

KORIŠĆENJE TEHNOLOGIJE SNIMANJA BESPILOTNIM LETELICAMA I BAS U VIDLJIVOM I TERMALNOM DELU SPEKTRA KOD MAPIRANJA I ANALIZE PODATAKA O DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

V.Stojičić, PD “EPS Distribucija”, d.o.o.Beograd, Srbija
J.Stević, PD “EPS Distribucija”, d.o.o.Beograd, Srbija
S.Dobrivojević, PD “EPS Distribucija”, d.o.o.Beograd, Srbija
LJ.Adžemović, Livona d.o.o.

KRATAK SADRŽAJ

U radu je prikazano nekoliko različitih načina primene bespilotnih letelica u prikupljanju podataka o distributivnoj mreži u ODS EPS Distribuciji na distributivnom području grada Beograda. Prikazane su koristi ove tehnologije kod analize divlje gradnje poređenjem aktuelnog snimka sa prethodnim snimcima i stanjem na terenu, za snimanje koridora nadzemne mreže u cilju brzog pregleda stanja, uočavanja eventualnih većih problema i izdvajanja potencijalnih lokacija od posebnog interesa i snimanje određenih područja u cilju idejnog planiranja mreže. Opisana je i inspekcija objekata, prilazak nepristupačnim pozicijama, snimanje u termalnom delu spektra. Analiziran je deo zakonske regulative koja se odnosi na korišćenje tehnologije bespilotnih letelica kod nas. U radu su opisani osnovni rezultati dobijeni korišćenjem ovih tehnologija: ortofoto snimak i digitalni model površi kao i naročito važnog aspekta geodetske tačnosti aerofoto snimaka što omogućuje merenje visine raznih objekata na terenu i analizu visinskih prepreka u pojasu nadzemne mreže i ugroženosti mreže od poplava. Takođe je kao rezultat prikazan i video snimak i fotografije u termalnom delu spektra kod inspekcije vodova i elemenata mreže. Prikazano je korišćenje ovih rezultata u GIS-u.

Ključne reči: GIS, GNSS, BAS, DSM, UAV, UAS, inspekcija, inspection

ABSTRACT

The paper presents several different applications of unmanned aircraft to collect data on the distribution network in the EPS distribution in the distribution area of the city of Belgrade. It also shows the benefits of this technology in the analysis of illegal construction by comparing the current aerial image with previous recordings, and the situation on the ground, also recording overhead network corridors to quickly review the situation, noticing any major problems and isolation of potential sites of special interest and capture certain areas because of the preliminary planning networks. It also describes the inspection of facilities, access to inaccessible positions, recording in the visible or thermal part of the spectrum. This shows the impact of legislation on the use of drone technology in this field. The paper describes main results recording BAS technology: digital aerial image and model surfaces as a particularly important aspect of geodetic accuracy aerial shots allowing for height measurement of various objects on the field and analysis of height of obstacles on the route of the overhead network and the threat of flooding. This also shows video and photographs in the thermal part of the spectrum in the inspection of the power lines and network elements. The paper show using of this results in GIS software.

Keywords: GIS, GNSS, UAS, DSM, inspection

UVOD

Za nešto više od jedne decenije bespilotne letelice (dronovi) su najavile još jednu tehnološku revoluciju koja značajno menja naš način života i navike. Ali, kako je njihova upotreba opterećena i ograničena pravnim, kao i pitanjima bezbednosti, nedoumica je dosta. Dronovi, opremljeni kamerama, najčešće se koriste za naučno - istraživačke svrhe i komercijalno fotografisanje teško pristupačnih lokacija. Takva upotreba već je pokazala prednosti u filmskoj industriji, gde je snimanje iz vazduha postalo izuzetno jeftino, a u javnim službama koriste se za nadgledanje javnog reda ili saobraćaja. Međutim, posebna kategorija profesionalnih bespilotnih sistema

ima sve značajniju primenu u brojnim inženjerskim oblastima, uključujući geodeziju, rudarstvo, građevinarstvo, šumarstvo, poljoprivredu ... i energetiku.

Polazeći od saznanja da se prednosti bespilotnih letelica mogu još kako iskoristiti za bolje održavanje nadzemne distributivne mreže i EE objekata u „EPS Distribuciji“ ulažu se napor da se ova tehnologija uvede u upotrebu, uz poštovanje zakonske regulative.

