

BESPILOTNE LETJELICE za potrebe fotogrametrije

» Mladen Kolarek

SAŽETAK. Pojam bespilotnih letjelica uvijek podsjeća na vojnu upotrebu kod tajnih zadataka prikupljanja informacija o neprijatelju. No, osim vojne upotrebe, bespilotne letjelice mogu itekako biti korisne i za civilne svrhe. U slučajevima kriznih situacija mogu brzo reagirati i trenutno prikupiti podatke te tako pravodobno pomoći prilikom donošenja ključnih odluka. Također, pomažu u nadzoru industrijskih objekata i njegovih kritičnih mjesta. Osim prikupljanja informacija o stanju na terenu, u posljednje vrijeme sve je veća potreba za mjernim podatkom do kojeg se može doći putem upotrebe bespilotnih letjelica i metoda daljinskih istraživanja. U ovom radu opisana je povijest razvoja bespilotnih letjelica za civilnu upotrebu, njihovi zahtjevi za fotogrametrijsko snimanje, trenutna tehnološka razina te razvoj u budućnosti.

KLJUČNE RIJEČI: bespilotne letjelice, fotogrametrija, daljinska istraživanja

> 1. Uvod

Bespilotne letjelice (*eng. Unmanned Aerial Vehicles – UAV*) su po svojoj definiciji sve letjelice koje imaju mogućnost obitavanja u zraku bez posade te mogućnost da se njima upravlja (Bendea i dr. 2007). Razvoj bespilotnih letjelica može se zahvaliti vojnoj upotrebi gdje su već dugi niz godina vrlo koristan izvor informacija o neprijatelju, njegovim kretanjima i terenu na kojem se nalazi. Od Drugog svjetskog rata do danas svakodnevno su u upotrebi u različitim dijelovima svijeta i na različitim zadacima.

Glavna podjela bespilotnih letjelica ovisi o njihovoj radnoj visini leta i dijele se na dvije osnovne grupe:

1. Letjelice koje obitavaju na visini od 3.000 m i više, u mogućnosti su na dulje vrijeme prikupljati podatke uz minimalnu potrebnu energiju za održavanje leta.

2. Letjelice kojima je maksimalna relativna visina leta do 300 m (mikro i mini kategorija bespilotnih letjelica).

Detaljna podjela dana je u tablici 1.

Počeci upotrebe bespilotnih letjelica za civilnu upotrebu sežu u 1979. godinu kada je tvrtka Hegi iz Przybille (Slika 1) izvela prvi eksperimentalni let za fotogrametrijske svrhe. Letjelica je bila oblika aviona, duga 3 m, s rasponom krila od 2,6 m i nosivosti 3 kg. Mjerilo snimanja tog leta bilo je 1:1000, uz brzinu zatvarača blende od 1/1000 s. Let za fotogrametrijsko snimanje nije uspio zbog prevelikih vibracija uzrokovanih rotorom motora koje su bile glavni uzrok mutnih (razlivenih) snimaka.

Godine 1980. izveden je let s prvim helikopterom posebno dizajniranim za fotogrametrijske potrebe. Radilo se o modelu Schlueter Bell 22 koji je mogao sa

sobom ponijeti maksimalno 3 kg dodatne opreme (*eng. payload*). Na helikopter je instaliran poseban sustav za ublažavanje utjecaja vibracija te kamera srednjeg formata, kao što je u to vrijeme bila Rolleiflex SLX ili Hasselblad MK20. Za izvođenje samog leta bile su potrebne dvije osobe, pilot i navigator. Pilot je imao zadaću polijetanja, obavljanje leta i slijetanja, a navigator je brinuo o visini leta i pozicijama za ekspoziciju koje su bile kontrolirane radiovezom (Eisenbeiss 2008).

U to doba bespilotne letjelice imale su najviše problema s održavanjem projektirane visine leta (mjerila snimanja), navigacije letjelice da slijedi projektirane nizove, a zbog malene nosivosti dodatne opreme

samo par modela kamera moglo je biti instalirano na njih. Razvoj bespilotnih letjelica tog doba za fotogrametrijske svrhe bio je vrlo ograničen.

