

PRIPREMA MJERENJA “HENDRIXOVOG” MOSTA PREKO RIJEKE SAVE U ZAGREBU BESPILOTNOM LETJELICOM TOPCON FALCON 8 TRINITY

SAŽETAK: Ovaj članak opisuje plan, program i realizaciju prvog dijela terenske radionice u organizaciji časopisa Ekscentar i Geodetskog fakulteta u Zagrebu. Također se navode uvjeti koji su se morali ispuniti kako bi se moglo odraditi snimanje bespilotnom letjelicom. To uključuje prikupljanje svih potrebnih dozvola te registraciju letjelice i pilota u Hrvatskoj agenciji za civilno zrakoplovstvo. U radu su opisani pripremni terenski zadaci: relativno statičko pozicioniranje i kinematička metoda mjerenja u realnom vremenu (RTK) za potrebe određivanja koordinata točaka uspostavljene geodetske osnove. Isto tako prikazano je određivanje koordinata mjernih markica postavljenim na samome mostu, a koje su neophodne za orijentaciju robotizirane totalne stanice s integriranim slikovnim senzorom (IATS) pri snimanju panoramskih snimki mosta, kao i za apsolutno orijentiranje i dobivanje kvalitete završnog 3D modela rekonstruiranog iz snimaka bespilotne letjelice Topcon Falcon 8 Trinity.

KLJUČNE RIJEČI: Bespilotna letjelica, IATS, GNSS, Hendrixov most, dozvole

Job preparation in order to observe the Hendrix bridge in Zagreb using Topcon Falcon 8 Trinity UAV

ABSTRACT: This paper describes how was the first part of student workshop, arranged by the student magazine “Ekscentar” and the Faculty of Geodesy, prepared, planned and realized. It also mentions all the conditions that should be fulfilled so that the operator is allowed to fly with the UAV. It includes acquiring flying permits and registering UAV and the operator in Croatian Civil Aviation Agency. The article describes all the preparation field work that was done: Post-processed statics (PPS) and Real time kinematics (RTK) used to get the coordinates of control points, which were then used to orientate our imaging total station and to determine the coordinates of markers. These coordinates will be used in post-processing to achieve required quality and absolute orientation of our final 3D model of the bridge.

KEYWORDS: UAV, IATS, GNSS, Hendrix bridge, flying permits

1. UVOD

Razvoj tehnologije i sinergija različitih mjernih sustava i senzora u posljednjih je nekoliko godina doživjela veliku ekspanziju, naročito u geodeziji. Bespilotne letjelice i robotizirane mjerne stanice s integriranim slikovnim senzorima našli su svoju primjenu u mnogim područjima, kao što su 3D modeliranje, monitoring i inspekcija, GIS, mapiranje itd. Takva tehnologija omogućuje da se projekt odradi brže, jednostavnije i preciznije nego ikad prije, ali i zahtjeva veliku količinu znanja, ulaganja i ono najvažnije, obrazovanu i stručnu radnu snagu. Upravo je iz tog razloga i ove godine organizirana studentska terenska radionica.

Uredništvo časopisa Ekscentar dogovorilo je suradnju s djelatnicima Katedre za inženjersku geodeziju Geodetskog fakulteta te distributerima mjerne opreme Geo-centrom d.o.o. iz Čakovca i Geomatikom Smolčak d.o.o. iz Zagreba. Pozvani su zainteresirani studenti i studentice da se prijave na radionicu. Broj mjesta bio je ograničen, a rok prijave bio je 20. lipnja. Za sudjelovanje na radionici prijavili su se: Andrej Jertec, Marko Ravnjak, Darija Sušac, Viktor Mihoković, Andrea Miletić, Matea Zlatunić, Luka Zalović te Antonio Tupek. Tema radionice bila je: “Primjena bespilotne letjelice Topcon Falcon 8 Trinity i Trimble S7 Vision IATS-a (Image Assisted Total Station) za potrebe snimanja Hendrixovog mosta preko rijeke Save u Zagrebu”.

2. ISHOĐENJE DOZVOLA ZA SNIMANJE IZ ZRAKA

Kako je letenje i snimanje bespilotnim letjelicama u Hrvatskoj zakonski regulirano (Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova i Uredba o snimanju iz zraka), za potrebe izmjere mosta bespilotnom letjelicom Topcon Falcon 8 Trinity bilo je potrebno ishoditi potrebne dozvole.