PREDNOSTI KORIŠĆENJA BESPILOTNIH SISTEMA

Profesionalni bespilotni sistemi pružaju nam dnevno ažurne informacije o stanju na terenu, uz mogućnosti raznih merenja i analiza, što je od izuzetnog značaja za efikasno upravljanje elektrodistributivnom mrežom. Posebno ističemo da se rezultati snimanja dobijaju u državnom koordinatnom sistemu, što omogućuje precizna 2D i 3D merenja, uključujući merenja koordinata objekata, njihovih dimenzija, dužina, površina, visina terena i objekata, visinskih razlika, zapremina, itd. To su ključne odlike i prednosti profesionalnih bespilotnih sistema u odnosu na komercijalne dronove namenjene video snimanjima, gde nisu moguća nikakva merenja osim pregleda video snimaka.

Ovaj način mapiranja se može koristiti za brzo snimanje malih područja od posebnog interesa za GIS ili određene projekte, za dopunu ortofoto podloga, kvalitetno snimanje u visokim rezolucijama, prema potrebama pojedinih projekata, snimanje terena na kojima su izvršena GNSS (GPS) merenja u cilju kontrole pozicija i nadzora izvršenih radova.

Takođe se koristi za analizu divlje gradnje poređenjem aktuelnog snimka sa prethodnim snimcima i stanjem na terenu, za snimanje koridora nadzemne mreže u cilju brzog pregleda stanja, uočavanja eventualnih većih problema i izdvajanja potencijalnih lokacija od posebnog interesa, snimanje određenih područja u cilju idejnog planiranja mreže i izbor odgovarajućeg scenarija na foto snimku, čime se ostvaruje velika ušteda u odnosu na spori i skup klasičan geodetski premer. Kod ovog načina mapiranja moguće je lako odrediti lokacije objekata na terenu ali samo kada znamo koridore i trase po kojima mreža ide je moguće mapiranje mreže. Bez obzira na visoku rezoluciju snimka, digitalizacija kompletne mreže u GIS- u sa samog snimka je veoma teška ako prethodno nismo upoznati sa situacijom na terenu. Ovu tehnologiju tada treba koristiti u kombinaciji sa ostalim načinima mapiranja mreže.

VRSTE BESPILOTNIH LETELICA

Kada govorimo o bespilotnim letelicama, treba naglasiti da su to bespilotni sistemi, a ne same letelice. Profesionalni bespilotni sistem čine letelica, sistem za radio komunikaciju, softver za planiranje i nadzor letelice u toku snimanja, softver za naknadnu obradu snimaka i softver za naknadne analize. Profesionalni sistemi se mogu programirati za automatsko snimanje izabranih lokacija ili objekata, što je od posebnog značaja za dobijanje konzistentnih i visoko kvalitetnih rezultata, uz povećanu bezbednost učesnika i same opreme.

Prva vrsta ovakvih letelica su pametni avionski sistemi, koji imaju najširu primenu u inženjerskim projektima. Kod njih se kao rezultat dobija avionski snimak visoke rezolucije, oblak tačaka i 3D model površi, pa je moguće odrediti visinu svake tačke sa snimka. Zavisno od modela trajanje leta je od 50 do 59 minuta, snimanje potpuno automatsko vođeno autopilotom, a sletanje je takođe automatsko, cirkularno ili linearno. Ovakvim letelicama se upravlja pomoću terenskog softvera sa laptopa, tako što im se prenese plan snimanja i nadzire njegova realizacija. Letelice imaju senzore brzine vetra, nivoa napajanja baterije, radio signala i slično. U slučaju gubitka radio-signalu, prevelike brzine vetra ili ispražnjenosti baterije, sami se vraćaju na početnu poziciju. Takođe imaju mogućnost uočavanja objekata ispod letelica, visokog rastinja ili tla, kada se automatski podižu na veću visinu u cilju izbegavanja prepreka, i daljeg nastavka snimanja.

Druga vrsta letelica su multirotor sistemi, najčešće pametni kvadrokopteri (sa 4 elise). Za razliku od aviona koji imaju mogućnost snimanja velikih površina, multirotori se koriste za manje površine, ali poseduju druge značajne osobine, koje ih preporučuju za snimanje i inspekciju pojedinih objekata. Kod pametnih kvadrokoptera poletanje je vertikalno, letelica može da lebdi u mestu i osmatra objekat. Kod vruhunskih profesionalnih modela, moguće je da letelica sama drži odstojanje od objekata koji su predmet inspekcije, dok operater analizira video snimak u realnom vremenu, snima fotografije visoke rezolucije ili snima video/foto materijal termalnom kamerom. Sa ovom letelicom moguće je snimati klasičan ortofoto ili vršiti inspekciju raznih objekata kao što su mostovi, dimnjaci, zgrade, industrijski objekti, itd. Glava letelice ima mogućnost rotacije gore-dole od minus do plus 90 stepeni, što znači da može gledati ispod, ispred i iznad sebe, kako poželite, dok drugi multirotor sistemi mogu gledati samo ispod sebe, pošto im je kamera postavljena ispod. U njih je ugrađena kamera visoke rezolucije koja omogućuje submilimetarsku tačnost snimka sa udaljenosti manjoj od 5m. Profesionalni

kvadrokopter može da radi samostalno primenom autopilota, ali se njime može upravljati interaktivno preko daljinskog upravljača ili dodirnog ekrana, što se tipično koristi u poslovima nadzora i inspekcije.