> 2. Bespilotne letjelice za civilne potrebe

Iako je razvoj bespilotnih letjelica za civilne svrhe započeo idejom o fotogrametrijskom snimanju, zbog tadašnje nemogućnosti ispunjenja konstrukcijskih zahtjeva i nedovoljno razvijenom tehnolo-



Slika 1. UAV tvrtke Hegi, Przybilla 1979. (Eisenbeiss 2004)

Naziv kategorije (eng.)	Akronim	Težina letjelice [kg]	Doseg leta letjelice [km]	Max. visina leta [m]	Autonomija leta [sati]
Micro	Micro	< 5	< 10	250	1
Mini	Mini	25 - 150	< 10	150 - 300	< 2
Close Range	CR	25 - 150	10 - 30	3000	2 - 4
Short Range	SR	50 - 250	30 - 70	3000	3 - 6
Medium Range	MR	do 1250	70 - 200	5000	6 - 10
Medium Range Endurance	MRE	do 1250	> 500	8000	10 - 18
Low Altitude Deep Penetration	LADP	do 350	> 250	50 - 9000	0,5 - 1
Low Altitude Long Endurance	LALE	< 30	> 500	3000	> 24
Medium Altitude Long Endurance	MALE	do 1500	> 500	14000	24 - 48

Tablica 1. Kategorizacija bespilotnih letjelica po standardu UAVS - International (URL-1)

logijom navigacije, taj put se nije mogao nastaviti. Zbog toga se razvoj letjelica i opreme usmjerio na nadzor i prikupljanje trenutnih informacija, gdje mjerni aspekt snimke ili video zapisa nije bio bitan. U današnje vrijeme, letjelice se vrlo često koriste u slučajevima kriznih situacija kao što su: nadzor širenja požara ili poplave, otkrivanje unesrećenih, nadzor prometa, nadzor državnih granica i dr., odnosno kada je potrebna trenutna informacija o stanju na terenu kako bi se pravodobno moglo upravljati situacijom. Također, sve je veća upotreba bespilotnih letjelica za inspekciju nepristupačnih dijelova industrijskih objekata kao što su: brane, dalekovodi, visoki dimnjaci, cjevovodi, mostovi i dr.

U zadacima vezanim za inspekciju industrijskih objekata vrlo je važno dobiti pravodobnu informaciju o stanju objekata na njegovim kritičnim mjestima te ukoliko je uočena nepravilnost, izmjeriti nastalu deformaciju. Sve veća potreba za mjernim podatkom uvjetovala je razvoj bespilotnih letjelica prema svojoj prvotnoj ideji – fotogrametrijskom snimanju.

Pogledom na graf izbora geodetske metode izmjere (Slika 2), upotreba bespilotnih letjelica za prikupljanje podataka fotogrametrijskim metodama, smjestila bi se između terestričke metode, aerofotogrametrije i laserskog skeniranja, odnosno kada je potrebno prikupiti veliki broj informacija o objektu na relativno malom području (od par stotina metara do kilometra).

Po tome bi današnja namjena bespilotnih letjelica bila vrlo korisna na manjim područjima kao što su: snimanje industrijskih objekata (Slika 3), snimanje arheoloških nalazišta (Slika 4), izdvojenih dijelova prometnica te za posebnu namjenu kada je objekt snimanja nepristupačan kao što je to slučaj kod vrlo strmih stijena ili de-



Slika 3. Nadzor industrijskog objekta (URL-5)



Slika 4. Fotogrametrijsko snimanje arheološkog nalazišta (URL-5)

taljnog snimanja većih objekata kulturne baštine (Gruen 2008).

Drugim riječima, kada je ne isplativo obaviti klasično aerofotogrametrijsko snimanje, zbog male površine objekta snimanja te u slučajevima kada je vrlo nepraktično izrađivati različite skele ili druge instalacije koje će omogućiti siguran pristup samom objektu, primijeniti će se bespilotne letjelice.

