK

Ono što mi dobijamo kao rezultat jeste bolje poznavanje stvarnog stanja vodotokova i njihovih plavnih područja u realnom vremenu, jer već i najmanje promene topografije mogu uticati na režim oticanja vodotokova. Što tačnije karte, sa gradacijom opasnosti od poplava, potrebne su kako organima za zaštitu i spašavanje, tako i svim ostalima koji planiraju ili koriste vodni i priobalni prostor. S obzirom da na tim područjima važe znatna pravna i fizička ograničenja upotrebe, potrebno je da se svi korisnici upoznaju sa stvarnim stanjem u prostoru kao i sa različitim scenarijima budućnosti. Osim za precizno definisanje plavne zone i zone rizika od poplava, ovaj način snimanja se koristi za izradu urbanističkih i infrastrukturnih planova, kao i za izradu potpune geodetske podloge potrebne za projektovanje, posebno

za rad sa brojnim softverskim projektantskim programima. LiDAR tehnologija omogućava sveobuhvatno sagledavanje opasnosti od poplava, izradu preciznih karata plavnih područja, simulaciju poplava, planove ugroženosti zona, planove evakuacije kao i mnoge druge analize od krucijalne važnosti za najefikasnije korišćenje vodnog i priobalnog prostora kao i za adekvatnu i pravovremenu zaštitu od mogućih negativnih efekata vode.

LITERATURA:

1. Jelovac, A. (2015): LiDAR tehnologija i njena primena u istraživanju geoprostora. Beograd: Geografski fakultet, završni rad.
2. Belić J., Aleksić M., Simić M. (2011): Use of MicroStation in the digital dataprocessing, Zbornik radova, International scientific conference and XXIV meeting of Serbian surveyors, Beograd.
3. Cvijetinović, Ž. (2008): Digitalno modeliranje terena. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd.
4. Gosar, L., Steinman, F., Banovec, P. (2007) Upotreba LiDAR podataka za izračune poplavnog područja. Voda i mi, vol. 11, br. 55, 8-19.
5. Ivanišević, V., Bugarski, I. (2012): Primena LiDAR tehnologije u analizi topografije Marguma/ Morave i Kuliča. Arheološki institut, Beograd.
6. Kraus, K., Pfeifer, N. (1998): Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. ISPRS, Vienna.
7. Li, Z., Zhu, C., Gold, C. (2004): Digital terrain modeling: principles and methodology. CRC Press, Boca Raton, FL.
8. Ninkov, T., Bulatović, V., Sušić, Z., Vasić, D. (2010). Savremene metode monitoringa prostora obuhvaćenih prostornim planovima i urbanističkom dokumentacijom. Letnja škola urbanizma – Tara.
9. Stefanović, M., Gavrilović, Z., Bajčetić, R. (2014). Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava. OEBS, Misija u Srbiji.
10. <http://www.finanznachrichten.de/>
11. <http://www.lidar.com/>
12. <http://www.oceanservice.noaa.gov/>
13. <http://www.rgz.gov.rs/>
14. <http://www.uav-lidar.com/>