Prije svega, važno je spomenuti činjenicu da pilot (operator) koji upravljati letjelicom mora biti registriran u Hrvatskoj agenciji za civilno zrakoplovstvo i letjelica mora imati svoju registarsku oznaku. Dozvolu smo najprije zatražili od Hrvatskih željeznica, budući da je riječ o željezničkom mostu, te je kretanje po njemu i oko njega ograničeno, odnosno dozvoljeno samo za željeznički promet. Bez većih komplikacija, dobili smo dozvolu za snimanje nakon nekoliko dana. Dobivanje dozvole od Državne geodetske uprave (slika 1.) bilo je nešto zahtjevnije, budući da je najprije odobreno snimanje s visine od 150 m, šta za potrebe modeliranje nije pogodno. Naposljetku smo nakon tjedan dana dobili dozvolu za snimanje s manje visine.

Na kraju je trebalo kontaktirati Hrvatsku kontrolu zračne plovidbe, budući da je zračni prostor iznad mosta pod nadležnosti aerodroma Lučko. Unatoč informaciji s njihove web stranice da im treba i do 8 dana za izdavanje dozvole (slika 2.), dobili smo je već nakon 4 dana, što je bila



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
SREDIŠNJI URED

10000 Zagreb, Gruška 20
Tel. 01/6165 – 404, fax: 01/6165 – 484
SEKTOR ZA DRŽAVNU IZMJERU
SLUŽBA ZA TOPOGRFASKU IZMJERU
I DRŽAVNE KARTE

Klasa: 804-07/16-03/54
Ur.broj: 541-02-02-02/3-16-2
Zagreb, 01.07.2016.

NEKLASIFICIRANO

Geo-Centar d.o.o.
Jurja IV Zrinskog 12B
40000 Čakovec

Na temelju članka 5. Uredbe o snimanju iz zraka (NN 130/12), a povodom zahtjeva Geodetskog fakulteta iz Zagreba, Kačićeva 26, izdaje se:

ODOBRENJE za razvijanje zračnih snimaka

Temeljem zahtjeva Geodetskog fakulteta iz Zagreba, Kačićeva 26, zaprimljenog 30. lipnja 2016. odobrava se razvijanje zračnih snimaka područja iznad Zelenog mosta preko rijeke Save, koji će nastati u vremenu od 1. srpnja do 7. kolovoza 2016. godine u svrhu testiranja bespilotne letjelice u okviru studentske radionice.

Izvršitelj snimanja je tvrtka Geo-Centar d.o.o. iz Čakovca, Jurja IV Zrinskog 12B. Za obavljanje letačkih operacija radova iz zraka (snimanje iz zraka) koristiti će se letjelica Topcon Falcon 8 Trinity, Falcon 8001..

Slika 1. Dio dozvole Državne geodetske uprave

Geo Centar d.o.o.
G. Đuro Zalović
Jurja IV. Zrinskog 12B
40000 Čakovec

Proj/Ref. No. 16-03/312-0002/0119
Datum/Date 06.07.2016

Predmet: Snimanje bespilotnim zrakoplovom unutar vidnog polja rukovatelja u kontroliranom zračnom prostoru na području Zagreba - pisana suglasnost, dostavlja se

Poštovani,

Sukladno članku 38. Pravilnika o letenju zrakoplova (Narodne novine br. 128/2014) suglasni smo s obavljanjem predmetne aktivnosti u kontroliranom zračnom prostoru u periodu od dana 11.07.2016. do dana 07.08.2016., dnevno, od 10:00 do 16:00 sati po lokalnom vremenu.

Ova Suglasnost izdana je pod sljedećim uvjetima:

- Da se sve aktivnosti obavljaju isključivo unutar zračnog prostora omeđenog kružnicom polumjera 200 m (0,1 NM) sa središtem u točki WGS-84 koordinata 45°47'07" N i 015°57'22" E (Zagreb-Željeznički most na Savi) do visine 150 m AGL (951 ft AMSL).
- da odgovorni voditelj predmetne aktivnosti (Vedran Šeparović mob. 099 2241927) od nadležne kontrole zračnog prometa (Lučko TWR tel. +385 1 6560115 ili alternativno Zagreb APP- Nadzornik smjene tel. +385 1 6259309) pravovremeno, a najkasnije 30 min prije predviđenog vremena početka djelovanja, svaki dan telefonom zatraži odobrenje za početak i javi završetak svake aktivnosti unutar rečenog zračnog prostora te da za cijelo vrijeme trajanja aktivnosti bude dostupan na navedenom broju mobilnog telefona;
- da rukovatelj bespilotnih zrakoplova uključenih u aktivnosti unutar rečenog zračnog prostora obavljaju let u punoj koordinaciji s nadležnom kontrolom zračnog prometa;

