

MOGUĆNOSTI PRIMENE LIDAR TEHNOLOGIJE ZA POTREBE MONITORINGA ŠUMA I ŠUMSKOG ZEMLJIŠTA NA PODRUČJU REPUBLIKE SRBIJE

Ana Jelovac¹, Milica Lukić², Ana Lukić³

Apstrakt: Šume predstavljaju jedan od najvećih prirodnih resursa svake države. Njihove uloge i funkcije su raznolike, a značaj za očuvanje životne sredine neprocenjiv. Šumski ekosistemi važan su deo ukupnog biodiverziteta, činioci su stabilnosti klimatskih elemenata, prirodni su filteri vazduha, imaju značajnu hidrološku ulogu, umanjuju intezitet erozije, preventivno utiču na pojavu klizišta, osnova su razvoja brojnih privrednih grana sa posebnim akcentom na turizam, a takođe imaju izražen naučni i edukativni karakter. Pod uticajem čovekovih aktivnosti pritisak na šumska područja izuzetno je pojačan. U cilju sprečavanja dalje degradacije i uspostavljanja održivog načina korišćenja šumskog zemljišta, između ostalog, neophodna je adekvatna i pravovremena informaciona osnova. Radi dobijanja podataka visoke tačnosti, u velikom broju ekološki razvijenih zemalja koristi se LiDAR tehnologija (*Laser Imaging Detection And Ranging*). Tehnologija pruža visinske podatke o topografiji terena i na osnovu tih podataka izrađuju se digitalni modeli terena (DMT) visoke preciznosti. Na osnovu LiDAR podataka i DTM-a mogu se vršiti različite analize praćenja stanja šumskog pokrivača, zoniranje korišćenja prostora, kreiranje simulacija kretanja mogućih požara, procene zahvaćenosti, ugroženosti i verovatnoće pojavljivanja istih, procene nastale štete i slično. Bitno je napomenuti da ova merenja pružaju važne informacije svim korisnicima prostora kojima je topografija bitan ulazni podatak – organi uprave, službe za zaštitu i spašavanje, privatni sektor i dr.

Ključne reči: monitoring, šume i šumsko zemljište, LiDAR tehnologija, digitalni modeli terena, Republika Srbija

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF LIDAR TECHNOLOGY FOR THE PURPOSE OF FOREST AND FOREST LAND MONITORING IN REPUBLIC OF SERBIA

Abstract: Forests represent one of the most valuable natural resources of any country. Their roles and functions are various and their importance for preservation of environment is immeasurable. Forest ecosystems make an essential component of the overall biodiversity, they represent factors of climate stability, natural air filters, play a significant role in hydrology, reduce erosion intensity, help prevent landslides, create basis for development of

¹ JIE Engineering, Bulevar Mihajla Pupina 10E, 11000 Beograd, E-mail: anajelovac.bg@gmail.com

² doktorand, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, 11000 Beograd

³ student, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, 11000 Beograd

Mogućnosti primene LiDAR tehnologije za potrebe monitoringa šuma i šumskog zemljišta na području Republike Srbije

many fields of economy, especially tourism, but also have a significant scientific and educational character. The pressure created by various human activities on forests is increasing. In order to prevent further degradation of forests and re-establish sustainable forestry it is necessary that we use adequate and up to date informational base. For obtaining high precision data a great number of ecologically developed countries apply LiDAR technology (*Laser Imaging Detection And Ranging*). This technology provides elevation information on the terrain topography and on the basis of the given data it generates high precision digital terrain models (DTMs). Based on LiDAR and DTM data different types of analysis can be made, such as forests monitoring, land use zoning, potential forest fire stimulations, estimation of fire size and its course, odds of occurring, damage evaluation, etc. It is important to mention that this technology provides highly useful information to all land users who consider topography as a significant data input – administrative authorities, rescue and protection services, private sector, and others.