Ovdje je bitno spomenuti i vremensku dimenziju podatka koji kod bespilotnih letjelica daje realniji prikaz stvarnog stanja na terenu spram klasične aerofotogrametrije i satelitskih snimaka. Mala relativna visina leta kod mikro i mini bespilotnih letjelica eliminira utjecaj negativnih atmosferskih prilika kao što su oblaci ili slaba magla (gdje su satelitski snimak i klasična aerofotogrametrija vrlo osjetljivi) te omogućuje brzu reakciju i trenutno prikupljanje podataka.

> 3. Specifičnosti bespilotnih letjelica za fotogrametrijska snimanja

Razvojem GNSS-a i INS-a, digitalnih kamera i samih bespilotnih letjelica te sve veće ekonomske opravdanosti, odabir mikro i mini kategorija bespilotnih letjelica (Tablica 1) postaje zanimljiv za fotogrametrijske potrebe.

Osnovni zahtjevi koje bespilotne letjelice moraju zadovoljavati da bi se mogle koristiti za fotogrametrijsko snimanje su:

- mogućnost izvođenja projektiranog plana leta s visokom točnošću,
- mogućnost nosivosti opreme za snimanje i navigaciju,
- autonomija leta letjelice,
- smanjenje vi-

bracija i ostalih vanjskih utjecaja tijekom leta.

Jedan od najvećih izazova kod navigacije bespilotnih letjelica je omogućiti navođenja letjelice do točne pozicije, u položajnom i visinskom smislu, koja je projektirana kao pozicija nadira, odnosno prostorna pozicija, gdje će snimak biti registriran (*eng. waypoint navigation*). Uz samu poziciju, potrebno je navesti letjelicu na točan smjer leta, odnosno azimut pružanja niza snimanja zadržavajući ostala dva kuta nagiba letjelice (*eng. pitch and roll*) što bliže horizontalnom položaju. Rješavanju tog izazova pristupilo se na dva načina. Prvi je manualno upravljanje letjelicom uz registraciju svih potrebnih podataka o trenutnom stanju letjelice koji su vidljivi navigatoru i pilotu koji upravlja letjelicom. Pilot na osnovi uputa navigatora usmjerava letjelicu na projektirani smjer i registrira snimak na točno definiranoj poziciji.

Drugi način je samostalno upravljanje letjelice koja na osnovi svih podataka o trenutnom stanju letjelice i projektiranom planu leta sama korigira svoj let i registrira snimak na postignutoj poziciji. Oba načina upravljanja letjelicom imaju svoje prednosti i mane.

Samostalno upravljanje letjelicom doprinosi:

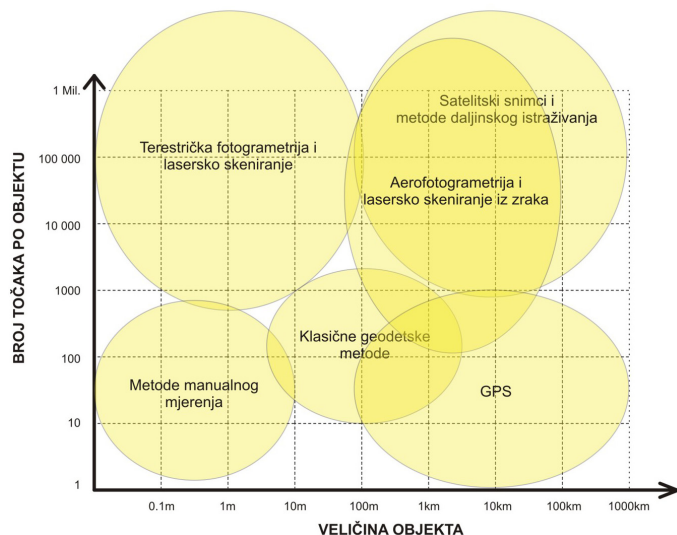
- većoj stabilnosti letjelice,
- točnijoj poziciji registracije snimaka,
- operatoru omogućuje trenutnu,

kontrolu kvalitete pregledom kutova nagiba, pozicije i pokrivanja terena snimkom

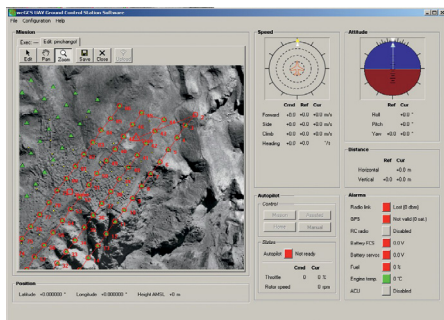
- štedi na vremenu snimanja.

