

BREZPILOTNI LETALNIKI – OD IGRAČE DO VEČNAMENSKIH ROBOTOV

UNMANNED AERIAL VEHICLES – FROM A TOY TO MULTI-PURPOSE ROBOTS

Maja Bitenc

Lahko bi rekli, da je napočil »trot bum«. Če so bili troti (angl. *drone*) ali brezpilotni letalniki – BPL (angl. *unmanned aerial vehicle, UAV*) še pred nekaj leti predvsem v domeni vojaške industrije in elektro-modelarskih navdušencev, postajajo že del vsakdanjika. Zaradi vse nižjih cen in dostopnosti sestavnih delov, ki se uporabljajo za delovanje teh letalnih naprav, so vse bolj razširjeni v zasebnem življenju in komercialnem okolju. Skupnost DIY Drones (DIY), ki je najbolj dejavna v Ameriki ter ima za poslanstvo združevanje razvijalcev brezpilotnih letalnikov in uporabnikov osebnih trotov, ima že več kot 49 tisoč članov. Razcvet brezpilotnih letalnikov je bil opazen tudi na mednarodnem sejmu zabavne elektronike CES (angl. *Consumer Electronics Show*) v Las Vegasu januarja letos.

V prispevku sta najprej na kratko predstavljena sistem brezpilotnih letalnikov in njihova klasifikacija. Obravnavani so sistemi BPL, ki letijo s satelitsko oziroma radijsko navigacijo. Sledi predstavitev uporabe brezpilotnih letalnikov v geodeziji. Čeprav zajem prostorskih podatkov z njimi ponuja velike prednosti in je tehnologija vse dostopnejša, nam še vedno manjkajo zakonski okviri, kot je zapisano na koncu prispevka. Sklepna misel naj bo spodbuda za vse nas, da znanost uporabljamo v dobro te in naslednjih generacij.

1 Sistemi BLP in njihova klasifikacija

Opredelitev brezpilotnih letalnikov se spreminja. Začelo se je s prostoletječimi modeli, katerih motor je imel pogon na elastiko. Med drugo svetovno vojno in po njej so razvijali sisteme BPL na daljinsko upravljanje. Danes je letalnik robot, ki lahko samostojno (avtonomno) leti od točke do točke po vnaprej določenem načrtu in zajema različne vrste podatkov. Sodoben brezpilotni letalnik deluje kot sistem, ki ga navadno sestavljajo zračno plovilo z avtopilotom in senzorji visoke ločljivosti za zajem podatkov, zemeljska postaja za načrtovanje in kontrolo letenja, zemeljska postaja za pridobivanje in obdelavo informacij, brezžični sistem za izmenjavo podatkov med letalnikom in zemeljsko postajo za prenos videa in telemetrijskih podatkov v realnem času ter vozila z lansirnimi in pristajalnimi napravami.

Osnovna tipa letalnika sta letalo in kopter (običajno s štirimi ali osmimi navzgor obrnjenimi propelerji). Prvi v splošnem dosega večje hitrosti in lahko preleti večja območja, drugi imajo prednost predvsem na območjih z omejenim prostorom za vzlet in pristanek (na primer urbanih). Osnovna senzorja večine brezpilotnih letalnikov za opazovanje površja Zemlje sta videokamera za dnevno in infrardeča kamera

za nočno opazovanje. Na letalniku je lahko nameščena še vrsta »opazovalnih« sensorjev, kot so multi- ali hiperspektralna kamera, termokamera, laserski skener itd. Vojaški brezpilotni letalniki imajo dodatno opremo, s katero pokrivajo opazovanje večjega območja: umetno odprtinski radar (angl. *synthetic aperture radar*), radarski sistem za izogibanje trčenju v zraku (angl. *ground mapping radar*) in laserski označevalec, ki poda natančne koordinate, kam je usmerjen izstrelak.

Za navigacijo letalnika skrbi GNSS s pomožnimi senzorji, kot so inercialna merska enota, žiroskopi in pospeškometri, kompas, barimetrično tipalo pritiska. V prihodnosti bo navigacija izboljšana z vidom kamere. Pilot spremlja polet posredno na zaslonu tako imenovane zemeljske postaje in ne več neposredno z gledanjem v zrak, v realnem času pregleduje zajete podatke ter po potrebi spremeni polet oziroma usmerjenost sensorjev prek radijske oziroma satelitske zveze.