Keywords: monitoring, forests and forest land, LiDAR technology, digital terrain model, Republic of Serbia

LIDAR TEHNOLOGIJA I NJENE MOGUĆNOSTI

LiDAR (engl. *Light Detection and Ranging*) jeste relativno nov alat za prikupljanje georeferenciranih podataka, koji je zasnovan na korišćenju laserskog skenera, IMU i GPS-a za određivanje rastojanja od senzora do objekata i terena u prostoru. Kada je u pitanju LiDAR-sko snimanje koridora karakteristike su sledeće: snimanje se vrši helikopterom, sa manjih visina, obično je to uzani pojas za snimanje, dobija se velika gustina snimljenih tačaka i visoka rezolucija digitalnog snimka, nivo tačnosti je izuzetno precizan, a laser koji se koristi je bezopasan za oko. Kako funkcioniše LiDAR prikupljanje 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. Tipična brzina leta je od 200 do 250 km/h. Laserski uređaj 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). Prilikom snimanja terena, najčešće se javlja potreba za integrisanjem i RGB/NIR kamere visoke rezolucije koje omogućuju izradu kvalitetnih ortofotoplanova rezolucije i do 2 cm, u zavisnosti od visine preleta i potreba za preciznošću podataka.

Obradom ovih podataka dobijaju se koordinate za svaku tačku na površini terena od koje se odbio laserski zrak. Ova tehnologija se najčešće koristi za generisanje digitalnog modela visina – DEM (engl. *Digital Elevation Model*), snimanje se može izvoditi u raznim sredinama, urbanim ili ruralnim, na terenima sa gustom vegetacijom ili ogoljenim površinama, terenima sa prirodnim objektima ili veštačkim, opasnim, zabranjenim ili nepristupačnim terenima. Bez obzira na karakteristike terena kvalitet dobijenog proizvoda je podjednako zadovoljavajući (Ivanišević & Bugarski, 2012).

Najnoviji LiDAR senzori imaju uključenu MPIA tehnologiju (*Multi Pulse In Air*) ili više pulseva u jednom zraku. Ova tehnologija omogućava sistemu da koristi veći broj pulseva nego ranije (Roth, Thompson, 2008). Samim tim emitovani zrak može imati višestruku refleksiju, što uzrokuje da određena tačka ima iste koordinate, ali različitu visinu. Prva refleksija može poticati od vegetacije ili površine objekta, vode ili sličnog, dok poslednja najverovatnije potiče od površi Zemlje ili veštačkog objekta. Ukoliko je prvi impuls gotovo jednak poslednjem, po pravilu je reč o tački na površi Zemlje. Ne može se izdvojiti podatak da li refleksija potiče od

Zemljine površi ili nekog objekta, ali to najčešće postaje očigledno prilikom obrade podataka. LiDAR sistem je u stanju da razlikuje do 5 višestrukih povratnih signala svakog odaslatog impulsa, što omogućava istovremeno određivanja površi biljnog pokrivača i površi terena.

LiDAR tehnologija poseduje takve osobenosti koje su omogućile njenu uspešnu primenu u brojnim oblastima planiranja, uređenja i zaštite geoprostora, potput: izrade 3D modela gradova, inženjerskih projekata, kartiranja obalskih zona, infrastrukturnih koridora, šumskih područja, visokoplaninskih, močvarnih i drugih teško dostupnih oblasti, zatim snimanje terena za potrebe sanacije u slučajevima prirodnih katastrofa (poplava, požara, zemljotresa...) i akcidenata, prikupljanje podataka DMT-a za potrebe ortofotoprodukcije i izradu različitih geodetskih podloga itd.

Pored svih prednosti koje kao merna metoda LiDAR tehnologija poseduje, potrebno je izdvojiti i ono što ograničava njenu primenu, a to je (Cvijetinović, 2008): ukoliko je tlo koje se snima prekriveno snegom, snimanje terene neće biti u dovoljnoj meri precizno izvedeno, jer se merenja vrše samo do ivice snežnog pokrivača; takođe, oblačno, kišovito, vetrovito i maglovitno vreme predstavljaju ograničavajući faktor, jer u toj disperzionoj sredini može doći do višestruke refleksije, odnosno do povećanog broja šuma i težeg detektovanja šuma od signala, a kvalitet radova i podataka snimanja znatno će se umanjiti.