Nedostaci samostalnog upravljanja letjelicom su:

- nemogućnost uočavanja i izbjegavanja raznih prepreka prilikom izvođenja leta (ptice, vodovi dalekovoda, visoki objekti i antene, visoka vegetacija i dr.),
- ograničenje udaljenosti zemaljske upravljačke stanice od same letjelice (zbog prijenosa velike količine podataka telemetrije, slika 5),
- zakonodavna ograničenja pojedinih država koja onemogućuju dobivanje



Slika 2. Izbor geodetske metode izmjere (Böhler i Heinz 1999)



Slika 5. Programska podrška za pregled podataka telemetrije i kontrolu izvođenja leta (URL-2)

dozvola za izvođenje takvih letova.

Nosivost dodatne opreme letjelice je važan faktor u ostvarivanju letova za fotogrametrijske potrebe. Svaka mikro i mini kategorija bespilotnih letjelica ima vrlo restriktivne mogućnosti nosivosti upravo zbog svojih gabarita i mogućnosti koje mora pružiti. Vrlo je bitno olakšati letjelici dodatni teret uz zadržavanje svih potrebnih mogućnosti navigacije i registracije snimaka. To omogućuje letjelici dužu autonomiju leta.

Dodatna oprema letjelice sadrži:

- GPS i inercijalni sustav,
- sustav stabilizacije kamere,
- kameru.

GPS i inercijalni sustavi poznati su već duže vrijeme u geodeziji. Kao i u klasičnoj aerofotogrametriji oba sustava određuju trenutnu prostornu poziciju i prostorne nagibe uređaja. Kod samostalnog leta bespilotne letjelice uz navigaciju i registraciju pozicije snimka, inercijalni sustav služi i za osnovnu stabilizaciju letjelice. To znači da na osnovi podataka iz inercijalnog sustava, kontrolni sustav letjelice tijekom leta korigira sve nagibe dovodeći letjelicu u položaj blizak horizontalnom. Također, prilikom iznenadne pojave vjetera tijekom leta, a na osnovi podataka GPS-a i inercijalnog sustava, letjelica je u mogućnosti sama sebe korigirati, svladati probleme i nastaviti projektiranim planom leta.

Sustav stabilizacije kamere omogućuje učvršćivanje kamere na letjelicu, smanjenje vibracija uzrokovanih radom letjelice te konstantan položaj kamere. Zajedno s inercijalnim sustavom, dodatno stabilizira kameru po principima rada žiroskopa, odnosno smanjujući bilo kakve utjecaje vanjskih sila, dovodi bazu kamere do strogo horizontalnog položaja. Kamera osim horizontalnog položaja vizurne osi može zadržati bilo koji nagib od vertikalnog do potpuno horizontalnog položaja (0° – 90°). To svojstvo proširuje upotrebu bespilotnih letjelica u fotogrametrijske svrhe za snimanje ne samo terena, već i za razna druga snimanja objekata koji zauzimaju vertikalni položaj u prostoru ili za panoramska

snimanja za promotivne svrhe (Slika 6).

U počecima razvoja bespilotnih letjelica za fotogrametrijske svrhe kamere koje su se koristile za registraciju snimaka bile su analognog formata zapisa. Zbog svoje veličine i težine koristile su se amaterske kamere kojima su određeni parametri unutarnje orijentacije te su tako postale mjerne. Razvojem senzora koji omogućavaju digitalnu registraciju snimaka, u današnje vrijeme, klasične analogne kamere zamijenjene su digitalnima. Međutim, određena svojstva kamere bitnih za fotogrametriju zadržana su iz doba analogne fotogrametrije.