Treći način primene bespilotnih letelica je korišćenje modela kod kojih se direktno upravlja letelicom u opsegu u proseku oko 250 m. Kao rezultat ovakvih snimanja obično se dobija video-snimak koji se može koristiti za reviziju mreže u nepristupačnim područjima i duž koridora. Kod ovakvih letelica rezultat je video-snimak i eventualno fotografija objekta. Takođe je ograničeno trajanje baterije i efektivno snimanje traje oko 15 minuta.

Moguće je koristiti i kamere u infracrvenom spektru (IC) kao što su RGB (vidljivi deo spektra), NIR (Near InfraRed – blisko infracrvenom delu spektra), RE (Red Edge – ivica crvene), MultiSpec (multispektralna kamera) i ThermoMap (termalna kamera).



SLIKA 1. Primeri bespilotnih letelica

KORIŠĆENJE BAS U DISTRIBUTIVNOM SISTEMU I ZAKONSKA REGULATIVA

Uvođenjem pravilnika o bespilotnim vazduhoplovima usporilo se korišćenje ove nove tehnologije u našoj kompaniji jer je dobijanje dozvola i polaganje ispita za upravljanje ovim letelicama zahtevalo dosta vremena. Za svaki izlazak na teren, odnosno za bilo kakvu primenu dronova svaki konkretan posao, kod snimanja objekata bespilotnim aerofotogrametrijskim sistemima (BAS), potrebno je obezbediti dozvole od Ministarstva odbrane (dozvola za snimanje iz vazduha), Direktorata za civilno vazduhoplovstvo (dozvola za letenje u određenoj oblasti), kao i od kontrole leta. Na dobijanje dozvola se čekalo od 30-40 dana. Za neka područja bilo je nemoguće uopšte dobiti dozvolu. Preporučeno je višemesečno planiranje mogućih snimanja kako bi se na vreme podneli zahtevi za snimanje i obezbedile dozvole. Onda bi se sve te aktivnosti stopile u jedan zahtev za dobijanje dozvole za sve te poslove. U svakom slučaju brz izlazak sa ovakvom letelicom na konkretan kvar je za sada pod znakom pitanja jer zakonskim propisima nije dozvoljeno letenje noću, zatim same letelice nisu primenjive kod loših vremenskih prilika (nisu otporne na kišu, sneg i ekstremno niske temperature) kada su kvarovi i najčešći, a upravljanje letelicom je otežano ili čak onemogućeno.

Kada je omogućeno snimanje iz vazduha, može se vršiti i inspekcija objekata, prilazak nepristupačnim pozicijama, snimanje u vidljivom ili termalnom delu spektra, otkrivanje i najsitnijih pukotina i nepravilnosti, pa i mikrolociranje kvarova.

INSPEKCIJE OBJEKATA U VIDLJIVOM DELU SPEKTRA I TERMOGRAFSKA ISPITIVANJA

Termografska ispitivanja kao jedna od metoda preventivnog (i prediktivnog) održavanja, se sprovode na EEO VN, od 90-ih godina. Na početku ispitivanja te vrste, infracrvene kamere su uprkos tome što su bile zadnja reč tehnologije, bile glomazne i veoma skupe.

Razvojem tehnologije i novih materijala, početkom veka, u komercijalnu upotrebu su plasirane infracrvene kamere nove generacije, što je podrazumevalo uređaje koji su bili manjih dimenzija, boljih tehničkih karakteristika (veća termalna osetljivost, nova vrsta termalnog detektora velike rezolucije i dr.) i pre svega su bili lakši za rukovanje i samim tim efikasniji. Shodno tom ubrzanom tehnološkom razvoju i broj aplikacija gde se termografsko ispitivanje može primeniti se povećavalo, tako da su danas neki proizvodni procesi nezamislivi bez infracrvene termografije.

Najnovija grana u primeni infracrvenih kamera je njihova montaža i upotreba na bespilotnim letelicama. U kombinaciji sa video kamerama visoke rezolucije, preventivno održavanje i revizije EEO VN su dobile novu dimenziju, a to se pre svega odnosi na reviziju nadzemnih vodova i pripadajućih objekata.

