

DOSTAVA POMOĆU DRONA*

Momčilo Dobrodolac, Dejan Marković, Dragan Lazarević

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

m.dobrodolac@sf.bg.ac.rs, mdejan@sf.bg.ac.rs, d.lazarevic@sf.bg.ac.rs

Sadržaj: *Dostava paketa predstavlja poslednju i jednu od najznačajnijih aktivnosti u procesu njihove distribucije do korisnika. Modernizacija sistema dostave predstavlja neophodan korak kako bi se efikasno odgovorilo korisničkim zahtevima i eventualnim nepredviđenim situacijama, koje mogu biti ometajući faktor. Usled brojnih mogućnosti koje nudi, primena novih tehnologija u tu svrhu predstavlja pogodno rešenje. Na polju organizacije i tehnološkog razvoja dostave pošiljaka i paketa, najsavremenije tendencije se odnose na razvoj sistema kod kojih se primenjuju bespilotne letelice – dronovi. U radu je data analiza takvih sistema, kroz prikaz osnovnih karakteristika dronova i pokazatelja sprovedenog testiranja od strane kompanije Amazon.*

Ključne reči: *dostava, dron, e-trgovina, paketi, pošiljke*

1. Uvod

Savremene tendencije na tržištu, kao i rapidan razvoj elektronske trgovine uslovili su povećanje broja paketskih pošiljaka u sistemima prenosa. Sistemi prenosa u lancu elektronske trgovine mogu biti poštanski operatori, kurirski servisi ili samostalni sektori kompanija, koji obavljaju dostavu robe kupljene elektronskim putem. U svakom slučaju, postoji potreba za tržišnim nadmetanjem, pa se teži obavljanju poslovnih aktivnosti dostave na najbolji mogući način za korisnika, odnosno u ovom slučaju kupca.

Pojedini veći lanci e-trgovine, poput Amazona, u poslednje vreme razmatraju pokretanje sopstvenog sistema dostave robe, zasnovanog na primeni najsavremenijih tehnologija bespilotnih letelica - dronova. Kako upotreba ovih letelica u komercijalne svrhe u mnogim zemljama nije potpuno zakonski regulisana, trenutno se sprovode eksperimentalna istraživanja njihove primene, koja su u skladu sa zakonskim okvirima. Prvi od inovatora na ovom polju među poštanskim kompanijama je kompanija DHL.

Tradicionalni sistem dostave Amazona se zasniva na korišćenju usluga FedEx-a, UPS-a i poštanske službe [1]. Paketi se transportuju do preradnih centara pomenutih kompanija, a nakon toga se kroz njihove tokove pošiljaka i sistem dostave uručuju korisnicima. Cilj uvođenja sopstvenog sistema dostave, jeste pre svega eliminisanje posrednika u lancu e-trgovine i izvršavanje usluge u celosti od strane kompanije. Primena dronova u ovom sistemu može doneti brojne benefite, a pre svega u segmentu

* Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu 36022 koji se realizuju uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

troškova rada. Naime, dronovi bi zamenili ljudski rad u većem delu procesa dostave paketa. Čovekov rad bi samo bio prisutan pri monitoringu, upravljanju i održavanju drona. Tehnološki proces dostave dronovima podrazumeva efikasan način za dostavu paketa na adresu kupca i obuhvata sledeće korake:

- preuzimanje paketa u centru,
- izlazak na pistu (stazu) i uzletanje,
- letenje do lokacije korisnika,
- sletanje na predviđeni prostor za dostavu,
- ostavljanje paketa
- uzletanje i povratak u centar.

Korišćenje dronova za komercijalnu dostavu paketa nudi niz značajnih prednosti. Ključna prednost je brzina, koja se postiže usled odsustva ograničenja koja se mogu pojaviti u vidu infrastrukture puteva, saobraćajnih gužvi i zagušenja. Iz ovog razloga, dostava paketa dronom, iz skladišta koja se nalaze na bliskim lokacijama, je znatno brža i efikasnija u odnosu na dostavu drumskim transportnim sredstvima. Pored toga, dronovi se mogu relativno lako kretati duž neprohodnih i nepristupačnih deonica i terena, kao i preko vode i ruralnih područja sa nerazvijenom infrastrukturom, što im često omogućuje i izbor kraćeg puta. Značajna prednost primene dronova za dostavu jeste i njihov pozitivan uticaj na životnu sredinu, koji bi se ogledao u smanjenju broja drumskih dostavnih vozila koji su znatno veći zagadivači od njih.