Mjerne kamere, osim poznate unutarnje orijentacije, moraju biti dovoljno otporne na sve vanjske utjecaje. Pod tim se prvenstveno misli na konstrukcijske zahtjeve kamere koje moraju u različitim uvjetima (temperatura, atmosferski tlak, vlaga, vibracije i dr.) ostati nepromijenjene. Parametri unutarnje orijentacije kamere određuju se pod kontroliranim uvjetima na kalibracijskom polju. Izvođenje leta je redovito različito od uvjeta prilikom kalibracije tako da konstrukcija takvih kamera mora biti otporna na različite fizičke deformacije tijela kamere i senzora. Svaka deformacija konstrukcije kamere rezultira promjenom parametara unutarnje orijentacije. Promijene su male, na razini par mikrometara, ali imaju veliki utjecaj na točnost rezultata dobivenih mjernim kamerama. Kod bespilotnih letjelica kamere su obično smještene izvan tijela letjelice i često su nezaštićene od vanjskih utjecaja. Izbor kvalitetnih amaterskih kamera koje su male, lagane i posebno dizajnirane za mjernu upotrebu je nužan.

Uz navedenu opremu za fotogrametrijsko snimanje, bespilotne letjelice moraju biti opremljene izvorom energije za potrebnim za rad pogonskih motora i opreme te mogućnošću komunikacije sa zemaljskom upravljačkom stanicom. Neoprebno je napominjati da sva oprema mora biti što lakša i koristiti što manje energije za svoj rad, odnosno treba biti posebno dizajnirana za tu namjenu.

> 4. Razvoj bespilotnih letjelica za fotogrametrijske potrebe

Tijekom razvoja bilo je raznih pokušaja izrade bespilotnih letjelica u mikro i mini kategoriji. Neke od njih izradene su u obliku balona, cepelina, aviona, helikoptera te raznim kombinacijama navedenih konstrukcija. Zbog posebnih zahtjeva koje moraju zadovoljiti letjelice za fotogrametrijske potrebe, najbolje su se pokazale konstrukcije u obliku aviona i helikoptera (Zongjian 2008). Jedino one omogućavaju izvođenje leta po unaprijed projektiranom

planu leta s visokom točnošću, vrlo su otporne na vanjske utjecaje i iznenadne situacije tijekom leta te posjeduju dovoljnu autonomiju leta i nosivost opreme. Obje konstrukcije nastavile su razvoj unatoč razlikama koje posjeduju.

Konstrukcije u obliku aviona vrlo su otporne na vanjske utjecaje, potrebna im je manja količina energije za let i veća im je nosivost. Loše strane avionske konstrukcije letjelica su: smanjena točnost izvršenja projektiranog plana leta, brzina kojom lete je puno veća od konstrukcije helikoptera te potreba za uređenim uzletno-sletnim stazama u blizini objekta.

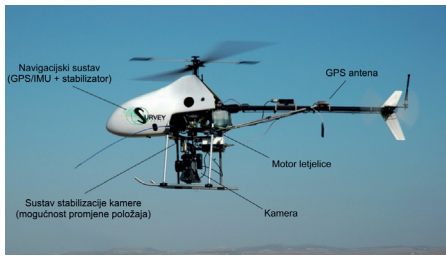
Konstrukcije u obliku helikoptera nude puno više mogućnosti upotrebe i trenutno su u prednosti nad konstrukcijama u obliku aviona. Posjeduju mogućnost statičnog održavanja leta te leta vrlo malim brzinama, što rezultira vrlo visokom točnošću u izvršenju projektiranog plana leta. Manje su otporne na vanjske utjecaje tijekom leta, ali posredno upotrebom inercijalnih sustava kod navigacije, uspješno održavaju stabilnost letjelice. Teže se upravlja njima, manja im je autonomija leta i nosivost. Ipak, pokazalo se da postižu bolje rezultate od avionskih konstrukcija i da su praktičnije za civilnu upotrebu.

Najzanimljiviji predstavnici kategorije konstrukcija letjelica u obliku helikoptera su unanjeni modeli klasičnih helikoptera s dvije elise poprečno postavljene (Slika 7).