Slika 2. Dio dozvole Hrvatske kontrole zračne plovidbe

izuzetno olakšavajuća okolnost. Na terenu je prije samog početka leta trebalo nazvati Hrvatsku kontrolu zračne plovidbe kako bi ih se obavijestilo o početku letenja, te kako bi se dobila informacija koliko dugo se smije letjeti na predmetnom području. Nakon završetka leta, bilo ih je potrebno obavijestiti da je letenje završeno. Vrlo je bitno napomenuti da se zračne snimke u roku od najkasnije 8 dana nakon obavljanja snimanja trebalo poslati u DGU na pregled i odobrenje za upotrebu. Naime, Ministarstvo obrane ovlastilo je Državnu geodetsku upravu za obavljanje pregleda svih snimki snimljenih bespilotnim letjelicama, sve u svrhu zaštite nacionalne sigurnosti.

3. TERENSKI DIO RADIONICE

U ponedjeljak 11. srpnja 2016. održana je radionica. Voditelji radionice bili su doc. dr. sc. Rinaldo Paar, doc. dr. sc. Ante Marenić i asistent Igor Grgac, mag. ing. geod. et geoinf.. Okupili smo se ujutro u 10:00 sati u dvorani 117 na Geodetskom fakultetu, gdje je doc. dr. sc. Rinaldo Paar održao uvodno predavanje na kojem je upoznao studente s planom i programom čitave radionice. Program terenskog dijela radionice prikazan je na slici 3. Nakon što smo dogovorili sve potrebne detalje, preuzeli smo potreban instrumentarij i pribor s Geodetskog fakulteta (stative, prizme, vrpce, GNSS uređaje i mjernu stanicu) te se uputili na teren. Ostali instrumentarij, koji uključuje još 2 GNSS uređaja, IATS i bespilotnu letjelicu, donijeli su na teren djelatnici Geomatike Smolčak d.o.o. i Geo-centra d.o.o.

Po dolasku na teren (slika 5) formirale su se dvije terenske ekipe. Prva ekipa išla je na sjevernu stranu mosta, a sačinjavali su ju: doc. dr. sc. Ante Marenić i asistent Igor Grgac te studenti: Andrej Jertec, Marko Ravnjak, Darija Sušac i Viktor Mihoković. Druga ekipa u kojoj su bili doc. dr. sc. Rinaldo Paar, Andrea Miletić, Matea Zlatunić i Luka Zalović, Antonio Tupek ostali su na južnoj strani mosta.

Prvi dio terenskog dijela bio je izmjera geodetske osnove koja se sastojala od 5 točaka, 3 na južnoj i 2 sa sjevernoj strani obale (slika 4). Kao točke na južnoj strani poslužila su 3 prethodno stabilizirana betonska stupa – oP1, oP2 i oP3, dok su na sjevernoj strani postavljena 2 stativa na prethodno dogovorenim mjestima, na način da se omogući dogledanje između točaka geodetske osnove.

Određivanje koordinata točaka geodetske osnove provedeno je metodom relativnog statičkog pozicioniranja. U tu svrhu korišteno 5 prijamnika marke Trimble, modeli R10, R8s, R8 i Net R5. Prijamnici su postavljeni na točke geodetske osnove (slika 6) te je izmjerena i zapisana visina antene i početak mjerenja. Pokretanje opažanja i definiranje svih potrebnih parametara (elevacijska maska, interval pohrane podataka, korišteni satelitski sustavi, tip antene itd.) obavljeno je korištenjem softvera Trimble Access instaliranom na kontroleru. Prijamnici su istovremeno opažali 30 minuta, od početka pokretanja zadnjeg prijamnika koji je postavljen i pušten u rad.