Komercijalna primena bespilotnih letelica za preuzimanje i dostavu paketa je još uvek na eksperimentalnom nivou, pa samim tim postoji vrlo malo pisane literature o ovim sistemima. Karčenko i Prusov u svom radu "Analiza bespilotnih avionskih sistema i njihova civilna upotreba" razmatraju različite namene bespilotnih letelica i na osnovu toga ih svrstavaju u tri grupe: kontrola bezbednosti, naučna istraživanja i komercijalna namena [2]. Pored toga, navode i potrebu postojanja sledećih tehničkih sredstava i postrojenja, kako bi sistem nesmetano funkcionišao:

- bespilotna letelica – dron,
- kontrolna stanica za upravljanje letelicom i sistem antena,
- softver i sistemi za praćenje,
- sredstva i sistemi za komunikaciju i kontrolu letenja,
- terminali za obradu podataka,
- sistem uzletanja,
- sistem sletanja,
- oprema za održavanje i podršku sistemu,
- sistemi skladištenja i unutrašnjeg transporta.

Usled prevazilaženja tehničkih i administrativnih problema, u budućnosti će primena dronova biti sve prisutnija, pružajući brojne benefite svojim korisnicima. Međutim, usled ekspanzije ove tehnologije, mogu se pojaviti i određeni problemi, koji se pre svega odnose na korišćenje vazdušnog prostora i dodeljivanje frekventnog opsega za kontrolu drona i prenos podataka između drona i centrale [3]. Iz tog razloga, razvoj ovih sistema na tehnološkom nivou, neophodno je da prati i adekvatan razvoj standarda i zakonske regulative. U skladu sa ekonomskom teorijom, nove firme imaju podsticaj da traže i implementiraju najbolje raspoloživo rešenje proizvodne tehnike [4]. Međutim, neophodno je obratiti pažnju pri odabiru, jer nova tehnologija nije uvek i najbolje rešenje. U radu će ukratko biti prikazana analiza isplativosti primene sistema dostave dronom na eksperimentalnom primeru kompanije Amazon – Amazon Prime Air sistem dostave dronom na teritoriji grada Chattanooga [1].

2. Osnovne karakteristike dronova

Dron je vrsta letelice bez posade. Najčešća i tradicionalna primena dronova je u vojne svrhe, ali se sve više testiraju mogućnosti za njihovu primenu u raznim specijalnim službama (policija, vatrogasci, zdravstvo...) i civilnim sektorima (razni oblici dostave, poljoprivreda...).

Na osnovu tehnologije koju koriste pri upravljanju (letenju), dronovi se dele na dva osnovna tipa:

- Samostalne letelice – dron leti autonomno po unapred zadatim i zapamćenim podacima;
- Dronovi sa daljinskim upravljanjem – let se kontroliše preko daljinskog upravljača, kojim upravlja pilot (operator, navigator...).

Na osnovu pogonskog mehanizma koji koriste, dronovi se mogu podeliti u tri grupe [3]:

- Multirotor – kontrola pogona se uspostavlja uz pomoć promene potiska rotora i obrtnog momenta. Kod ovog tipa dronova značajno je brže i efikasnije manevriranje i promena smera letenja. Sa aspekta pouzdanosti, treba napomenuti da postojanje većeg broja rotora omogućava dronu ostanak u vazduhu, čak i ako jedan od njih otkaže. Sa druge strane, odlikuje ih kraće vreme leta i manja maksimalna brzina u odnosu na druge tipove;
- Fiksna krila – imaju jednostavniju strukturu i slični su avionima. Usled takve strukture, ne mogu da lebde već se u svakom trenutku moraju kretati unapred, pa nisu pogodni za korišćenje u manjem prostoru i sredinama. Imaju duže vreme letenja, veće brzine i u stanju su da nose veći teret na veće udaljenosti;
- Savijena krila – je hibridni model drona i nastao je kao težnja da se izvrši sinteza najboljih karakteristika druga dva tipa. U skladu sa tim, ovi dronovi mogu da lete na većoj razdaljini i da postižu veće brzine, a sa druge strane mogu da lebde i lakše menjaju smer letenja.

Dronovi se sastoje od velikog broja tehnološko naprednih sastavnih delova, koji im omogućuju efikasan i pouzdan rad. Pored fizičkih delova, veoma je značajna i softverska podrška koja predstavlja spregu između delova, drona i centrale, a zajedno sa senzorima i između drona i okoline. Timovi stručnjaka svakodnevno rade na razvoju tipova napajanja, pogonskih motora, kao i materijala od kojih se prave sastavni delovi, kako bi se performanse drona unapredile. Jedan od najbitnijih sistema koji se i dalje usavršava, jeste sistem za izbegavanje prepreka. Ovaj sistem se zasniva na obradi podataka dobijenih od senzora, kako bi se izbegao sudar i omogućio što viši nivo autonomnog funkcionisanja.

Napredak u oblastima minijaturizacije, mikroelektronike, senzora i sistema napajanja, omogućio je proizvodnju složenijih dronova, pogodnih fizičkih karakteristika (veličina, težina) i unapređenih karakteristika fleksibilnosti, prenosivosti i izdržljivosti tokom leta. Unapređenje sposobnosti samostalne kontrole letenja i komunikacije sa drugim letelicama, predstavlja veliki izazov i tehnološki segment koji zahteva neprekidan razvoj.

Osnovne prednosti dronova na polju dostave paketa se odnose na njihovu brzinu, mogućnost pristupa teškim terenima i udaljenim lokacijama, preletanje prepreka i potencijalnih zagušenja u saobraćaju, pozitivan uticaj na životnu sredinu itd. Pored

brojnih prednosti, prisutna su i brojna ograničenja. Pre svega nedovoljno razvijena i definisana zakonska regulativa, mali kapacitet transporta, mogućnost grešaka usled netačnih GPS podataka, mogućnost nanošenja povrede ljudima koji su im iz određenog razloga izloženi, uvećanje operativnih troškova usled pojave troškova osiguranja, kašnjenje dostave usled loših vremenskih uslova i sl.

3. Osnovne karakteristike Amazon Prime Air sistema dostave

Amazon funkcioniše na globalnom nivou i teško je jednim proračunom obuhvatiti sve situacije koje se javljaju u sistemu dostave na adresu poslovног ili fizičkog lica. Međutim, u svrhu ilustracije procene troškova dostave pomoću drona, uzet je primer američkog grada Chattanooga, koji je četvrti po veličini grad u Tenesiju. U ovom gradu postoji Amazonov distributivni centar, pa samim tim predstavlja pogodno mesto za testiranje. Sem što bi svaki drugi grad sa sobom nosio svoje specifičnosti u smislu organizacije dostave, situacija se dodatno komplikuje upotrebom različitih tipova dronova. U tom smislu, može biti nepoznato, na primer, koliko svaki dron troši energije, koliko dugo njegova baterija traje ili kako će dron sleteti, itd.

Međutim, kompanija Amazon je objavila nekoliko detalja o svojoj 8. i 9. generaciji dronova koji su razmatrani u ovom modelu: dron teži manje od 25 kilograma, leti brzinom do 80 km/h, i može da nosi pakete do 2,5 kg. U posmatranom modelu dron nosi pakete u krugu od 16 km od jedne dron stanice. Dok putuje 80 km/h, bespilotna letelica može doći do kupca za 12 minuta ili manje (jednačina 2) [1]. Ovaj tip proračuna se vrši korišćenjem osnovne jednačine ravnomernog pravolinijskog kretanja:

$$t = \frac{S}{v} , \quad (1)$$

gde je t – vreme, S – pređeni put i v – brzina kretanja.

Imajući u vidu prethodno navedene podatke, proizilazi:

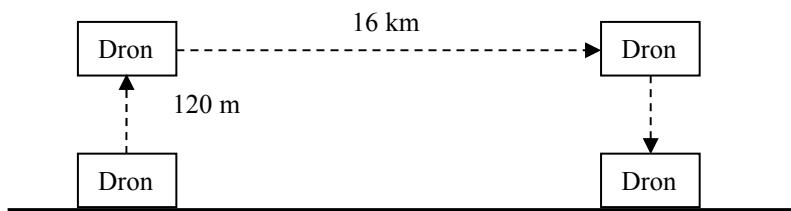
$$t = \frac{16 \text{ km}}{80 \text{ km/h}} = 0,2 \text{ h} = 12 \text{ min} . \quad (2)$$

Dakle, bespilotna letelica može da leti do i od lokacije kupca 16 kilometara daleko, za 24 minuta. Međutim, kada se uzme u obzir i vreme potrebno za ubrzanje, usporavanje, utovar i istovar paketa, kao i uzletanje i spuštanje drona, procena je da treba uračunati dodatno vreme od oko 6 minuta. Na osnovu ovog modela smatra se da dron može uručiti paket kupcu i vratiti se u postrojenje za bespilotne letelice u roku od 30 minuta ili manje (24 minuta leta + 6 minuta produžetka). Sada, sa utvrđenim opsegom od 0-30 minuta, pretpostavljeno je da je u proseku potrebno 18 minuta za kompletan let dronom: ako je vreme leta do 12 minuta, prosek bi bio 6-minutni let do lokacije i 6 minuta nazad (ukupno prosečno vreme trajanja 12 minuta) + 6 minuta više vremena = ukupno vreme putovanja 18 minuta [1].

Dronovi imaju unapred isprogramiran plan letenja, čime se pruža mogućnost da lete do cilja i nazad, bez potrebe za direktnim upravljanjem nad letenjem. To znači da neće biti uticaja ljudskog faktora, operatora, koji bi kontrolisao dron, već će taj određeni program usmeravati dron na tačnu lokaciju sletanja. Zbog toga se dronovi obično

nazivaju mali sistemi bespilotnih letelica. Bespilotne letelice su opremljene dodatnim programima, kao što je tehnologija protiv sudara koja sprečava dronove da udare u bilo šta što bi moglo ometati njihovu putanju leta. Dronovi su takođe povezani sa drugim osnovnim sigurnosnim protokolima. Na primer, ako se izgubi komunikacija između stanice za bespilotne letelice i bespilotne letelice, dronovi su programirani da se vrate na sigurnu lokaciju. Uprkos ovakvoj visokom nivou programiranja, i dalje je potreban ljudski rad za praćenje određenih deonica letova, kao i za održavanje drona. Zaposleni mogu biti obučeni da nadgledaju višestruke letove bespilotnih letelica, čime se smanjuje potreban broj radnika za rad u ovom sistemu dostave.

Amazon je podneo zahtev nadležnoj agenciji za letove da sprovodi testne letove na visinama do 120 metara. Ekspert za dronove, Missy Cummings, procenjuje da će dronovi morati da lete na visini od 90 metara ili više kako bi sprečili ometanje od strane ljudskog faktora. Za potrebe modela, procenjeno je da će se letovi obavljati na visini od 105 do 120 metara iznad zemlje (slika 1) [1].



Slika 1. Prikaz visine letenja drona

Dron se prvo vertikalno podiže na visinu od 120 metara iznad površine zemlje. Onda leti horizontalno bez promene nadmorske visine na određenom putu. Kada dostigne odgovarajuće koordinate, dron će se spustiti. Kada dodirne zemlju, dron će pustiti svoj paket. Nakon dostave, dron se ponovo podiže vertikalno na 120 metara i vraća se direktnim letom nazad do postrojenja. Sa ovom putanjom leta, prepostavljeno je da će dronovi dostaviti pošiljku jednom klijentu, a zatim će se vratiti na početnu stanicu za sledeću dostavu.

Postoje i neki eksterni faktori koje treba razmotriti, jer bi mogli značajnije da utiču na predloženi model. Na primer, loši vremenski uslovi kao što su kiša i sneg mogu vrlo negativno uticati na efikasnost sistema, što dovodi do odlaganja leta i dužih rokova dostave. Smatra se da su dronovi sposobni da lete na laganoj kiši ili snegu, ali ništa preko toga, jer bi padavine smanjile mogućnosti nesmetanog rada senzora [5]. Iz ovog argumenta može se tvrditi da ako su vremenski uslovi previše teški za letenje, to bi bio otežavajući faktor za sigurnu dostavu paketa. U svakom slučaju, vreme može da odloži letove na sat vremena ili na više dana ako su u pitanju velike padavine. Ali, u svrhu analize, pretpostavlja se da je vreme uvek pogodno za sve letove dronovima.

U konkretnom primeru, prema Nacionalnoj meteorološkoj službi SAD, Chattanooga ima padavine (kiša ili sneg) u proseku 120 dana u godini. Tim danima, kao glavni oblici padavina javljaju se slaba i umerena kiša, i grmljavine. Budući da bespilotne letelice mogu imati problema sa radom pri umerenoj kiši ili grmljavini, može

doći do odlaganja letova u 73 dana tokom godine. To znači da će dronovi potencijalno raditi sa 100% kapaciteta 292 dana svake godine.

Jedan vrlo pozitivan argument koji treba uzeti u obzir jeste da dronovi mogu povećati raspoloživo vreme dostave. FedEx i UPS svoje dostave počinju u 8 sati ujutru i završavaju u 19 časova uveče. Zbog toga paketi mogu biti uručeni u ukupnom vremenskom periodu od samo 11 sati dnevno. Sa odgovarajućim zakonima, Amazon bi mogao povećati svoj potencijalni kapacitet dostave za više od 100% samo ponudom bespilotne dostave 24 sata dnevno. Takođe, u većini delova zemlje, paketi se isporučuju samo od ponedeljka do subote. Zbog toga što se usluge dostave ne obavljaju nedeljom, smanjuje se količina dana dostave za 52 dana u godini. Dostava dronom mogla bi se obavljati svih sedam dana u nedelji. Takođe, dronovi imaju mogućnost letenja izbegavajući faktore kašnjenja na putu, kao što su rekonstrukcija puta, obilaznice, saobraćajne nezode, gužve u saobraćaju, itd.

Jedno od pitanja je koliko paketa bi trebalo dostaviti dnevno kako bi sistem postao isplativ. Na svom vrhuncu poslovanja u 2012. godini, 26. novembra, Amazon centri širom sveta isporučivali su više od 15,6 miliona paketa, prodajom rekordnih 306 proizvoda u minuti [6]. Ako se prepostavi da je samo 1/4 tih paketa isporučeno u SAD (318.9 miliona stanovnika), to znači da je više od 3.9 miliona paketa koje su širom sveta poslate 26. novembra dostavljeno u SAD. Kada podelimo 3.9 miliona sa stanovništvom Sjedinjenih Američkih Država (318.9 miliona), dobicemo u proseku 0.0122295 Amazonovih paketa po osobi koji se uručuju u SAD. Ako se ovaj prosek primeni na populaciju područja Chattanooga (470.000), tada je, unutar ove teritorije, otprilike isporučeno 5.748 paketa samo tog dana. Iako je ovo rekordno visok broj, a ne dnevni prosek, ovaj broj paketa pokazuje potencijal upotrebe bespilotnih sistema u Chattanooga i drugim gradskim područjima [1].

3.1. Analiza isplativosti sistema

Sa preko 4.900 paketa ($5.748 * 86\%$, procenjuje se da je oko 86% paketa podobno za dostavu dronom) koji se potencijalno mogu isporučiti na području Chattanooga na dan sa najvećim obimom saobraćaja u godini, Amazonov sistem za dostavu pomoću drona mora biti u mogućnosti da obavlja posao sa više dronova odjednom. Tako će u pomenutom slučaju biti 204 paketa za uručenje pomoću drona svakog sata. Ako se podeli ovaj broj za 3.3 putovanja na sat (pošto je prethodno aproksimirano prosečno trajanje leta od oko 18 minuta), može se utvrditi da će za svaki sat biti potrebna 62 drona kako bi se izvršile 204 dostave u proseku. Kada se podeli ovaj broj između sve tri bespilotne stanice, smatra se da svaka dron stanica mora da ima najmanje 21 bespilotnu letelicu kako bi ispunila ove uslove za dostavu. Međutim, ovakvo stanje bi bilo samo ukoliko se razmatra dostava pomoću dronova na dan sa najvećim obimom saobraćaja u godini [1].

Ako se prepostavi da bespilotne letelice mogu leteti kontinuirano u periodu od najviše 10 sati, onda će dronovi moći da rade u smenama. Stanica za bespilotne letelice može raditi u 3 smene od po 8 sati za pružanje brze i pouzdane dostave. Sa prosečnim vremenom od 18 minuta po putovanju (ili 3.3 putovanja po satu), svaki dron može napraviti u proseku 26 dostava po smeni. Ako svaka smena koristi kontinuirano 10 bespilotnih letelica, onda bi postrojenje za dronove u proseku moglo da izvede 32.5

dostave na sat. Očigledno je da ovo u nekim danima ili nekim vremenskim okvirima neće biti dovoljno za dostavu za 30 minuta ili manje od toga. Zbog toga, u cilju izbegavanja kašnjenja dostave, stanica bi trebala imati rezervne bespilotne letelice (procenjeno 10) koje će se koristiti kao sigurna rezerva. Još 10 dronova bi trebalo da se puni za noćnu smenu, dok ovi drugi rade u toku dana. Još 5 ili više dronova bi bilo potrebno kao rezervni dronovi u slučaju da operativna bespilotna letelica ne radi ili je potrebna zamena za nju.

Potencijalna strategija koja bi pomogla u povećanju brzine dostave tokom kritičnih sati biće ta da postoji više bespilotnih letelica u dnevnoj smeni kada se najčešće naručuju porudžbine i manji broj dronova u noćnoj smeni kada je manje verovatno da će biti naručivanja porudžbina. U svakom slučaju, Amazon bi trebalo da poveća ili smanji broj operativnih bespilotnih letelica u zavisnosti od vremena u toku dana i broja naloga koje je potrebljano ispuniti.

Postoji nekoliko teorija o tome kako će dronovi znati gde tačno da slete. Pojavila se ideja za postavljanje "helipada" za dronove gde bi se oni spuštali i uručivali pakete. Druga ideja je da se napravi jedna vrsta aplikacije sa mogućnošću lociranja mobilnog telefona primaoca preko GPS-a, što bi predstavljalo tačku sletanja za dron. U svakom slučaju, Amazon treba da pronađe način za programiranje određenih koordinata koje se smatraju "sigurnim mestima za sletanje". Još jedna ideja koja je ponuđena bila je ideja da se naprave "mesta za pad" ili sigurne lokacije raspoređene širom grada na koje će dron sletati, ispuštati paket i dalje nastaviti let. Tada bi korisnik mogao pristupiti i kupiti paket sa ove specifične lokacije.

Međutim, u modelu se prepostavlja, s obzirom da originalni sistem dostave podrazumeva uručenje na samom kućnom pragu, da će takav sistem moći da podrže i dronovi. Iz ove prepostavke proizilaze i pravna pitanja o tome gde bi dron Amazona mogao da sleti kada su u pitanju javne površine. Da li bi im bila potrebna dozvola za sletanje u javne parkove, krovove zgrada, itd? Ovim pitanjima bi trebalo da se pozabave kako u Amazonu, tako i u nadležnoj agenciji za letove. Kako se prepostavlja da će u budućnosti sve više kompanija investirati u bespilotne letelice, pitanje prava na javni vazdušni prostor i mesta za sletanje će svakako dobiti na značaju [1].

3.2. Troškovni proračun

Razmatranje ekonomske isplativosti primene dron sistema treba da obuhvati sve troškove koji su neophodni za implementaciju, pokretanje i održavanje sistema. Jedan od prvih i najznačajnijih troškova jeste inicijalna kapitalna investicija za nabavku dronova. Procena je da je za početak primene ovog sistema dostave u ovom gradu, neophodno nabaviti najmanje 105 dronova. Cena dronova se kreće od nekoliko hiljada do nekoliko miliona dolara. Pretpostavka je da je cena drona u ovom slučaju između 3.000\$ i 5.000\$. Ako se u proračun uvrsti srednja vrednost od 4.000\$ za jedan dron i neophodan broj dronova (105), dolazimo do vrednosti od 420.000\$ za investiranje u njihovu nabavku. U nastavku su prikazani rezultati analize isplativosti dostave dronom u odnosu na standardnu dostavu od strane UPS kurira na posmatranoj teritoriji.

Cena UPS kurira iznosi oko 25\$ po satu, uz napomenu da smena traje 10 sati. Kada se uračunaju troškovi goriva i putarine, ova cifra se uveća na oko 30\$ po satu. Na

dnevnom nivou jedan UPS kurir može da dostavi oko 250 paketa. Na osnovu navedenog, jednostavno se izračunava trošak po paketu T_{pk} dostavljenom od strane kurira [1]:

$$T_{pk} = \text{Cena (troškovi) kurira / Broj dostavljenih paketa}, \quad (3)$$

U posmatranom slučaju T_{pk} iznosi 1.20\$ po paketu.

$$\begin{aligned} T_{pk} &= (30 \$/\text{sat} * 10 \text{ sati}/\text{dan}) / 250 \text{ paketa}/\text{dan} \\ T_{pk} &= 1.20 \$/\text{paket} \end{aligned} \quad (4)$$

Potrebno je napomenuti na dobijeni trošak potiče samo od cene dostave UPS kurira i da u kalkulaciju nije uključen trošak koji kompanija Amazon ima dok paket transportuje do UPS preradnog centra.

Prilikom proračuna troškova dostave dronom, procenjeno je da je njegova cena oko 4.000\$, a životni vek 5 godina. Kada se uključe troškovi održavanja i drugi propratni troškovi, prosečni trošak za dron na nivou njegovog čitavog životnog veka iznosi oko 5.000\$. U početku se pretpostavljalo da dronovi na posmatranoj teritoriji mogu izvršiti dve dostave po satu, međutim izračunato je da dron može u proseku izvršiti 3.3 dostave po satu. Ukoliko se usvoji da dron vrši dostavu 14 časova dnevno (10 sati je rezervisano za punjenje baterija) 7 dana u nedelji, izračunava se da za životni vek od 5 godina može izvršiti 84.084 dostave (letova), odnosno dostaviti isto toliko paketa [1].

$$\begin{aligned} 3.3 \text{ dostave/sat} * 14 \text{ sati/dan} * 7 \text{ dana/sedmica} * 52 \text{ sedmice/godina} * 5 \\ \text{godina} = 84.084 \text{ dostave} \end{aligned} \quad (5)$$

Međutim, ukoliko se za vreme dostave na dnevnom nivou umesto 14 usvoji 10 časova, kao što je to slučaj kod UPS kurira, broj dostava (letova) za životni vek od 5 godina iznosi 60.060.

$$\begin{aligned} 3.3 \text{ dostave/sat} * 10 \text{ sati/dan} * 7 \text{ dana/sedmica} * 52 \text{ sedmice/godina} * 5 \\ \text{godina} = 60.060 \text{ dostava} \end{aligned} \quad (6)$$

Može se zaključiti da bi se na posmatranoj teritoriji u roku od 5 godina potencijalno izvršilo 8.828.820 dostava (letova) od strane 105 dronova, koji dostavu vrše 14 sati dnevno. Ukoliko dronovi dostavu vrše 10 sati dnevno, broj dostava (letova) na nivou čitave flote za period od 5 godina bi se smanjio i iznosio 6.306.300.

Na osnovu dobijenih vrednosti, može se izvršiti proračun troškova dostave dronom T_{pd} na posmatranoj teritoriji i to u dva posmatrana slučaja [1]:

1. slučaj - dostava se obavlja 14 sati dnevno:

$$\begin{aligned} T_{pd1} &= 5.000 \$ / 84.084 \text{ dostava(paketa)} \\ T_{pd1} &= 0.06 \$ / \text{dostava(paket)} \end{aligned} \quad (7)$$

2. slučaj - dostava se obavlja 10 sati dnevno:

$$\begin{aligned} T_{pd2} &= 5.000 \$ / 60.060 \text{ dostava(paketa)} \\ T_{pd2} &= 0.08 \$ / \text{dostava(paket)} \end{aligned} \quad (8)$$

U oba slučaja, primetni su znatno niži troškovi dostave paketa dronom, nego što je to slučaj putem UPS kurira. Kako se u budućnosti bude širilo tržište i upotreba dronova, ovaj trošak će se dodatno smanjivati. Sa druge strane, postoje dodatni troškovi koji nisu uvedeni u analizu, a odnose se na ulaganja u stanice dronova. Dodatni troškovi mogu uključivati:

- Zgrade i zemljište povezano sa dron stanicama,
- Računarske konfiguracije, softvere i sisteme za praćenje,
- Računarske tehničare,
- Inženjere za održavanje i razvoj sistema,
- Troškove održavanja objekata,
- Tim za upravljanje logistikom i nadgledanje operacija,
- Potencijalno osiguranje i zakonske naknade,
- Potencijalne naknade za pravo korišćenja vazdušnog prostora i/ili određene frekvencije, itd.

4. Poštanske kompanije i dostava pošiljaka dronom

Među poštanskim kompanijama, DHL je prvi otpočeo razvoj sistema za dostavu pošiljaka dronom. Kreirali su svoju verziju drona - „parselkopter“ i testiranje otpočeli u Bavariji (Nemačka). Rezultati su bili izuzetno uspešni, dron se pokazao kao pogodno sredstvo za dostavu čak i pri izraženim promenama vremenskih prilika. Nakon ovog, sproveli su još nekoliko uspešnih testova gde su dronom dostavljali lekove i druge hitno potrebne proizvode.

Rezultati testiranja kompanija Amazon i DHL pokazuju da su sistemi zasnovani na upotrebi drona izuzetno efikasni i pogodni za dostavu. Poštanske kompanije su deo sistema gde se susreću najveći tokovi kako standardnih poštanskih pošiljaka, tako i paketa čiji su izvori e-trgovine. Na taj način, poštanske kompanije posluju sa velikim brojem korisnika koji se nalaze na različitim lokacijama i imaju različite zahteve pri dostavi. Na određene zahteve i nepredviđene situacije koje se mogu desiti pri tradicionalnoj dostavi, mogu najefikasnije odgovoriti prednosti sistema dostave dronom.

Poseban benefit poštanskim kompanijama ovaj sistem dostave može doneti u ruralnim i nepristupačnim područjima gde je neisplativo organizovati tradicionalnu dostavu, ali i u gradovima sa velikim brojem korisnika i značajnim saobraćajnim opterećenjem, koje često prouzrokuje zastoje, što nepovoljno utiče na efikasnost tradicionalne dostave. Pored ove vrste benefita, primena dron tehnologije bi doprinela i jačanju brenda kompanije kao izraženog inovatora na ovom polju poslovanja.

5. Zaključak

Na osnovu prikazanih karakteristika bespilotnih letelica i osnovnih pokazatelja rezultata projekta Amazon Prime Air - kompanije Amazon, može se zaključiti da njihova upotreba u sistemima dostave paketa i pošiljaka predstavlja pogodno rešenje. Najbolji pokazatelji koji idu u prilog ovoj tvrdnji, jesu osnovne karakteristike ovog sistema, kao i samih dronova:

- brzina,
- upravljivost,

- mogućnost pristupa i prelaska preko područja koja su tradicionalnoj dostavi nedostupna,
- eliminacija ometajućih faktora iz saobraćaja ili okoline, koji umanjuju efikasnost tradicionalne dostave,
- smanjenje troškova dostave,
- pozitivan uticaj na životnu sredinu itd..

Uz razumne troškove i respektabilnu brzinu dostave, dronovi postaju zanimljivi svim kompanijama koje se bave distribucijom paketa i pošiljaka. Samim tim poštanske kompanije pokazuju zainteresovanost za ovakav sistem dostave. Prva takva kompanija, koja se odlučila i na konkretan potez testiranja ovih sistema, jeste DHL. Rezultati njihovog tetiranja takođe potvrđuju uspešnost ovakvog sistema dostave.

Ekspanzija upotrebe dronova za dostavu paketa, kao i u druge komercijalne svrhe, se može očekivati veoma brzo. Neophodan uslov za to jeste njihov tehnološki razvoj, koga prati razvoj odgovarajuće zakonske regulative.

Literatura

- [1] A. Welch, *A cost-benefit analysis of Amazon Prime Air*. Honors Theses. 2015
- [2] V. Kharchenko, D. Prusov, „Analysis of Unmanned Aircraft Systems Application in the Civil Field.” *Transport*, 27 (3), pp. 335-343, 2012. doi:10.3846/16484142.2012.721395
- [3] N. Đokić, *Dostava pomoću drona*. Saobraćajni fakultet. 2017
- [4] E. K. Browning and J. M. Browning, *Microeconomic Theory and Applications*. 11th ed. Boston: Little, Brown, 1983
- [5] D. Gross. (2014, November 10). Amazon's Drone Delivery: How Would It Work? *CNN. Cable News Network* [Online]. Available at: <http://www.cnn.com/2013/12/02/tech/innovation/amazon-dronesquestions/>
- [6] T. Cheredar. (2015, February 10). At Peak, Amazon Sold a Whopping 306 Items per Second in 2012. *Venture Beat. VB News* [Online]. Available at: <http://venturebeat.com/2012/12/27/at-peak-amazon-sold-a-whopping-306-items-per-second-in-2012/>

Abstract: *Delivery of the package represents the last and one of the most important activities in the process of their distribution to the users. Modernizing the delivery system is a necessary step to effectively respond to user requirements and possible unforeseen situations, which can be a disruptive factor for delivery. Application of new technologies for this purpose, because of the numerous possibilities offered, are a convenient solution. In the field of organization and technological development of shipments and packages delivery, the latest tendencies relate to the development of systems in which drones are used. The paper presents an analysis of such systems, through the presentation of the basic characteristics of the drones and test results in the case of Amazon.*

Keywords: *delivery, drone, e-commerce, packages, shipments*

A DELIVERY BY USING DRONE

Momčilo Dobrodolac, Dejan Marković, Dragan Lazarević