Brepilotni letalniki so zelo različnih vrst in jih delimo v razrede glede na (i) velikost (od velikosti čmrlja in ptiča do velikosti pravega letala); (ii) trajanje in višino leta ter (iii) opremo in sisteme, ki jih nosijo. Vse naštetu opredeljuje namen uporabe brezpilotnega letalnika. V splošnem jih delimo na:

- strateške: letijo na velikih višinah (do 21 kilometrov) in lahko ostanejo v zraku več kot 24 ur, namenjeni so predvsem nadzoru in izvidništvu (na primer *Global Hawk*, *Eagle*, *Predator*);
- taktične: delujejo na majhnih višinah in ostanejo v zraku do 12 ur, namenjeni so izvidništvu in obveščanju (na primer *Fire Scout*);
- bojne (angl. *unmanned combat air vehicle*): nosijo oborožitev (na primer *Pegasus*);
- mini oziroma mikro: omejen čas letenja, namenjeni so opazovanju površja Zemlje oziroma prostora, prevozu manjših pošiljk idr. (na primer *Falcon 8*, *Bramor gEO*).

2 Uporaba majhnih brezpilotnih letalnikov v geodeziji

Brepilotni letalniki se vse pogosteje uporabljajo na področju opazovanja in zajema prostorskih podatkov. Pri tem operater pred izhodom na teren s posebnim programom pripravi načrt leta, preveri omejitve letenja na obravnavanem območju in morebitne ovire v zraku. Če je mogoče, se opazovanje izvede v ustreznem vremenu, ko veter ni premočan, ne dežuje in svetlobne razmere omogočajo slikanje s kratkim zaslonskim časom. Na Češkem so dokazali, da je med vremenskimi ujmami, ko je potreben takojšen pregled stanja, mogoče snemati tudi v dežju in oblačnosti (Karas, 2013). Avtopilot in program za kontrolo letenja naj bi omogočala čim bolj učinkovito načrtovanje leta (na primer pri preletu linijskih objektov) ter sprožanje kamere glede na preleteno razdaljo in ne v enakomernih časovnih intervalih. Tako se izniči vpliv vetra na prekrivanje posnetkov. Ker je trajanje leta omejeno, je lahko prelet izbranega območja razdeljen na krajše etape. Operater lahko že med letom preverja zajete podatke, na primer kakovost slik, prekrivanje posnetkov, pokrivanje zelenega območja s posnetki.

Na področju geodezije brezpilotni letalniki naznanjajo novo uporabno področje fotogrametrije. Njihova velika prednost pred konvencionalnim zračnim zajemom je, da so sistemi BPL cenejši, letalniki veliko hitreje pripravljani na vzlet in zajem, končni rezultati pa so na voljo skoraj v realnem času oziroma zelo hitro po opazovanju. Slabosti pa sta omejen čas letenja in omejena teža tovora. Povprečen letalnik lahko leti do 30 minut in nosi do približno 1,5 kilograma. Sistemi BPL lahko združujejo visoko kakovost podatkov, ki se je doslej zagotavljala s tradicionalnimi geodetskimi tehnikami (tahimetrijo, GNSS), in udoben fotogrametričen zajem iz zraka (Devriendt, 2014). Vendar pa ni vsak BPL primeren za pri-

dobivanje visoko kakovostnih prostorskih (geodetskih) podatkov, ki jih je treba tudi skrbno zajeti in obdelati. Ravno obdelava slik, posnetih iz letalnika, je velik izziv pri razvoju sistemov BPL za uporabo v geodeziji. Algoritmi za resno, profesionalna rabo temeljijo na načelih fotogrametrije in računalniškega vida. Obstajajo pa tudi preprostejše programske rešitve, namenjene hitri in samodejni izdelavi ortofoto mozaikov, pri katerih sta prostorska natančnost in celovitost drugotnega pomena.

Za natančen zajem podatkov z visoko prostorsko ločljivostjo so ključnega pomena hitrost in višina leta, stabilnost brezpilotnega letalnika v zraku, konfiguracija kamere in uporaba terenskih oslonilnih točk. Zaradi nestabilnosti letalnika imajo podobe lahko različno merilo in usmerjenost. Slabše je določen tudi položaj letalnika v času ekspozicije. Za stabilizacijo kamere so na platformo vgrajeni stabilizatorji, ki premikajo lečo. To pa oteži ali onemogoči določitev parametrov notranje orientacije oziroma uporabo predhodno kalibriranih parametrov, ki so ključni za doseganje visoke položajne točnosti podatkov. Zato je za izdelavo kakovostnih ortofotov in 3D-modelov bolje izključiti stabilizatorje ter uporabiti zanesljive in zmogljive algoritme, ki upoštevajo kalibracijske parametre kamere in terenske kontrolne točke. V tem primeru je kakovost končnih izdelkov primerljiva s tradicionalno aerofotogrametrijo, po ločljivosti detajlov pa jo prekaša. Sistemi BPL se na področju geodezije že uspešno uporabljajo za zajem območij premikov zemljine, plazov (Bellavita et al., 2013), identifikacijo katastrski mej (van Hinsbergh et al., 2013), topografsko kartiranje in izdelavo 3D-modelov, merjenje in nadzorovanje gradnje – vključno s cestami in železnicami itd.

Več gradiva na temo uporabe brezpilotnih letalnikov v geodeziji je zbrano na spletnih straneh dveh konferenc (UAV-g, 2011; UAV-g, 2013). Predstavljeni so številni testi uporabe sistemov BPL, postopki obdelave navigacijskih podatkov za pridobitev natančnega 3D-modela, možnosti shranjevanja velikega števila podatkov idr.

Zakonodaja ne sledi bliskovitemu tehnološkemu napredku in množični uporabi brezpilotnih letalnikov. Vse širša in vse pogostejša uporaba trotoev ima zato tudi negativne plati – dogajajo se nesreče v zraku in na tleh, pogosto je izpostavljena problematika kršitve pravice do zasebnosti. Razvoj zakonodaje na tem področju je v večini držav še v povojih. Veljajo le ohlapne smernice, ki določajo, da troto ne smejo poleteti višje od na primer 120 metrov (v ZDA) in da jih ni dovoljeno uporabljati v strnjenih naseljih. Vsak brezpilotni letalnik mora biti registriran pri agenciji za civilno letalstvo (angl. *civil aviation authority*). Upravlja ga lahko le pooblaščen pilot, in sicer tako, da ga ima stalno na očeh. Celovitejši zakon, ki bo urejal vse podrobnosti glede uporabe brezpilotnih letalnikov in njihove integracije v sedanji letalski sistem, v ZDA napovedujejo za leto 2015, v Evropi pa za leto 2016.

3 Sklepna misel

Čeprav ob omembi trota najprej pomislim na letéči morilski stroj in se spomnim pripovedi vojaškega »pilota«, ki se po vojaški ofenzivi v teroristični državi na drugem koncu sveta popoldne vrne domov k družini na večerjo, sem se med branjem literature in pisanjem tega prispevka prepričala, da se troto uporabljajo tudi v namene, ki so bolj prijazni človeku in naravi. Poleg opisane geodetske uporabe brezpilotne letalnike uporabljajo v policiji (na primer za nadzor meje, prometa), za iskanje in reševanje pogrešanih, gasilci za nadzor požara, za opazovanje okolja (na primer za oceno škode na območjih, prizadetih v naravnih nesrečah), za opazovanje vremena, infrastrukture (cest, električnih vodov), dostavo humanitarne

pomoči in zdravil na ogrožena in nedostopna območja, opazovanje in sledenje ogroženim živalskim vrstam ter s tem preganjanje divjega lova, v kmetijstvu in gozdarstvu, arheologiji, pri snemanju filmov itd. Velik interes za uporabo brezpilotnih letalnikov imajo številna komercialna podjetja (npr. odmevna napoved spletne prodajalne Amazon o dostavi paketov), vendar je takšna uporaba za zdaj prepovedana. Ostaja le še vprašanje časa, kdaj bodo brezpilotni letalniki preplavili nebo, in vprašanje človeške morale, v kakšne namene se bo ta napredna tehnologija uporabljala.

Literatura in viri

- Bellavita, D., Ceccaroni, F., Mazzitelli, A. (2013). Mapping a Landslide Using UAS. GIM International, 27(2) (http://www.gim-international.com/issues/articles/id1965-Mapping_a_Landslide_Using_UAS.html, dostop: 25. 2. 2014).
- Devriendt, L. (2014). Low-speed and low-altitude UAS. GIM International, 28(1) (http://www.gim-international.com/issues/articles/id2061-Lowspeed_and_Lowaltitude_UAS.html, dostop: 25. 2. 2014).
- DIY. DIY DRONES – The leading community for personal UAVs (<http://diydrone.com>, dostop: 26. 2. 2014).
- Karas, J. (2013). UAS and Flooding. GIM International, 27(11) (http://www.gim-international.com/issues/articles/id2035-UAS_and_Flooding.html (dostop 25. 2. 2014).
- UAV-g (2011). Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g). Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics. Zurich.
- UAV-g. (2013). Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics (<http://www.uav-g.org>, dostop: 25. 2. 2014).
- van Hinsbergh, W. H. M., Rijdsdijk, M. J., Witteween, W. (2013). UASs for Cadastral Applications. GIM International, 27(3) (http://www.gim-international.com/issues/articles/id1968-UASs_for_Cadastral_Applications.html, dostop: 25. 2. 2014).

Maja Bitenc, MSc
 doktorska študentka
 TU Gradec, Avstrija
 e-naslov: bitenc.m@gmail.com