STANJE I INDIKATORI OCENE STANJA ŠUMA I ŠUMSKOG ZEMLJIŠTA U REPUBLICI SRBIJI

Šume i šumsko zemljište predstavljaju dobro od opšteg interesera sa brojnim ekonomskim, socijalnim i ekološkim funkcijama. Republika Srbija raspolaže velikim bogastvom biodiverziteta čiji se veliki deo nalazi upravo u okviru šumskih ekosistema. U šumama Srbije prema IUCN kategorizaciji prisutan je veliki broj reliktnih, endemičnih, retkih i ugroženih predstavnika flore i faune koji posebno doprinose važnosti i značaju naših šuma. Održivo i adekvatno gazdovanje šumama i njihova zaštita obezbediće očuvanje biodiverziteta i genofonda šumskih zajednica, kao i unapređenje opšteg stanja životne sredine na promatranom području.

Planiranje, korišćenje i zaštita šuma u Republici Srbiji zasniva se na postojećem pravnom, strateškom i institucionalnom okviru koji čine: Zakon o šumama ("Sl. Glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 89/2015), Zakon o divljači i lovstvu ("Sl. Glasnik RS", br. 18/2010) i Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije ("Sl. Glasnik RS", br. 59/06). Zakon o šumama ujedno definiše i monitoring šuma kao "sistem stalnog praćenja i analize ukupnog stanja šumskih ekosistema, a posebno njihove vitalnosti, zdravstvenog stanja i biološke raznovrsnosti radi preduzimanja mera prevencije i njihove zaštite" koji je predmet ovog rada. Institucionalni okvir organizovan je kroz Upravu za šume, kao organa uprave u sastavu Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine i Javna preduzeća "Srbijašume" i "Vojvodinašume". Republika Srbija se smatra *srednje šumovitom zemljom* sa oko 30% državne teritorije pod šumom. Najveće šumske površine zastupljene su na području središnje Srbije, a najmanje na teritoriji AP Vojvodina. Opšta slika je nezadovoljavajuća.

Najznačajniji problemi upravljanja šumama i šumskim zemljištem u Republici Srbiji su sledeći (Strategija razvoja šumarstva, 2006; Банковић, Медаревић, Пантић, Петровић, Шљукић, Обрадовић, 2009; Nevenić, Rakonjac, 2011):

- *Problem postojanja različitih i uzajamno isključujućih podataka o stanju i kvalitetu šuma* - koji se javlja kao posledica postojanja nedefinisanih i neusklađenih metodologija i standarda koji su u Srbiji primenjivani u procesu monigoringa šumskih ekosistema. Osnovni cilj održivog upravljanja šumskim resursima jeste uravnoteženo korišćenje svih funkcija šuma u skladu sa principima održivog razvoja. Kako bi se to ostvarilo neophodno je uspostaviti adekvatan, standardizovan i blagovremen monitoring stanja i kvaliteta šuma, šumskog zemljišta i ekosistema

Mogućnosti primene LiDAR tehnologije za potrebe monitoringa šuma i šumskog zemljišta na području Republike Srbije

na teritoriji Republike Srbije, definisati nacionalne kriterijume i indikatore koji će biti u skladu sa evropskim, aktivno raditi na uvođenju i primeni novih tehnologija u oblasti upravljanja šumama, formirati jedinstven informacioni sistem šumarstva koji će biti usklađen sa informacionim sistemom EU i dr.

- *Visok procenat učešća šuma lošijeg kvaliteta*, na neodgovarajući način negovanih veštački podignutih šuma i nedovoljno učešće visoko kvalitetnih i vrednih visokih prirodnih šuma
- *Šume su pretežno izdaničkog porekla, starosna struktura je nepovoljna*, čime je ekološka ravnoteža šuma narušena, što dalje implicira umanjenu funkcionalnu vrednost šumskog fonda.
- *Zdravstveno stanje šuma je na nezadovoljavajućem nivou* – rezultati istraživanja ukazuju na to da defolijacija i dekolorizacija postaju sve rasprostranjeniji problemi, posebno kada se govori o četinarskim vrstama.
- *Sve intenzivniji pritisak čoveka na izrazito osetljive šumske ekosisteme* – čovek svojim nesavesnim i neracionalnim aktivnostima u prostoru, zloupotrebom i prekomernim eksploatacijom resursa degradira šumski fond, koji je takođe ugrožen i prirodnim agensima poput elementarnih nepogoda ili požara koji predstavljaju rastući globalni problem degradacije istog.