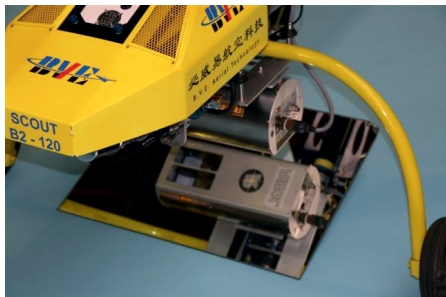
U tijelu letjelice nalaze se uređaji za navigaciju i prijenos podataka telemetrije zajedno s benzinskim motorom. GPS-antena obično je postavljena na repu letjelice između dvije elise. Izvođenje leta preuzeto je s klasičnih helikoptera te je daljnji razvoj bio usmjeren na povećanje nosivosti i autonomije leta letjelice. Trenutno je dosegnuta maksimalna nosivost dodatne opreme od čak 20 kg (Slika 8) što ovaj tip letjelica čini vrlo zanimljivim, ne samo za fotogrametrijska snimanja, gdje je jedina dodatna oprema digitalna kamera, već i za upotrebu ostalih senzora, kao što su: laserski skeneri, CCD kamere visoke rezolucije, IR kamere, toplinske kamere i dr.



Slika 6. Panoramsko snimanje za promotivne svrhe (URL-5)



Slika 7. Bespilotna letjelica tvrtke Surveycopter (URL- 3)



Slika 8. Bespilotna letjelica tvrtke Aeroscout i laserski skener tvrtke Riegl (URL- 4)



Slika 9. Bespilotna letjelica tvrtke Microdrones MD4-200 (URL-5)

Drugi predstavnik iste kategorije je letjelica s četiri elise postavljene u istoj ravni, međusobno jednako udaljene u četiri različita smjera (Slika 9).

U sredini se nalazi tijelo letjelice sa svim potrebnim uređajima za navigaciju i stabilizaciju letjelice, prijenos podataka telemetrije te napajanje. Takav tip letjelice (*eng. drone*) za svoj let koristi električnu energiju koja pokreće četiri elektromotora smještena ispod svake elise. Uređaj za navigaciju i stabilizaciju letjelice, zajedno s naprednom programskom podrškom, upravlja radom svakog elektromotora zasebno. Na taj se način letjelica može vrlo precizno gibati u prostoru, okretati oko svoje vertikalne osi (praktična primjena je usmjeravanje kamere), stabilizirati uslijed nagle promjene vanjskih utjecaja te vrlo precizno izvesti unaprijed planirani let. Za razliku od helikoptera, ovaj tip letjelice karakterizira vrlo lagano upravljanje zahvaljujući konstrukciji s četiri elise koja je vrlo stabilna prilikom leta. Napredna programska podrška koja upravlja radom elektromotora zajedno s GPS-om i inercijalnim sustavom automatski upravlja letom (*eng. waypoint navigation*) te detektira i ispravlja svaku destabilizaciju letjelice.

Prvi model MD4-200 (2005. godina)

u idealnim uvjetima može podići do 200 grama uz autonomiju leta do 20 minuta. Dovoljno za učvršćivanje male amaterske kamere koja može obaviti snimanje manjeg područja (slika 9). Drugi model, koji je trenutno u test fazi, jest MD4-1000 (2008. godina), koji uz mnoga poboljšanja u tehničkom smislu same letjelice posjeduje nosivost od 600 grama, uz autonomiju leta do 50 minuta (maksimalna nosivost je 1,2 kg, uz minimalnu autonomiju leta) (URL-5).

Vidljiv je ubrzan razvoj ovakvog tipa letjelice, usmjeren upravo na povećanje nosivosti dodatne opreme i na dužu autonomiju leta. Uz mogućnost vrlo preciznog leta, velike stabilnosti i laganog upravljanja, čini ovaj tip letjelice izglednim za široku primjenu u fotogrametriji.

Ovdje je vrlo važno napomenuti i trenutni izazov potpuno samostalnog leta letjelice na kojem vodeće znanstvene institucije trenutno intenzivno rade. Drugim riječima, kada se letjelica nalazi u zraku i samostalno izvodi unaprijed planirani let, ona ne prepoznaje fizičke zapreke ili iznenadne situacije koje joj se mogu naći na putu. Pri tome vrlo je važna uloga operatera da prije samoga izvođenja leta neposredno na terenu planira let uzimajući u obzir sve zapreke koje su u prostoru statične (visoka vegetacija, vodovi dalekovoda, antene te razni visoki objekti u urbanim područjima). Tijekom izvođenja leta operater ima potpuni nadzor nad letjelicom u slučaju iznenadne pojave prepreke (ptice, druge letjelice, iznenadne promjene vanjskih uvjeta) te na vrijeme preuzima kontrolu nad letjelicom. Također, ukoliko se pojavi situacija kada letjelica izgubi komunikaciju sa zemaljskom upravljačkom stanicom ili kvara na nekom od uređaja u samoj letjelici, ona mora biti sposobna trenutno reagirati, obustaviti izvođenje leta i sigurno se spustiti na za to predviđeno mjesto. Stoga je trenutni razvoj mikro i mini kategorije bespilotnih letjelica usmjeren prema potpuno samostalnom upravljanju letjelicom, odnosno uočavanju, prepoznavanju i izbjegavanju fizičkih prepreka koje se mogu pojaviti tijekom leta.

> 5. Zaključak

Općeniti razvoj tehnologije, a pod time se misli na razvoj digitalnih kamera srednjeg formata za fotogrametrijske potrebe (njihove sve veće rezolucije senzora i manjih dimenzija), razvoj GNSS-a i inercijalnih sustava, daljinskog prijenosa podataka, programske podrške te samih letjelica, omogućit će sve veću komercijalnu upotrebu bespilotnih letjelica i proširiti područja djelovanja. Veća nosivost

letjelica, duža autonomija leta te potpuno samostalno upravljanje letom proširuje mogućnosti upotrebe letjelica, ne samo za fotogrametrijske potrebe, već općenito na sve metode daljinskih istraživanja. U tijeku su vrlo zanimljivi istraživački projekti koji se bave razvojem pojedinih područja primjene bespilotnih letjelica. Za izdvojiti je projekt pod vodstvom ETH Zürich – muFly project (URL-6) kojem je cilj napraviti funkcionalnu letjelicu sposobnu za potpuno samostalan let i prikupljanje informacija o objektima kao što su: zgrade, podzemne željeznice i garaže, rudnici i dr.

Budućnost upotrebe bespilotnih letjelica za civilne svrhe zasigurno postoji, a razvoj tehnologije i sve povoljniji omjer uloženog i dobivenog pridonijeti će vrlo skoro sve široj upotrebi letjelica i u fotogrametriji.

> Literatura

- » Bendea, H., Chiabrandu, F., Tonolo, G. F., Marechino, F. (2007): Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV, XXI International CIPA Symposium, Athens, Greece.
- » Böehler, W., Heinz, G. (1999): Documentation, surveying, photogrammetry, XVII CIPA Symposium, Recife, Brasil.
- » Eisenbeiss, H. (2004): A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition, International workshop on »Processing and visualization using high-resolution imagery«, Pitsanuloh, Thailand.
- » Eisenbeiss, H. (2008): UAV Photogrammetry, International Summer School: »3D modeling in archaeology and cultural heritage«.
- » Gruen, A. (2008): Satellite and aerial photogrammetry, International Summer School: »3D modeling in archaeology and cultural heritage«.
- » Zongjian, L. (2008): UAV for mapping – low altitude photogrammetry survey, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B1, Beijing.
- » URL-1: Unmanned Aerial Vehicle Systems Association, <http://www.uavs.org/> (04.08.2009.).
- » URL-2: WeControl AG, <http://www.wecontrol.ch/> (04.08.2009.).
- » URL-3: SURVEY Copter, <http://www.surveycopter.fr/> (05.08.2009.).
- » URL-4: Aeroscout GmbH, <http://www.aeroscout.ch/> (05.08.2009.).
- » URL-5: Microdrones GmbH, <http://www.microdrones.com/> (07.08.2009.).
- » URL-6: ETH Zürich – muFly project, <http://www.muflly.ethz.ch/> (07.08.2009.).