Prilikom upotrebe drona sa IC i RGB kamerom moguća su termografska ispitivanja svih elemenata voda koji su u pogonu tj. otkriti nedozvoljena zagrevanja koja mogu ugroziti bezbedan rad vodova. Takođe je moguć vizuelni pregled svih elemenata i objekata i dobijanje informacija o stanju provodnika, ovesne opreme, stubova,

zaštitnih užadi kao i o trasi voda, koordinatama stubnih mesta, digitalnom modelu površina, o vegetaciji u koridoru vodova i eventualnoj ugroženosti vodova od drugih objekata u blizini.

PRIMERI KORIŠĆENJA BAS

Ovom tehnologijom za sada smo uspeli da obnovimo avionske planove grada na mestima gde je došlo do velikih promena na terenu kao što je npr. izgradnja mosta Zemun – Borča. Беспilotni sistemi su korišćeni i kod snimanja koridora BG4-BG13 (izgrađenost objekata na trasi, stanje stubova 35kV). Izvršili smo i inspekciju voda termalnom i RGB kamerom. Analizirana je i ugroženost EE objekata u priobalnom području pri porastu vodostaja kao i ugroženost nadzemnih vodova okolnim rastinjem.

Georeferenciranje snimka izvršeno je u državnom koordinatnom sistemu na osnovu premera orijentacionih tačaka primenom GNSS prijemnika, korišćenom u sistemu permanentnih stanica. Dobijeni ortofoto snimak je rezolucije od 7 cm/piksel. Pored ortofoto snimka dobija se i digitalni model visina (DSM--Digital Surface Model). Digitalni model visina prikazuje visine svih površina koje su vidljive na snimku.

Snimanje koridora nadzemniog voda BG4-BG11

Jedno od prvih korišćenja беспilotnih sistema u našoj kompaniji bilo je snimanje koridora voda Bgd4 – Bgd11. Postojeći 35 kV nadzemni vod Bgd4 – Bgd11 koji prelazi preko naselja Jajinci i preko naselja Mitrova Padina trenutno nije u funkciji. Zbog potrebe održavanja i stavljanja u funkciju ovog voda bilo je potrebno obaviti snimanje trenutnog stanja na terenu i stubova i nadzemnih vodova. Sve ovo je bilo u cilju razmatrane problematike priključenja proizvođača električne energije u Toplani Voždovac.

Snimanje iz vazduha je obavljeno zbog nepristupačnog i nebezbednog terena. Na privatnim posedima nije bio moguć pristup, tako da naši operativci nisu bili u mogućnosti da evidentiraju eventualne nove korisnike i priključke na elektrodistributivnu mrežu, nezavisno od toga da li su priključci legalni ili ne.

Snimanjem беспilotnim sistemom utvrđeno je da na pomenutom prostoru postoji značajan broj novonastalih objekata koji su nelegalno ili nepravilno priključeni na niskonaponsku elektrodistributivnu mrežu (tzv. “divlji priključci”), i koji su ovom prilikom evidentirani. Ilegalni objekti se nalaze na trasi voda 35kV BG4-BG11. Na mnogim stubovima 35kV došlo je do oštećenja. Takođe je evidentirana i krađa delova konstrukcije 35kV stubova na trasi voda.



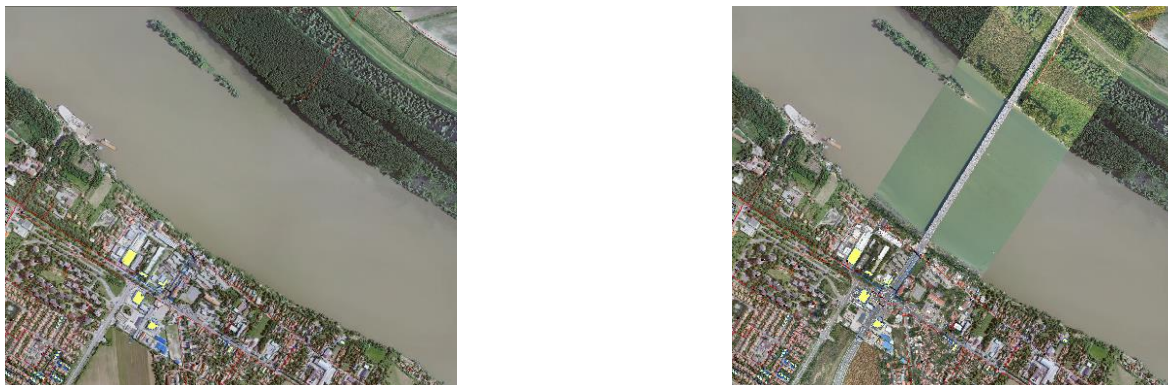
SLIKA 2. Oblast snimanja i finalni ortofoto prikazani preko satelitskog snimka



SLIKA 3. Oblast u okolini TS BG4, BG11 i toplana Voždovac

Obnova ortofoto snimaka

Nakon toga bespilotni system smo koristili za obnavljanje avionskih snimaka. Obavljena su snimanja područja Kaluđerice i Altine, a jedno snimanje je obavljeno na lokaciji mosta Zemun – Borča jer na poslednjem ortofoto snimku iz 2011. godine koji se koristi u GIS bazi nije bilo snimljenog mosta ni prilaznih puteva i saobraćajnica.