Kako Republika Srbija aktivno vrši inkorporaciju evropskih direktiva u nacionalno zakonodavstvo i usklađivanje standarda sa ciljem približavanja EU, posebno u oblasti zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine Republike Srbije (SEPA) prilikom izrade godišnjih Izveštaja o stanju životne sredine primenjuje standardnu tipologiju indikatora Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA), pri čemu su indikatori izabrani na osnovu važnosti za ocenu stanja i dostupnosti podataka. Najznačajniji indikatori koji se primenjuju prilikom ocene i praćenja stanja šuma i šumskog zemljišta na teritoriji Srbije su (Грына ауропа, 2015; Popovic, Dzoljic, 2016):

1. *Površina pod šumom* (procenat teritorije pod šumom u odnosu na površinu Republike Srbije) - prema podacima CORINE Land Cover za 2012. godinu, površina pod šumom u Republici Srbiji (bez teritorije AP Kosovo i Metohija) iznosi 2 373 740 ha što predstavlja 30 % teritorije.
2. *Tipovi šuma* (procenat površine šume prema vrstama u odnosu na ukupnu površinu pod šumom) – u Republici Srbiji najzastupljenije su lišćarske šume sa 91,27%.
3. *Šumske vrste* (procentualna zastupljenost vrsta drveća prema broju stabala) – Nacionalna inventura šuma Republike Srbije evidentirala je 49 vrsta drveća, među kojima je najzastupljenija bukva, po brojnosti stabala 20,6% drveća, po drvnjoj zapremini 40% i zapreminskom prirastu 30%.
4. *Mešovita vrsta drveća* (indikator predstavlja procentualno zapreminsko učešće vrsta drveća u inventurnoj jedinici) - diverzitet i dinamika šumskih ekosistema zavisi upravo od pomenutog indikatora. Izdvajaju se monospecijske i multispecijske šume koje su bogatije i raznovrsnije (44% šuma u RS sastoji se od 4-5 različitih vrsta drveća).
5. *Zdravstveno stanje šuma* (predstavlja se kroz defolijaciju stabala u mreži monitoringa ICP Forests) – stanje četinarskih šuma u Republici Srbiji postaje iz godine u godinu sve lošije, a trend jake defolijacije četinarara dostigao je najvišu vrednost 2014. godine kada je iznosio 5,4%. Uvođenje ovog programa predstavljalo je značajan pomak za Srbiju u oblasti analize stanja šuma, ali i prekogranične i internacionalne saradnje. Prilikom snimanja terena i kasnije tokom obrade podataka u GIS-u posebna pažnja poklonjena je visini stabla, visini krune stable, prečniku na prsnoj visini, vidljivosti krošnje i dr. (Nevenić, Rakonjac, 2011; Bilibajkić & dr., 2014).

Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine, Palić-Subotica, 2017.