Za vrijeme njihovog opažanja, postavljene su reflektirajuće mjerne markice na stupove i upornjake mosta. Te su

Ekscentar: Studentska radionica

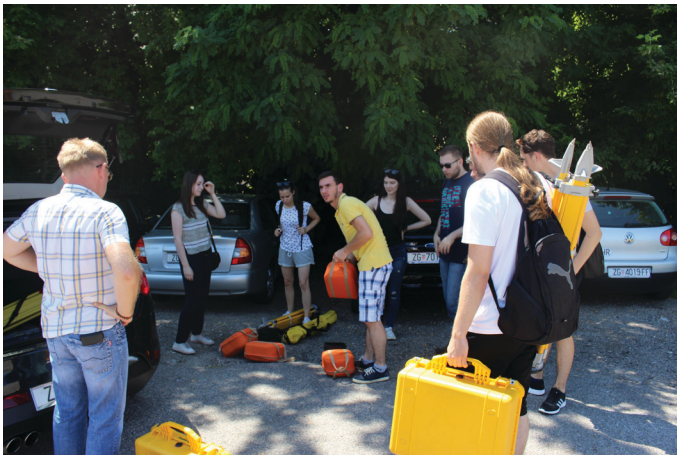
• Program – terenski dio – 11.07.2016.:

- 10:00 – 10:45 **Uvodno predavanje**, predavaonica br. 117, doc. dr. sc. Rinaldo Paar
- 10:45 – 11:30 **Preuzimanje instrumentarija**, odlazak na most
- 11:30 – 13:00 **Uspostava geodetske osnove** GPS statičkom metodom (Trimble R8 i R10), voditelji grupa: doc. dr. sc. Ante Marendić, asistent Igor Grgac i gđin. Nenad Smolčak, Geomatika Smolčak d.o.o
- 13:00 – 13:30 **Određivanje položaja orijentacijskih i kontrolnih točaka** s Leica TPS1201, voditelj: doc. dr. sc. Ante Marendić
- 13:30 – 14:00 **Izmjera mosta IATS-om** (engl. *Image Assisted Total Station*) Trimble S8 Vision, voditelj: doc. dr. sc. Rinaldo Paar i Nenad Smolčak, Geomatika Smolčak d.o.o.
- 14:00 – 15:00 **Izmjera mosta s bespilotnom letjelicom** Falcon 8 Trinity, voditelj: gđin. Đuro Zalović, dipl. ing. geod., Geocentar d.o.o.*
- 15:00 – 16:00 **Povratak na fakultet**

Slika 3. Program terenske radionice



Slika 4. Prikaz točaka geodetske osnove



Slika 5. Dolazak na teren



Slika 6. Prijamnik Trimble R8s na točki P1

se markice, uz one koje su prethodno bile postavljene na samom mostu koristile u obradi fotografija prikupljenih bespilotnom letjelicom. No prije toga bilo je potrebno odrediti njihove koordinate koristeći polarnu metodu izmjere. Za potrebe orijentiranja mjernih stanica i određivanja koordinata markica te snimanja panoramskih snimaka s IATS-om, bilo je potrebno imati približne koordinate osnove. One su dobivene nakon završetka statičkih opažanja spajanjem prijarnika na CROPOS-ov VPPS servis i određivanjem koordinata točaka RTK metodom. Svaka je točka mjerena 3 puta po 30 epoha te je kao konačna vrijednost koordinata uzeta njihova aritmetička sredina.

Nakon toga se moglo započeti s određivanjem koordinata mjernih markica. GNSS prijarnici su uklonjeni s točaka osnove te su na njihova mjesta postavljene prizme. Izmjerena je i zapisana visina svake od njih. Za potrebe određivanja koordinata mjernih markica korištene su 2 mjerne stanice, Leica TPS1201 preuzeta s fakulteta te Trimble S7 Vision koju je ustupila Geomatika Smolčak d.o.o. Svaka je postavljena s jedne strane obale te je po principu slobodnog stajališta (Free station) orijentirana na točke geodetske osnove. Mjerenjem u jednom položaju instrumenta, polarnom su metodom dobivene koordinate mjernih markica na stupovima i upornjacima. Za potrebe određivanja koordinata markica postavljenih na zapadnoj strani mosta, instrument je postavljen na točku oP1 i orijentiran na točke oP2 i oP3.

Koordinate dobivene na taj način nisu konačne, budući da su za orijentiranje stanica korištene približne koordinate osnove. U kasnijoj su se obradi na temelju koordinata geodetske osnove dobivenih GNSS statičkim opažanjima i mjerenjima mjernih stanica (zenitne duljine, horizontalni pravci i kose duljine) izračunale konačne koordinate mjernih markica.

AUTORI | AUTHORS

Darija Sušac, univ. bacc. ing. geod. et geoinf, diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: dsusac@geof.hr

Marko Ravnjak, univ. bacc. ing. geod. et geoinf, diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: mravnjak@geof.hr