SLIKA 4. Oblast snimanja postojeći ortofoto iz 2011.godine i finalni ortofoto 2016.godine

Termalna inspekcija vodova

Za poslove inspekcije vodova i otkrivanja nedozvoljenih zagrevanja testirali smo drugi tip letelice. Posle konsultacija sa Službom za pripremu i nadzor održavanja izabrali smo za snimanje vodove koje izlaze iz TS Beograd 9 kao mesta na kome su se u ranijem period ove pojave i dešavale. Snimali smo i karakteristična stubna mesta na trasama vodova Beograd 9 - Boljevci, Beograd 9 - Ugrinovci, Beograd 9 - Aerodrom, Beograd 9 - Dobanovci i ukrštanja naših vodova sa 110kV nadzemnim vodom.

Letelica koju smo koristili je kvadrikopter sa dve kamere - sa integrisanom kamerom visoke rezolucije od 38megapiksela i termalnom kamerom. Kao što je već rečeno kod ovog modela poletanje je vertikalno, letelica može da lebdi u mestu i osmatra objekat. Letelica sama drži odstojanje od objekata koji su predmet inspekcije, dok operater analizira video snimak u realnom vremenu, snima fotografije visoke rezolucije ili snima video/foto materijal termalnom kamerom. Glava letelice ima mogućnost rotacije gore-dole od minus do plus 90 stepeni, što znači da može gledati ispod, ispred i iznad sebe. Ovaj kvadkopter može da radi samostalno primenom autopilota, ali se njime može upravljati interaktivno preko daljinskog upravljača ili dodirnog ekrana, što se tipično koristi u poslovima nadzora i inspekcije. Snimili smo fotografije visoke rezolucije karakterističnih stubnih mesta i vršili inspekciju mehaničkih oštećenja i nedozvoljenih zagrevanja pomoću termalne kamere.

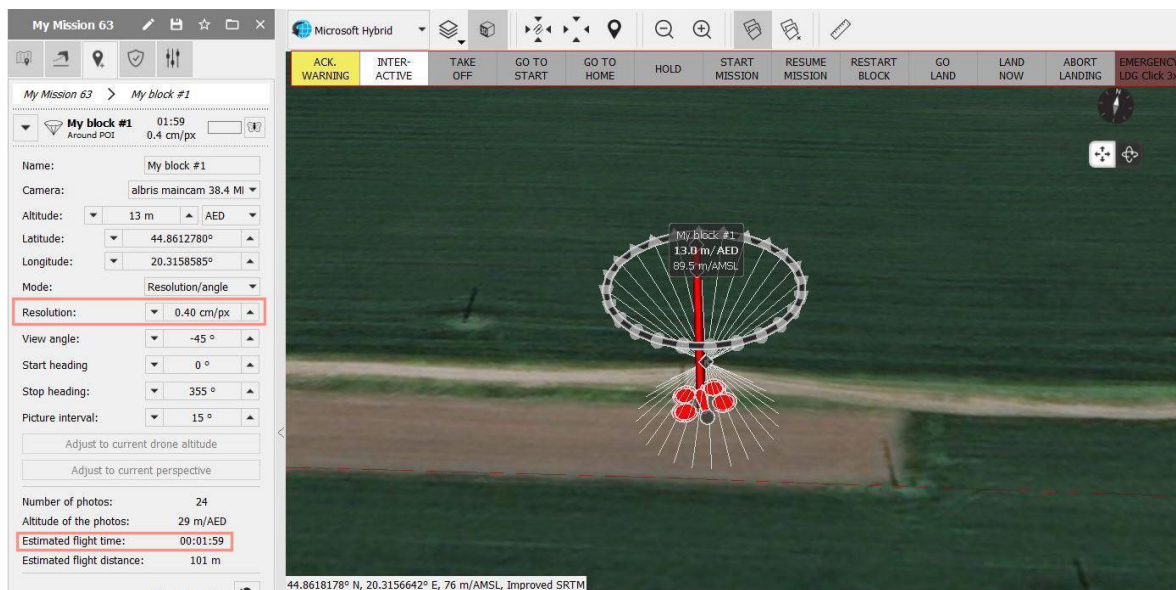
U ispitivanjima u energetici pre svega moramo voditi računa o prisustvu napona i samim tim nam je ograničen prostor za ispitivanje. Razvojem infracrvenih kamera sada smo u mogućnosti da na dron postavimo IC kamere visoke rezolucije koje nam omogućavaju bliži prilazak objektu od interesa, izradu vrhunskih IC snimaka i samim tim dobru analizu snimljenog objekta.

Stub	1	2	3
Naponski nivo	35 kV	35 kV	110 kV
Visina stuba	17 m	13 m	36 m
Rezolucija snimanja	4 mm/piksel	3 mm/piksel	5 mm/piksel

Tabela 1. Prikaz parametara snimanja

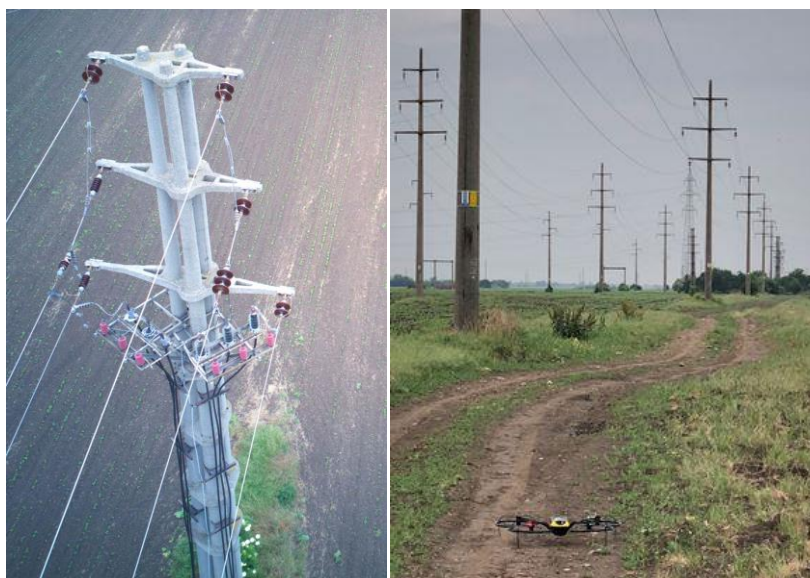
U cilju određivanja optimalnih parametara i procedure rada, snimljeno je više stubova različitog tipa, sa različitim rezolucijama i uglovima snimanja.

Projekat snimanja sastojao se iz tri bloka automatskog snimanja RGB kamerom i interaktivnog snimanja termalnom kamerom. Prilikom automatskog snimanja letelica je obilazila stub i u zadatim uglovima snimala fotografije. Na taj način su snimljeni svi elementi od interesa i bez skrivenih mesta. Putanja letelice je zadata softverski.



SLIKA 5 Prikaz putanje letelice i mesta okidanja

Sve fotografije su snimljene iznad stuba sa zemljom u pozadini čime je obezbeđena dobra vidljivost i pravilna ekspozicija. Ne postoji kontarsvetlo koje standardno ometa fotografisanje iz ruke klasičnim foto-aparatima. Vreme efektivnog snimanja po stubu je oko 2min. Prilikom termovizijskog snimanja samostalno smo upravljali letelicom, birajući poželjnu poziciju za snimanje termalnih fotografija. U slučaju pojave mogućih „vrućih tačaka“, one bi bile vidljive već na prvom snimku, nezavisno od ugla snimanja, zbog čega se termalno snimanje izvodi interaktivno i sa manjim brojem fotografija. Termovizijsko snimanje izvodi se iznad stuba, sa zemljom u pozadini, kako bi se izbegao neželjeni uticaj neba koji ometa klasičnu termoviziju primenom ručnih kamera. Naši snimci pokazuju da na stubovima nema vrućih tačaka, pošto je okolna zemlja приметно toplija od samog stuba i njegovih elemenata. Današnji test pokazao je da se snimanje stubova nadzemne mreže može izvršiti sa visokim stepenom automatizacije, podrazumevajući oslonac na podatke iz GIS i pripremu planova snimanja u birou.



SLIKA 6 RGB fotografije stubova i letelice



SLIKA 7 Termalne fotografije stuba

Primenom podataka iz GIS može se detaljno planirati snimanje svakog stuba i formirati projekat snimanja celog voda, čime se olakšava i ubrzava rad na terenu. Od neophodnih podataka potrebne su visine stubova i opciono visina srednje ili donje konzole, oko koje se letelica zapravo okreće i fotografiše.

Dve godine ranije izvršeno je termografsko ispitivanje dela istog 35 kV nadzemnog voda sa kablovskim završnicama. Na termografskim snimcima (SLIKA 8) su lako uočljiva nedozvoljena zagrevanja na kablovskim završnicama i na osnovu njih je napisan izveštaj o izvršenom ispitivanju. Kako je ovo bio pionirski poduhvat, infracrvena kamera nije imala mogućnost da izmeri temperaturu nedozvoljenih zagrevanja, pa je za precizno utvrđivanje ozbiljnosti kvara korišćena ručna IC kamera.



SLIKA 8 Primeri nedozvoljenog zagrevanja na stubu

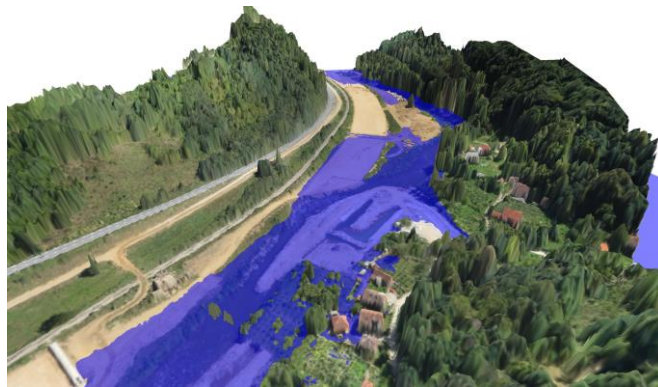
Ugroženost vodova rastinjem

Četvrti način na koji smo koristili bespilotni sistem je snimanje koje je obavljeno zbog čestih ispada nastalih kao posledica ugroženosti voda okolnim rastinjem. Snimanje pokazuje na kojim georeferenciranim područjima je potrebna intervencija zbog ugroženosti mreže okolnim rastinjem.



SLIKA 9 Ugroženost 10kV voda rastinjem postojeći ortofoto iz 2011.godine i finalni ortofoto 2016.godine
Snimanje priobalnih područja – ugroženost EE objekata od poplava

Peti primer korišćenja je snimanje Savskog priobalnog područja. Ovde je analizirana ugroženost elektroenergetskih objekata u priobalnim područjima pri porastu vodostaja i izvršen popis objekata na nepristupačnom terenu.



SLIKA 10. 3D model površi – ugroženost od poplava

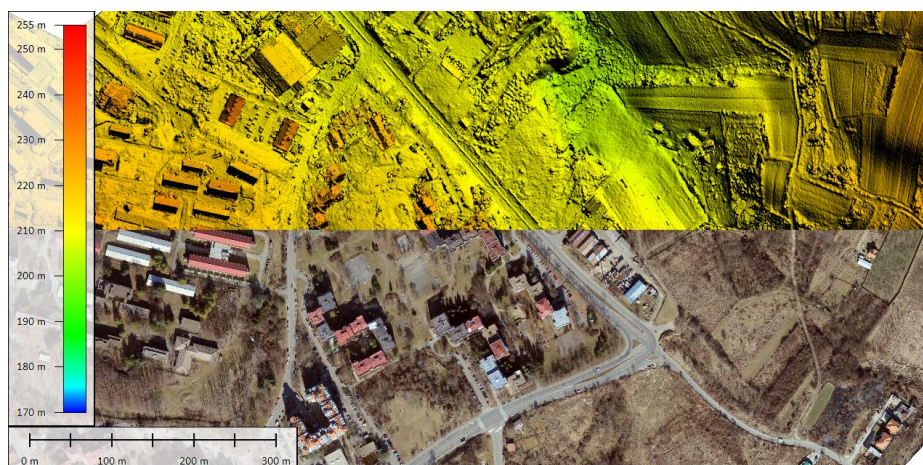


SLIKA 11. Posledice erozije tla na toku Kolubare u periodu 2014-2016 pre i posle poplave

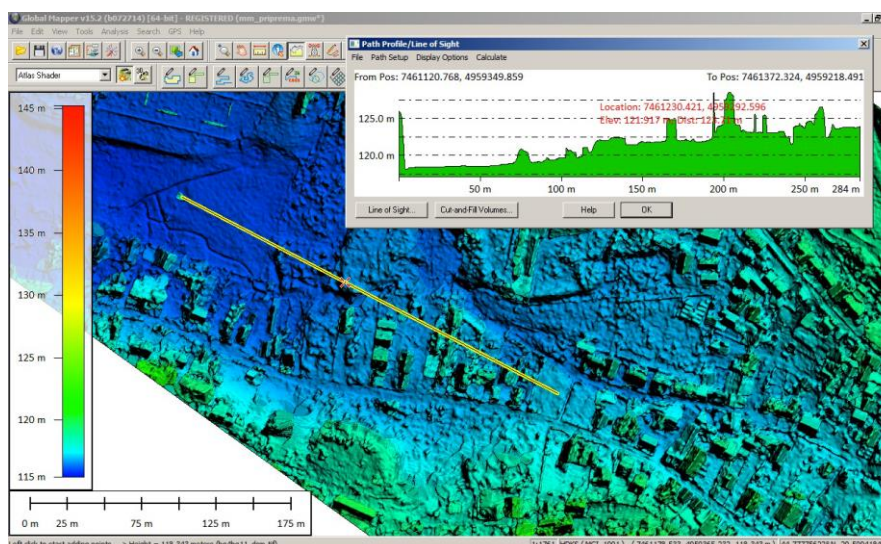
ANALIZA REZULTATA SNIMANJA

Kao važni rezultati ovakvog načina mapiranja korišćenjem bespilotnih Sistema dobijaju se i digitalni modeli vidljivih površina, odnosno 3D prikaz objekata na snimku, što omogućuje merenje visine raznih objekata na terenu i analizu visinskih prepreka u pojasu nadzemne mreže. Takođe je moguća analiza ugroženosti od poplava elektroenergetske mreže i objekata u priobalnim područjima. Možemo videti šta je ugroženo od objekata pri promeni vodostaja i sve to u georeferenciranim snimcima. Avionski snimak je rezolucije od 7 cm/piksel.

Kao rezultat snimanja pored ortofoto snimka visoke rezolucije (5cm-10cm) dobija se i digitalni model visina (DSM--Digital Surface Model). Digitalni model visina prikazuje visine svih površina koje su vidljive na snimku.



SLIKA 12. Uporedni prikaz ortofoto (dole) --- 3D model visina (gore)



SLIKA 13. Analiza visina objekata na zadatoj trasi

ZAKLJUČAK

Jedan od osnovnih principa za kvalitetno termografsko ispitivanje je izrada dobrog termografskog snimka. To podrazumeva nekoliko principa kojih se treba pridržavati. Jedan od njih je i da je za kvalitetan snimak potrebno prići objektu ispitivanja što bliže. U ispitivanjima u energetici pre svega moramo voditi računa o prisustvu napona i samim tim nam je ograničen prostor za ispitivanje. Razvojem infracrvenih kamera sada smo u mogućnosti da na dron postavimo IC kamere visoke rezolucije koje nam omogućavaju izradu vrhunskih IC snimaka i samim tim dobru analizu snimljenog objekta. Ručne kamere takođe imaju detektore visoke rezolucije, ali kako se na nadzemnim vodovima delovi koje ispitujemo na visinama preko 12 m, za izradu dobrog snimka je potrebno postaviti dodatnu optiku. To pre svega poskupljuje cenu potrebne opreme i neki put nije dovoljno da bi se uradila kvalitetna analiza, zbog nemogućnosti zauzimanja dobre pozicije za termografsko ispitivanje. Upotreba dronova sa ugrađenom IC kamerom visoke rezolucije je idealno rešenje za ispitivanje nadzemnih vodova.

Zakonska regulativa je otežala korišćenje ove tehnologije iz bezbedonosnih razloga. Obrada jednog zahteva za snimanje traje dosta dugo pa je potrebno pažljivo planiranje snimanja. Međutim i pored toga ogromne su prednosti korišćenja BAS.

Dosadašnja iskustva pokazuju da je korišćenje tehnologije bespilotnih letelica od velikog značaja za distributivni

Vladimir Stojičić, vladan@epsdistribucija.rs

sistem. Ogromne su koristi u procesima planiranja, održavanja i upravljanja distributivnom mrežom. Ova tehnologija se može koristiti na nepristupačnim područjima gde je rad terenskih ekipa često otežan pa čak i onemogućen. Takođe se lako obnavljaju ortofoto snimci koji se koriste za analizu divlje gradnje, analizu ugroženosti vodova rastinjem i analizu ugroženosti elektroenergetskih objekata od poplava. Moguća su i brza revizionarna snimanja mreže čak i sa najjeftinijim letelicama kada dobijamo samo video snimak, ali i komplikovane analize snimljenih područja kod korišćenja profesionalnih sistema.

LITERATURA

1. KORIŠĆENJE GPS I GIS TEHNOLOGIJA U FORMIRANJU SMART GRID-A V.Stojičić, J.Stević, D.Ražić
2. Metode akvizicije GIS podataka o entitetima distributivne mreže i njihova integracija u SMART GRID V.Stojičić
3. Problemi u masovnom prikupljanju podataka o objektima na mreži i mapiranju električne mreže svih naponskih nivoa u edb korišćenjem GPS i GIS tehnologija V.Stojičić
4. PRAKTIČNA ISKUSTVA U KORIŠĆENJU BESPILOTNIH LETELICA I BAS ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA O DISTRIBUTIVNOJ MREŽI V.Stojičić, J.Stević, LJ.Adžemović