6. *Štete u šumama* (indikator predstavlja evidentiranu štetu u šumama prema agensima, izraženu u kubnim metrima) – prate se biotički, abiotički i antropogeni faktori poput bolesti, broj i vrste insekata i životinja, požari i elementarne nepogode, bespravna seča šuma i dr. Poslednjih godina beleži se intezivan porast svih oblika šteta u šumama.
7. *Štete od požara* (indikator predstavlja evidentiranu štetu od šumskih požara izraženu u m³ i ha) - najznačajniji oblik štete u šumama. Tokom 2014. godine u 12 šumskih požara izgorelo je 10 256 m³ drveta, a opožarena površine iznosila je 284 ha, što je za oko 30% više u odnosu na 2013. godinu. Sve češća pojava šumskih požara koji prouzrokuju ogromne materijalne, estetske i ekološke gubitke, zahteva pravovremenu i preventivnu zaštitu šuma. Detaljna procena opasnosti od požara koja bi uključivala sve elemente od značaja za pojavu požara nije sprovedena u Srbiji do sada, osim pojedinih istraživanja manjeg teritorijalnog obima i to najčešće u slučajevima nakon izbijanja požara za potrebe sanacije terena, a od elemenata u obzir su uzimane samo karakteristike vegetacionog pokrivača. Adekvatna zaštita šuma od požara zasniva se na primeni mera prevencije, pravovremenim snimanjem terena uz pomoć najnovijih dostupnih tehnologija radi prikupljanja podataka i sprovođenjem odgovarajućih mera zaštite (Ratknić, Đorđević, Bojović, Ratknić, 2014).
8. *Upravljanje šumama* (površinu pod šumom kojom se gazduje na osnovu planskih dokumenata, uz poštovanje principa održivog korišćenja prirodnih resursa). U Srbiji je 52,2 % šuma u privatnom, 39,8 % u državnom, a 8 % pripada drugim oblicima vlasništva.
9. *Potrošnja i prodaja iz šuma* (količina proizvedenih i prodatih šumskih sortimenata) – prodati šumski sortimenti predstavljaju svo drvo koje je izneseno iz državnih šuma, a njegova vrednost se u protekle dve decenije povećala sa 0,7 na 0,9 m³/ha šume.
10. *Prirast i seča šuma* (indikator meri održivosti proizvodnje drveta kao potencijala za buduću dostupnost drveta i seče drveta u šumama) – zapremina drvene mase u šumama Republike Srbije iznosi oko 363 miliona m³ odnosno oko 161 m³/ha. Seča šuma predstavlja antropogeni agens koji vrši najveći pritisak na šume, stoga ona mora biti planski sprovedena i strogo kontrolisana. Opseg seče iznosi oko 1/3 godišnjeg zapreminskog priraštaja drvene zapremine šuma, te se može oceniti kao zadovoljavajuć.
11. *Pošumljavanje* (površina pošumljenog šumskog zemljišta) - Tokom 2014. godine u Srbiji je pošumljeno oko 1 154 ha šumskog zemljišta. Na taj način doprinosi se očuvanju biodiverziteta i poboljšavnju prirodne strukture šuma, mada je nivo pošumljavanja niži u odnosu na period 2007. godina i perioda 1980-tih kada je pošumljavanje bilo u punom jeku.

LIDAR U SLUŽBI MONITORINGA ŠUMA I ŠUMSKOG ZEMLJIŠTA

Proces dobijanja pouzdanih podataka o šumskom inventaru je nekada zahtevao veliku količinu radne snage, instrumenata, novca i vremena. Tom prilikom šumski inventar je izučavan na osnovu tumačenja aero-foto snimaka, rada na terenu i korišćenjem podataka odabranih šumskih uzoraka (parcela). Na taj način samo deo šume ili šumskog zemljišta mogao je biti obrađen i popisan u jednoj godini što zahteva izradu projekcija vezanih za rast i razvoj šumskog fonda i promenu uslova na posmatranom području za višegodišnje periode. Osim toga, ovakav način monitoring šuma i šumskog zemljišta daje informacije samo o određenim karakteristikama šuma, što implicira da se sve dodatne informacije o posmatranom terenu

Mogućnosti primene LiDAR tehnologije za potrebe monitoringa šuma i šumskog zemljišta na području Republike Srbije

(hidrologija, analiza rečnih slivova, biomasa, osetljivost na požare i drugo) moraju prikupiti putem nekih drugih metoda ili dodatnim terenskim radom.

Krajem devedesetih godina mogućnosti pribavljanja ogromne količine pravovremenih podataka o šumama i "ogoljenim" modelima Zemljine površine (DTM) iz LiDAR snimanja, postaju interesna sfera šumarstva, odnosno svih agencija, instituta, fakulteta, zavoda i drugih ustanova koje se bave istim (Naesset et al., 2004).

Analiza vrednosti šumskih resursa podrazumeva paralelnu primenu mnoštva kriterijuma i indikatora, pri čemu se kao podloga koriste različite strukturne karakteristike i procesi koji se odvijaju u šumama, kao što su visine krošnji, odnosno stabala, obim i prečnik debela i krošnje, vidljivost krošnji, gustina i diverzitet šumskog pokrivača, količina drvne bio mase iznad površine zemlje, procenat površina pod šumama (kako u privatnom, tako i u državnom vlasništvu), intenzitet nelegalne i neplanske seče šuma, sposobnost apsorpcije ugljendioksida, "živa" i "neživa" vegetacija, vizuelni resursi, osetljivost na požare, moguće putanje kretanja vatrene stihije i drugo. Sve pomenute karakteristike i procese možemo dobiti iz merenja koja nam pruža LiDAR tehnologija. LiDAR daljinsko očitavanje predstavlja izuzetno korisnu mernu metodu čije podatke mogu koristiti najrazličitije šumarske aplikacije u svrhu istraživanja i analize šumskih resursa. Dobijene laserske tačke daju visoko egzaktnu 3D modele pojedinačnih stabala, pri čemu je, između ostalog, moguće na osnovu oblika stabala i krošnje utvrditi o kojoj vrsti drveta se radi.

Visina krošnje jeste najčešće korišćena karakteristika šume. Obzirom da se mnogo toga zna o biofizičkim karakteristikama drveća, na osnovu visine moguće je odrediti obim drveta, proceniti biomasu i količinu uglja, predvideti potencijalni prinos, komercijalnu vrednost kao i ponašanje vatrene stihije. Visina drveta definisana je kao vertikalno rastojanje najviše tačke krošnje do osnove stabla. Izračunava se iz LiDAR-a tako što se oduzme najviša tačka povratka laserskog zraka od poslednje, najniže kote koja pripada DTM-u. Konstruisanje preciznog modela zemljine površine sastoji se od uklanjanja svih tačaka koje na osnovu LiDAR snimanja ne pripadaju terenu (terenu pripadaju samo poslednji pulsevi, MPIA tech). Pouzdan digitalni model terena ima izuzetno važnu primenu u šumarstvu jer predstavlja osnovu za kalkulaciju visine stabala. Ovako detaljne informacije o terenu ispod šumskog pokrivača bile su retko dostupne pre LiDAR tehnologije. Dodatna saznanja o složenosti terena, hidrologiji, nagibima, geološkim dešavanjima (naročito klizištima) imaju veliki uticaj na manipulaciju i gazdovanje šumama i šumskim zemljištem.

Ono što u Srbiji do danas nije sprovedeno, a ima izuzetnu ekološku, ekonomsku i socijalnu vrednost jeste detaljna procena opasnosti od požara kao i procena ponašanja, odnosno kretanja, vatrene stihije kroz datu šumsku zajednicu. LiDAR tehnologija omogućava izradu modela požara pri čemu se određuje putanja požara, brzina širenja i izgled određenog terena nakon prolaska vatrene stihije, posledice koje će to imati na sam vazduh i količinu ugljendioksida, lokalni ekosistem i/ili pojavu klizišta, zatim procenu materijalne i ekološke štete i drugo.

Na prostoru SAD-a i većeg dela zapadnoevropskih zemalja sve kompanije koje se bave monitoringom, merenjima i održavanjem vegetacije, posebno unutar koridora dalekovoda i gasovoda, koriste laserske tačke. LiDAR omogućava dostupnost kritičnim informacijama u veoma kratkom vremenskom periodu, uz minimalnu aktivaciju radne snage. Od neprocenjive vrednosti je činjenica da su podaci u realnom vremenu, odnosno da su upotrebljivi odmah nakon snimanja. To omogućava kancelarijsko pronalaženje kritičnih mesta na kojima je potrebna hitna intervencija (npr. preklapanja vegetacije i žica dalekovoda - nije potrebno raskrčiti čitav teren ispod žica dalekovoda i oko stubova, već se pomoću laserskih tačaka i ortofoto snimaka tačno identifikuje "opasno" drveće koje treba ukloniti. To je mnogo bolja solucija, ekološki gledano, nego čišćenje čitavog koridora od vegetacije, (što je u prošlosti bila redovna praksa). Ranije je za pronalazak takvih kritičnih tačaka bilo potrebno raditi nedeljama, pa čak i mesecima na terenu, dok je sada potrebno svega nekoliko dana za dobitanje ne istih, već mnogostruko kvalitetnijih i preciznijih podataka.

ZAKLJUČAK

Glavna snaga i prednost LiDAR daljinskog očitavanja terena jeste njegova sposobnost da direktno meri vertikalnu strukturu šuma. Automatsko očitavanje visine krošnji i modelovanje topografije terena ispod njih pruža obilje podataka za dalja merenja, analizu, karakterizaciju i upravljanje šumskim fondom. Veze između ovih direktnih merenja i drugih biofizičkih parametara obezbeđuju ključne informacije o funkcionalnosti i produktivnosti šumskih ekosistema. Redovan monitoring celokupnog šumskog fonda osnova je uspostavljanja sistema održivog gazdovanja šumama u Republici Srbiji.

Zbog mogućnosti istovremene primene u gotovo svim segmentima istraživanja i upravljanja geoprostorom, samim tim i šumama i šumskim zemljištem, LiDAR tehnologija se sve više koristi u svetu, što uslovljava njen sve brži napredak i vodeću ulogu u prikupljanju podataka. Iz tog razloga je neophodno ovu metodu približiti stručnom kadru u Srbiji, kako bi se što brže i bolje uklopili u koncept razvijenih zemalja sveta i Evropske Unije, dakle potrebno je izvršiti transfer znanja i započeti sa primenom prakse koja se pokazala pozitivnom u zemljama Zapada. Upoznavanje eksperata sa potencijalima i mogućnostima koje pruža LiDAR tehnologija, nesumnjivo će unaprediti trenutno stanje monitoringa, planiranja i uređenja šuma i šumskog zemljišta i doprineti zaštiti životne sredine, što je jedan od strateških prioriteta Republike Srbije.

LITERATURA

1. Банковић, С., Медаревић, М. Пантић, Д., Петровић, Н., Шљукић, Б., Обрадовић, С. (2009). Шумски фонд Републике Србије – стање и проблеми. Гласник Шумарског факултета, бр. 100. Београд: Шумарски факултет – Универзитет у Београду, стр. 7-30.
2. Bilibajkić, S. & dr. (2014). Intensive monitoring on the level II sample plots Kopaonik, Crni vrh i Mokra Gora in 2014. Collection Sustainable forestry, tom 69-70. Belgrade: Institute of forestry Belgrade, page 95-109.
3. Група аутора (2015). Извештај о стању животне средине у Републици Србији. Београд: Министарство пољопривреде и заштите животне средине – Агенција за заштиту животне средине.
4. Dubayah, R., Drake, J. (2000): Lidar Remote Sensing for Forestry Applications. Department of Geography, University of Maryland, College Park, MD.
5. Закон о шумама ("Sl. Glasnik RS", br. 30/2010, 93/2012, 89/2015).
6. Ivanišević, V., Bugarski, I. (2012): Primena LiDAR tehnologije u analizi topografije Marguma/ Morave i Kuliča. Beograd: Arheološki institut.
7. Naesset et al. (2004). Laser Scanning of Forest Resources: The Nordic Experience, Scandinavian Journal of Forest Research, Taylor & Francis Group, Abingdon, UK.
8. Nevenić, R., Rakonjac, Lj. (2011). Praćenje stanja šuma (nivo 2) u Srbiji podrškom GIS-a – Međunarodni program IPC za šume, <http://yuinfo.artkey.rs/zbornici/2011/html/pdf/017.pdf>, korišćeno 15. 4. 2017. godine.
9. Popović, S., Džoljić, J. (2016). Serbian Forest Indicators by CORINE Land Cover. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing.
10. Ratknić, M., Đorđević, G., Bojović, M., Ratknić, T. (2014). A method for determining the forest fire threat level. Collection Sustainable forestry, tom 69-70. Belgrade: Institute of forestry Belgrade, page 110-125.

Mogućnosti primene LiDAR tehnologije za potrebe monitoringa šuma i šumskog zemljišta na području Republike Srbije

11. Roth, R.B., Thompson J. (2008): Practical application of multiple pulse in air (MPIA) lidar in large-area surveys. Leica Geosystems, Westford, MA.
12. Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije ("Sl. Glasnik RS", br. 59/06).
13. Cvijetinović, Ž. (2008): Digitalno modeliranje terena. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet.