

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tilen Valant

**Razvoj opreme izvidniških brezpilotnih letalnikov kopenske
vojske ZDA**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Tilen Valant

Mentor: red. prof. dr. Anton Žabkar

**Razvoj opreme izvidniških brezpilotnih letalnikov kopenske
vojske ZDA**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

"Information is like eggs: the fresher the better"

– general George S. Patton (1944).

Zahvala

Sprva bi se rad zahvalil prof. Žabkarju za vlogo ...
... mentorja pri izdelavi diplomskega dela,
... profesorja s svojim doprinosom k zanimivosti in kvaliteti študija obramboslovja,
... in predvsem osebe, ki je bila vselej odprta in venomer prijazna. Hvala.

Zahvalil bi se rad vsem prijateljem,
ki ste me spremljali in vedrili tekom študija.

Zahvalil bi se rad svojemu dekletu, Bernardi,
ki je s svojim strogim in milim pogledom znala
usmeriti moje misli v zaključek študija.

In navsezadnje, rad bi se zahvalil svojim staršem – mami, oči, brez vaju me danes ne bi bilo
tukaj, hvala!

Razvoj opreme brezpilotnih letalnikov kopenske voske ZDA

Skozi zgodovino vojskovanja je izvidovalna dejavnost neprestano pridobivala na pomenu. Že Sunzi, starokitajski mislec in vojskovodja, je veleval, da je pred napadom na nasprotnika o njem potrebno izvedeti čim več. Do danes se je dejavnost zbiranja informacij razvila do tolikšne mere, da poteka neprekinjeno, tako v času miru, kot v odsotnosti le-tega.

Za kopensko vojsko ZDA je izvidniška dejavnost v sodobnih konfliktnih žariščih, kjer se prikrit sovražnik največkrat skriva v urbanih središčih, ključnega pomena. Zaradi nevarnosti, ki jo predstavlja prikrit nasprotnik, izvidniška dejavnost kopenske vojske ZDA na operativni in taktični ravni temelji na uporabi naprednih brezpilotnih letalnikov. Le-ti so za razliko od klasičnih letal cenovno dostopnejši, v njih ni ogroženega pilota, zaradi koristnega tovora, namenjenega izvidovanju (detekcijski sistemi in označevalniki ciljev), pa dosegajo enako dobre, če že ne boljše rezultate kot navadna izvidniška letala.

Tehnološka dovršenost brezpilotnih letalskih/zračnih sistemov kopenske vojske ZDA omogoča enotam na terenu in načrtovalcem v štabih neposredno podporo, to pa se praviloma izkaže v pravočasni prilagoditvi le-teh spreminjajočim razmeram v sodobnem dinamičnem okolju bojišča.

Ključne besede: brezpilotni letalnik, oprema za izvidovanje, kopenska vojska ZDA.

Development of the equipment of unmanned aerial vehicles in US Army

Throughout the history of warfare the need for reconnaissance has constantly grew. Already Sunzi, the ancient Chinese philosopher and military leader, urged that knowing one's enemy before confronting him in battle, is of the most importance. By now reconnaissance has evolved to the level, where carrying out such activities is continuous, as much in peace as in wartime.

For US Army in contemporary conflict zones, where the enemy is concealed and in most cases hidden in urban underground, reconnaissance is crucial. Because of the dangers that mentioned enemy presents, US Army reconnaissance bases on the use of advanced unmanned aerial vehicles. Such aerial vehicles are in comparison with classic reconnaissance airplanes cheaper and do not have a pilot who might become endangered during mission. Up to date reconnaissance payloads (objective detectors and target designators) enable unmanned aerial vehicles to perform as good as, if not even better than manned aircraft.

High – tech unmanned aerial systems, used by US Army, enable ground forces and mission planners direct support with imagery and other material which usually shows in in – time adaptation to the dynamics of today's battlefield.

Keywords: unmanned aerial vehicle, reconnaissance equipment, US Army.

KAZALO

1	Uvod.....	8
2	Metodološki okvir.....	11
2.1	Predmet.....	11
2.2	Cilji.....	11
2.3	Hipoteze.....	12
2.4	Uporabljena raziskovalna metoda.....	12
2.5	Temeljni pojmi.....	12
2.5.1	Detekcijski sistemi.....	12
2.5.2	Izvidovanje.....	13
2.5.3	Koristni tovor.....	13
2.5.4	Brezpilotni letalski/zračni sistem.....	13
2.5.5	Brezpilotni letalnik.....	14
3	Pregled in opis brezpilotnih letalnikov kopenske vojske ZDA.....	15
3.1	Strateški brezpilotni letalniki.....	15
3.1.1	MQ-1C Gray Eagle.....	16
3.1.2	A160T Hummingbird.....	17
3.2	Taktični brezpilotni letalniki.....	19
3.2.1	RQ-2 Pioneer.....	20
3.2.2	RQ-5A / MQ-5B Hunter.....	21
3.2.3	RQ-7B Shadow.....	22
3.3	Mini/mikro brezpilotni letalniki.....	23
3.3.1	FQM-151 Pointer.....	23
3.3.2	RQ-11 Raven.....	24
3.3.3	RQ-16 T-Hawk.....	25
3.3.4	RQ-20 Puma AE.....	25
4	Oprema za izvidovanje.....	28
4.1	Vidno polje.....	29
4.1.1	Aerofotografija.....	29
4.1.2	TV kamere.....	30
4.2	Nevidno polje.....	31
4.2.1	Infrardeče (IR) polje.....	31

4.2.2 Mikrovalovno polje.....	35
5 Navigacijski sistemi	37
5.1 Ročna navigacija.....	38
5.2 Navigiranje preko inercije	38
5.3 Navigiranje preko satelitov	39
5.4 Kombinirana metoda navigacije	39
6 Zaključek.....	41
7 Literatura.....	48

Seznam kratic

BPL	Brezpilotni letalnik
BLZS	Brezpilotni letalski/zračni sistem
CIA	Central Intelligence Agency
D3	The Dull, the Dirty and the Dangerous
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
FCS	Future Combat System
GMTI	Ground Moving Target Indicator
INS	Inertial Navigation System
IR	Infrardeče, Infrared
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance
KoV	Kopenska vojska
LWIR	Long Wave IR
MUAV	Miniature Unmanned Aerial Vehicle
MWIR	Medium Wave IR
RATO	Rocket Assisted Take Off
SAR	Synthetic Aperture Radar
SWIR	Short Wave IR
TTV	Thermal TV
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle
VTOL	Vertical Take Off and Landing

1 Uvod

V sodobnih oboroženih konfliktih ter ostalih okoliščinah, ki zahtevajo aktivno uporabo enot kopenske vojske, vse več nacionalnih oboroženih sil kot tudi zavezništva na obrambno-vojaškem področju v podporo kopenski silam uporablja zračna plovila za povečevanje učinkovitosti akcij in zmanjševanje stopnje nevarnosti le-teh.

Sodeč po Krepinevichu (2002, 5–6), se konflikti med koncem 70-ih let prejšnjega stoletja in današnjim časom nahajajo v t. i. prehodni, prvi fazi t. i. vojaškotehnične revolucije, kjer kvaliteta oborožitvenih in podpornih sistemov prednjači pred kvantiteto. Razumljivo je, da so, zaradi tovrstnega spoznanja in pravočasne prilagoditve spremembam, ZDA iz krize bipolarne razdelitve sveta izšle kot zmagovalci nad Sovjeti, ki se spremembam niso prilagodili (Žabkar in Svete 2011, 105–106). Slednji so sredstva, namesto v sisteme na osnovi informacijsko-komunikacijske tehnologije, bojnih robotov ter vohunskih satelitov, vlagali v konvencionalna sredstva, kot so bojne ladje, balistične rakete ter glavne bojne tanke prejšnjih generacij.

Vlaganje sredstev v razvoj bojnih robotov in senzorjev, kot pravi Rajesh, se danes ključnega pomena, saj imajo zaradi tega poveljniki kopenskih enot na taktični ravni omogočen dostop do vitalnih podatkov o nasprotniku in bojišču v realnem času (Rajesh 1997, 17).

Za Američane, ki so bili tekom hladne vojne vpleteni v večino večjih konfliktov širom sveta, je bilo izvidovanje ključnega pomena in kot tako ena izmed najpomembnejših dejavnosti obveščevalno-varnostnih agencij kot tudi oboroženih sil. Visoke cene projektiranja in izdelave pilotiranih izvidniških letal (Blackbird U-2), cena življenj številnih pilotov letal in helikopterjev v Vietnamski vojni in incident s strmoglavljenjem Lockheedovega strateškega izvidniškega letala U-2 nad ozemljem Sovjetske zveze (1960) so le tri izmed pre mnogih kapelj v prepolni posodi.

Spodrseljaji na obrambnem področju, poleg ostalih dejavnikov, so povzročili t. i. efekt povratnega ognja, ki se je manifestiral tako na notranjepolitičnem (upad javne podpore vodstvu znotraj ZDA) kot tudi zunanjepolitičnem teatru (nadaljevanje zaostrovanja razmer s SZ, kar navsezadnje privede do kubanske raketne krize) (Ehrhart 2010, 23).

Našteto je v času do konca blokavske bipolarizacije na stežaj odprlo vrata masivnemu prodoru brezpilotnih letalnikov v operativno uporabo vseh zvrsti oboroženih sil ZDA, pri čemer je razumljivo pospešen razvoj BPL potekal že prej.

V zadnji dveh desetletjih je napredek na področju robotike, nanotehnologije, informacijsko-komunikacijske tehnologije, bionike in ostalih tehnologij utrl pot robotizaciji vojskovališča ali kot je zapisal Žabkar "robotični revoluciji". V dobrih dvajsetih letih se je število vojaških robotov kopenske vojske ZDA povzpelo na 12.000, od katerih naj bi bilo kar 7.000 brezpilotnih letalnikov (Žabkar in Svete 2011, 177–178).

Ekonomska dostopnost, odsotnost grožnje življenju pilota¹, podaljšanje trajanja leta, lahek globalni transport, mobilnost, praktičnost in predvsem večnamenskost sodobnih brezpilotnih letalnikov, so le nekateri izmed razlogov, da se vse več držav, kot prve med njimi ZDA, čedalje pogosteje poslužujejo uporabe tovrstnih sodobnih robotiziranih sistemov v širokem spektru nalog, od bojnih (taktični udari), nebojnih (pomoč pri OOTW) do civilnih (škropljenje polj, gašenje požarov, nadzor obalne regije) (Bogovič 2010, 7–8; Defense Airborne Reconnaissance Office (DARO) 1994, 50; European Commission, Enterprise and Industry Directorate - General 2007, 7).

Na Fakulteti za družbene vede so bila temo brezpilotnih letalnikov do sedaj napisana tri dela, in sicer:

- diplomsko delo Simona Novosela (mentor red. prof. dr. Anton Žabkar) z naslovom "Bojni roboti kopenske vojske" (2007). V nalogi se avtor od širokega področja bojnih robotov kopenske vojske v posameznih podpoglavjih usmeri v posamezne vrste bojnih robotov (zračni, kopenski itd.), jih pri tem klasificira, nato pa se vrne h aplikaciji bojnih robotov v širšem smislu;
- diplomsko delo Valerije Bogovič (mentor doc. dr. Uroš Svete) z naslovom "Uporaba brezpilotnih letal v asimetričnem bojevanju" (2010). V tej diplomski nalogi se avtorica spusti v natančnejšo opredelitev terminov brezpilotni letalnik in asimetrično bojevanje, nato pa v glavnimi svojega dela zapiše značilnosti uporabe le-teh na podlagi študije primera uporabe BPL v Afganistanu, Pakistanu in Gazi;
- magistrsko delo Gregorja Hafnerja (mentor doc. dr. Uroš Svete) z naslovom "Vojaški brezpilotni letalski sistemi – taktični vidik, mednarodnopravni in etični izzivi" (2011). V tem delu se avtor dotakne opredelitve brezpilotnih letalnikov, vendar pa veliko večino naloge posveti opredelitvi etične dileme pri uporabi robotiziranega sistema za nadzor in po potrebi napad na človeške vire.

¹ Pilot ni več pilot v pravem pomenu, temveč visoko izurjen vojak – specialist, ki z BPL upravlja iz nadzorne postaje preko sistemov za brezžično vodenje, ki je lahko stacionirana na drugem koncu sveta (Dakič 2009; 4–9).

Nadalje je bil termin brezpilotno letalo/letalnik omenjen v kar lepem številu del, na primer v nalogah kolegov Fugine, Černjavič in Domijan, vendar pa se omenjeni avtorji termina le dotikajo, ga ne opisujejo in nasploh ne sestavljajo svojega dela okrog omenjenega pojma.

Izboru teme in posledično naslova "Razvoj opreme izvidniških brezpilotnih letalnikov kopenske vojske ZDA" sem se približal iz tehničnega vidika. Pri tem sem svoj spekter omejil na precej ozko področje, saj me pri raziskovanju in kasneje pisanju diplome ni zanimala nobena druga vloga izrabe brezpilotnih letalnikov kot v izvidovalne namene.

Poleg opredelitve tistih brezpilotnih sistemov, ki so odigrali pomembno vlogo za dvig njihovega potenciala na današnjo stopnjo in tistih, ki so v operativni uporabi kopenske vojske ZDA danes, sem se usmeril v raziskavo in podroben opis sestavnih elementov t. i. koristnega tovora, ki ga vsebujejo letalniki, namenjeni izvidovanju.

2 Metodološki okvir

2.1 Predmet

Osrednja tema moje diplomske naloge so izvidniški brezpilotni letalniki, ki jih v svojih operacijah uporabljajo enote kopenske vojske ZDA. Iz naslova je razvidno, da se bo rdeča nit naloge vila od predstavitve omenjenih brezpilotnih letalnikov vse do ravni posameznih elementov znotraj paketa, imenovanega koristni tovor, ki omenjenim letalnikom omogočajo kvalitetno izvrševanje osnovnih dejavnosti v sklopu dodeljenih nalog na vseh treh ravneh delovanja kopenske vojske – od najširše strateške, preko operativne ter vse do najnižje taktične; in v vseh treh okoljih – nad kopnim in morjem kot tudi v zraku. Med sestavnimi deli koristnega tovora bom posebno pozornost namenil opremi za izvidovanje, sistemom za navigacijo ter elementom, s katerimi brezpilotni letalniki in druga leteča plovila označujejo cilje. Z uporabo tovrstnih brezpilotnih sistemov se je v veliki meri zmanjšala stopnja tveganja življenj pilotov, drage vojaške tehnike itn., ob tem je trditev, da bo uporaba robotiziranih sistemov, kot so brezpilotni letalniki, v bližnji prihodnosti izpodrinila klasična letala s posadko, precej smela.

2.2 Cilji

Pred pričetkom pisanja svoje diplomske naloge sem si zastavil tri raziskovalne cilje.

Prvi cilj je raziskati ter preučiti temo izvidniških brezpilotnih letalnikov. Nedvomno najpomembnejši sestavni del tovrstnih letalnikov je koristni tovor, ki je v primerjavi s celotno letečo konstrukcijo najdražji in kot tak določa namen uporabe brezpilotnega letalnika.

Kot drugi cilj sem tako postavil raziskavo področja koristnega tovora za izvidovanje, tj. paketa elektronskih naprav, ki na različne načine, v različnih časovnih in vremenskih razmerah (dan, noč, megla, dim ...) omogoča upravljavcu z letalnikom, da locira, spremlja ter po potrebi tudi označuje cilje tako na zemlji, morju kot v zraku samem.

Ker se zavedam, da diplomska naloga, sama po sebi, z omenjenima ciljema ne bi imela velike teže, sem si za tretji cilj, po podrobni proučitvi teme, zadal izluščiti bistvo, ki nakazuje smernice za prihodnji razvoj tako tehnike kot načina uporabe tovrstnih robotov.

2.3 Hipoteze

V svojem diplomskem delu sem si zastavil dve hipotezi, ki ju bom v sklepu potrdil ali zavrgel:

Hipoteza 1: Ob pojavu novih materialov in oblik, predvsem pa zaradi razvoja na področju optoelektronike brezpilotni letalniki postajajo vse učinkovitejši².

Hipoteza 2: Zaradi izboljševanja zmogljivosti³ brezpilotnih letalnikov čedalje več misij temelji na brezpilotnih letalnikih. Posledično to pomeni, da se v kopenski vojski ZDA, kot tudi drugod po svetu, število brezpilotnih letalnikov povečuje.

2.4 Uporabljena raziskovalna metoda

Pri izdelavi svoje diplomske naloge sem uporabljal le eno raziskovalno metodo in sicer deskriptivno oz. opisno metodo.

2.5 Temeljni pojmi

2.5.1 Detekcijski sistemi

Pod pojmom detekcijski sistemi razumemo nabor instrumentov, ki uporabnikom, v tem primeru upravljavcem BPL, omogočajo izvidovanje po kopnem, vodi in zraku, pri čemer je namen tovrstnega početja zaznava oz. kontinuiran nadzor nad zastavljenim oz. predvidenim ciljem. Ta je lahko stacionaren objekt (bunker, skrivališče upornikov, poveljniško mesto ipd.) ali pa premični subjekt (nevaren posameznik, letalo ali pa gumenjak s pirati na krovu ...). Med detekcijske sisteme sodijo radarji, optoelektronski senzorji, optični senzorji, stabilizirane kamere in ostali sistemi.

² Učinkovitejši pomeni boljši pri odkrivanju ciljev, natančnejši pri merjenju razdalj ipd.

³ Zmogljivejši pomeni zmanjševanje odvisnosti od vremenskih pogojev, povečevanja doleta in trajanja leta.

2.5.2 Izvidovanje

Izvidovanje je v vojaškem leksikonu (Ratković in Petrović 1981, 194) definirano kot aktivnost v sklopu obveščevalnih dejavnosti s strani oboroženih sil in ostalih služb, pri čemer se zbirajo podatki o nasprotnikovih silah, njegovih bojnih sredstvih ter prostoru v katerem se nahajajo v določenem časovnem obdobju.

Izvidovanje se naprej deli na podzvrsti: optoelektronsko, radijsko in specialno. Ker se bom v nadaljevanju posvetil izvidovanju preko optoelektronskih elementov, se bom radijskega in specialnega izvidovanja le dotaknil. Radijsko izvidovanje deluje na principu zaznavanja radijskih valov, ki ga oddajajo komunikacijske naprave (prisluškovanje pogovorom po nezaščitenih kanalih), specialno izvidovanje pa Tirnanić (2001, 212–214, 229–230) pojmuje kot izvidovanje s specifičnimi senzorji, kot so detektorji radioaktivnega prahu v ozračju, prisotnost bojnih strupov v vodi ipd.

2.5.3 Koristni tovor

Koristni tovor (angl. Payload) je termin, ki se v terminologiji vojne aviacije navezuje na elemente oz. sisteme, ki so namenjeni specifični nalogi, torej dajejo platformam, na katerih se nahajajo (bombnik, prestreznik, brezpilotni letalnik itn.), namen.

Najosnovnejši, tradicionalni koristni tovari brezpilotnih letalnikov so danes paketi senzorjev za izvidovanje, o katerih bo več govora v nadaljevanju. V obdobju zadnje generacije brezpilotnih letalnikov, ko zaradi razvoja informatike, elektronike, optike itn. le-ti postajajo čedalje bolj večnamenski, se spekter koristnega tovora nezadržno veča, pri čemer se v "kovčku" povečuje število udarnih sredstev, elektronskih motilnikov, relejnih postaj, specialnih senzorjev itn.

2.5.4 Brezpilotni letalski/zračni sistem

Termin brezpilotni letalski/zračni sistem (UAS) celovito opredeljuje sklop sistemov in podsistemov, ki ne le omogočajo, temveč zagotavljajo učinkovito delovanje kompleksnega kosa opreme, kot je brezpilotni letalnik. BLZS je skupek sistemov, v katerega poleg samega BPL sodijo tudi talna nadzorna postaja, talni sprejemnik/oddajnik podatkov z barvnim / črno – belim ekranom, izstrelitvena platforma/lanser ter transportno - logistična oprema. V celoto

vsekakor sodi tudi posadka, na čelu s kibernetiki, ki upravlja z naštetim (Headquarters, Department of the Army 2006; vi; Dakič - Prelc 2009, 42).

2.5.5 Brezpilotni letalnik

Brezpilotni letalnik je s strani kopenske vojske ZDA definiran kot zračno plovilo, ki se v zraku ohranja preko principa aerodinamike, pri tem pa na krovu nima posadke. Lahko so potrošni material ali pa so namenjeni večkratni uporabi. Letijo avtonomno, ali pa ob interakciji operaterja – pilota (Department of Defense 2002).

Povzeta definicija je za osnovno definiranje pojma BPL morda zadovoljiva, vendar pa je po mojem mnenju pri nadaljnjem raziskovanju tega področja, termin brezpilotni letalnik, ki je osrednji pojem moje diplomske naloge, definirati natančneje. To bom storil prek klasifikacije glede na:

- način vodenja BPL: glede na način vodenja poznamo daljinsko krmiljene, delno krmiljene in popolnoma avtomatizirane letalnike;
- namen uporabe BPL: glede na namen uporabe brezpilotnike delimo na izvidniške, udarno – jurišne, komunikacijsko – relejne, BPL za elektronsko motenje, BPL za dostavo materialnih sredstev na teren, BPL – tarče, BPL – vabe ter kot zadnjo vrsto večnamenske brezpilotne letalnike (Tirnanić 2001, 11–12; Larm 1996, 3–4; Knific 2008, 291);
- stopnja avtonomije: po stopnjah avtonomije delimo brezpilotne letalnike na strateške, taktične in mini/mikro brezpilotne letalnike (Pečar 2012, 6);
- način izstrelitve: brezpilotne letalnike lahko v zrak spravimo na pet osnovnih načinov, in sicer z vzletne steze, hidravlične lansirne platforme, lansirne platforme preko pomožnega sistema z raketnim pogonom (RATO), lansiranja iz pilotiranih letal v zraku ter ročnega meta (Tirnanić 2001, 12; Army-Technology.com 2012a).

V splošnem BPL sestavljajo: leteča platforma s pogonskim delom, navigacijski sistem z avtopilotom, računalnik z napravami za sprejem/oddajo podatkov ter koristni tovor, ki se spreminja glede na namen uporabe BPL. Sem sodi npr. oprema za izvidovanje, oborožitev, kontejner za dostavljanje materiala/opreme, komunikacijsko – relejna postaja in ostalo (Pečar 2012, 5; Oblak 2007, 17).

3 Pregled in opis brezpilotnih letalnikov kopenske vojske ZDA

Iz literature je razvidno, da je med vejami ameriških oboroženih sil najbolj trnovo pot pri izboru brezpilotnih letalnikov za podporo lastnim silam ubrala kopenska vojska.

Razvojno pot brezpilotnih letalnikov sem, glede na operativno raven uporabe le-teh, kronološko razvrstil v tri podpoglavja, pri čemer sem največjo vlogo BPL namenil današnji uporabi, ki predstavlja najboljše, kar premore kopenska vojska ZDA.

3.1 Strateški brezpilotni letalniki

Strateški brezpilotni letalniki so avtonomni oz. polavtonomni brezpilotni letalniki, katerih tehnični podatki morajo po splošni definiciji ustrezati splošno sprejetim kriterijem. Z doletom nad 500 km, avtonomijo leta nad 24 ur, se pravi z zmogljivostjo opravljanja bojnih in nebojnih nalog podnevi in ponoči, z vzletno maso nad 1 tona, tovrstni brezpilotni letalniki sodijo med najzmogljivejše brezpilotnike na svetu (Tirnanić 2001, 12–14; Dakič - Prelc 2009, 42).

Koncem osemdesetih let prejšnjega stoletja smo priča izdelavi GNAT-750. Projekt podjetja General Atomics Aeronautical Systems, financiran s strani Centralne obveščevalne agencije in ameriškega vojnega letalstva, je imel za cilj zastavljen razvoj izvidniškega brezpilotnega letalnika visoke avtonomije. Omenjeni izvidniški letalnik, ki se je izkazal za nadvse uspešnega pri opravljanju nalog v kriznih žariščih na Balkanu in Bližnjem vzhodu v 90-ih letih prejšnjega stoletja, je postavil normativ za nadaljnji razvoj izvidniških brezpilotnih letalnikov (Parsch 2005). Za potrebe ameriških oboroženih sil, ki so po potrebovale sodobnejši in vzdržljivejši letalnik za v novo tisočletje, je tako General Atomics razvil izvidniško BPL, Predator RQ-1 ali A, okrog katerega je tekom desetletja nastala cela družina Predatorjev, in sicer oborožena različica MQ-1, MQ-9 Reaper, MQ-1C Gray Eagle ter kot zadnji v seriji, še v prototipni fazi, Avenger ali Predator C. Medtem ko je večina naštetih BPL iz družine Predator prisotna v vseh ostalih treh vejah oboroženih sil (voj. mornarici, voj. letalstvu ter korpusu mornariške pehote) (Dakič - Prelc 2009, 44–47) in CIA-i, pa je edini izmed naštetih v ameriški vojski prav MQ-1C Gray Eagle (General Atomics 2013b).

3.1.1 MQ-1C Gray Eagle

Gray Eagle, preimenovan iz Sky Warrior je brezpilotni letalnik, ki je v operativno uporabo v ameriško vojsko prišel leta 2009 na podlagi natečaja iz začetka 3. tisočletja, ki je predvidel zamenjavo do tedaj že rahlo zastarelega taktičnega BPL izraelske izdelave RQ-5 Hunter.

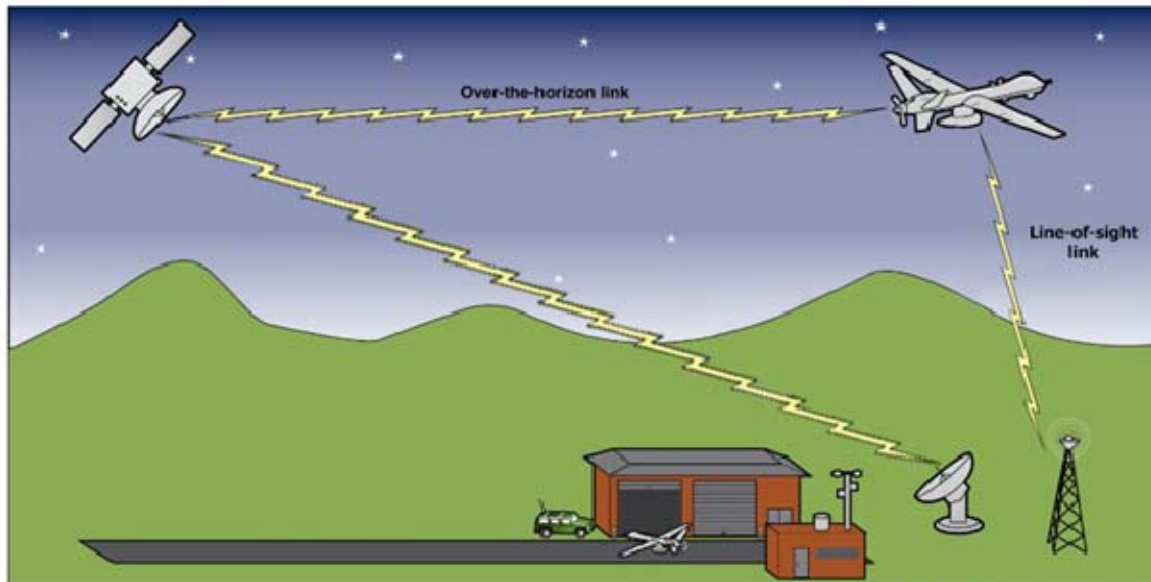
To je brezpilotni letalnik, katerega največja odlika je dolga vzdržljivost in večnamenskost (Extended Range/Multipurpose). Najkrajši možni opis tega visokotehnološkega plovila je ta, da je omenjeni sistem brezpilotno plovilo, namenjeno vztrajnostnemu letenju z namenom neprekinjene ISR podpore, ob tem pa ima, kot oborožena platforma, taktične udarne zmogljivosti. MQ-1C v širino meri 17 m, v dolžino 9 m, potisno – propelerski pogonski sistem s 165 KM motorjem pa med oblake spravi do maksimalno 1633 kg. Letalnik z avtomatskim vzletanjem/pristajanjem na letalski stezi deluje na "težko" gorivo JP-8 na kerozinski osnovi, ki je standard za vsa leteča plovila oboroženih sil ZDA. Koristen tovor se pri sivemu orlu deli na eksterne in interne. Eksterni tovor se sestoji iz štirih raket zrak – zemlja, AGM-114 Hellfire (skupaj 227 kg), notranji tovor pa je namenjen izvidovanju in procesiranju podatkov (optoelektronski/infrardeči senzorji, SAR/GMTI radar in postajo za tako radijsko kot tudi satelitsko komunikacijo).

MQ-1C lahko v zraku obstane do 25 ur, kar potrjuje proizvajalčev psevdonim za ta letalnik "oborožena vztrajnost", pri tem dosega najvišjo hitrost 310 km/h in maksimalno višino okoli 8.800 m. Glede na to, da je bil prvotni model, Predator A, iz katerega MQ-1C izhaja, občutljiv na nizke temperature na višini križarjenja (nad 6.000 m), kar je v začetku operacij na Bližnjem vzhodu (Enduring Freedom in Iraqi Freedom) omejilo potencial tovrstnih BPL, pa so novejša različica, ki sem jih naštel, opremljene z mehanizmi ogrevanja zakrilc in ostalih premičnih zglobov na ohišju BPL (General Atomics 2013a). Zmožnost nošenja različne opreme zadnje generacije (General Atomics 2013c) in dejstvo, da je opravil 150.000 letov (od tega 90 % bojnih) (Goebel 2012) ga uvršča med najboljše preizkušene ("Battle Proven") oborožitvene sisteme tako oboroženih sil ZDA kot verjetno tudi ostalih držav po svetu.

To potrjuje tudi sistem treh zaporedno povezanih navigacijskih sistemov, med katerimi je drag Honeywellov GPS/INS navigacijski sistem glavni, za rezervo pa ima dva cenejša navigacijska sistema. Ko je v vidnem polju talne postaje, z njo komunicira na neposreden način preko radijskih valov, ko pa zaradi narave dolgotrajnih nalog odleti izven dometa

standardne nadzorne postaje "One System Ground Control Station", komunikacija postane posredna in sicer preko zaščitene satelitskih kanalov (glej Sliko 3.1)

Slika 3.1: Prikaz neposredne in posredne komunikacije z BPL



Vir: Government Accountability Office (2012, 2).

Vojska ZDA je od leta 2009 naprej v operativno uporabo dveh divizij sprejela po 1 sistem z 12 letalniki v vsakem, pri tem pa pri General Atomics – Aeronautical Systems nadaljujejo z redno proizvodnjo, ki naj bi trajala do leta 2016 (Military Periscope 2008a).

V času, ko se je vojska ZDA pripravljala na prevzem razvijajočega se MQ-1C Gray Eagle, je v ozadju nekako iskala rešitev tudi na področju zmogljivega brezpilotnega VTOL letalnika. V podjetju Frontier Systems iz zvezne države Kalifornija so po naročilu DARPA leta 1998 pričeli z razvojem brezpilotnega helikopterja, projekt pa se je imenoval Maverick. Leta razvoja ter velik potencial majhnega podjetja sta leta 2004 privabila koncern Boeing, ki je nadaljeval z razvojem brezpilotnega helikopterja, ki je do takrat že imel oznako A160 (Golightly 2004).

3.1.2 A160T Hummingbird

Nadaljevanje razvoja A160 je privedlo do nadgradnje osnovnega modela s turbino, neposredno pod eliso in tako se je BPL preimenoval v A160 Turbine ali krajše A160T. Do

konca prvega desetletja v novem tisočletju je bil 10,5 metrski in 1,15 tone težak helikopter v fazi zahtevnega ocenjevanja, kakršnemu je bila podvržena vsa, na novo nastala tehnologija ameriških oboroženih sil. Prikazani so bili izjemni rezultati, med katerimi izstopajo zmožnost letenja nad 18 ur, kar je bila do tedaj rekordna dolžina leta, najvišjo hitrost pa turbogredni motor s 527 KM zagotavlja pri 425 km/h. Doseže do 8.000 m nadmorske višine, ob tem pa lahko dvigne tovor, ki je enak polovici svoje lastne teže. Brezpilotni letalnik Hummingbird je primarno namenjen izvidovanju, ob tem pa so že med testiranjem preizkusili uporabo oborožitve (rakete družine Hellfire) in preskrbo kopenskih enot pri nebojnih in bojnih nalogah (Dakič - Prelec 2010, 40–41). Kvaliteta, ki Hummingbird še dandanes uvršča med najnaprednejše letalnike, je v nastavljivi hitrosti rotacije elise, kar glede na gostoto ozračja in naravo naloge optimizira porabo goriva in s tem podaljšuje avtonomijo (Office of the Secretary of Defense 2005, 16; Larm 1996).

Ne glede na dobre rezultate oz. bolje rečeno nabor najboljših posameznih rezultatov, odgovorni v poveljstvu kopenske vojske ZDA niso bili zadovoljni z zanesljivostjo sistema, kar se je izkazalo v strmoglavljenih prototipih letalnikov v zaključni fazi testiranja. Mesece pred dokončno uvedbo A160T v uporabo redne vojske ZDA v Afganistanu je zaradi krčenja obrambnega proračuna ZDA ter predvidenega umika vojakov iz omenjene države, vojska prekinila pogodbo s proizvajalcem o redni proizvodnji A160T. Od začetnih 8 letalnikov Hummingbird jih je bilo leta 2012 še 7 (von Rosenbach 2012, 837), pri čemer so uporabljeni v testne namene. V najvišjih vojaških krogih so se odločili, da bodo ostali pri krilatih izvidniških BPL, pri čemer pa je težnja po brezpilotnem helikopterju za dostavo opreme in podporo pehoti še vedno ostala (Magnuson 2012). Kot namiguje Betson, naj bi se vojska leta 2012 resneje spogledovala s preizkusom brezpilotnega helikopterja K – Max, ki ga je za potrebe mornariške pehote, že za časa operacije Enduring Freedom v Afganistanu, skonstruiralo podjetje Lockheed Martin. Ne glede na trenutno nejasno situacijo ali se bodo pri kopenski vojski ZDA še nadalje zanašali na logistično oskrbo preko pilotiranih UH-64 Blackhawk oz. CH-47 Chinook (Betson 2012), bo spremljanje izbora VTOL BPL še naprej nadvse zanimivo.

Pri poimenovanju tovrstnih letalnikov "strateški", to ne pomeni, da so namenjeni uporabi le na omenjeni ravni. Ravno nasprotno. Ko govorimo o ameriških oboroženih silah, je strateško izvidovanje v rokah vojnega letalstva in Centralno obveščevalne agencije, ki imata na voljo

letalnike (RQ-4A/B, D21 itd.), kakršnih vojska nima, zato morda dejstvo, da je vojska ZDA pridobila strateški brezpilotni letalnik šele v 21. stoletju, niti ni tako nenavadno.

3.2 Taktični brezpilotni letalniki

Taktični brezpilotni letalniki so namenjeni uporabi na operativni in taktični ravni in so kot taki, najpogosteje uporabljeni sistemi izmed vrst BZLS (Dakič - Prelec 2009, 50–51). Tehnološki napredek, predvsem na področju pogonskih sredstev in upoštevanja podnebnih razmer in prilagajanje le-tem v realnem času, taktičnim brezpilotnim letalnikom omogoča avtonomijo, ki se čedalje bolj bliža mejni vrednosti, ki definira strateške brezpilotnike, in sicer polnih 24 ur. Dolet tovrstnih BPL se podaljšuje do približno 300 km, pri čemer BPL doletijo do t. i. stropa pri 4.000 m nadmorske višine. Masa, s katero po literaturi vzletajo taktični brezpilotni letalniki je praviloma do 1 tone, letenje oz. avtonomija pa se giblje med 4 in 20 urami brez oskrbe z gorivom oz. drugim virom energije (Dakič - Prelec 2009, 41–42; Tirnanić 2001, 12–14; Pečar 2012, 6).

V 50-ih letih 20. stoletja, ob zametkih Vietnamske vojne sta se v lasti kopenske vojske ZDA pojavila prva taktična brezpilotna letalnika, ki, za razliko od ostalih BPL, nista igrala vloge BPL – vabe, temveč sta kot prototipa med oblake dvigala optoelektronske naprave za izvidovanje. MQM-57 Falconer in MQM-58 Overseer, kot sem uspel odkriti, sicer nista doživela ognjenega krsta v pravih, bojnih nalogah, sta pa zato kot prva utrla pot pri implementaciji tovrstnih sistemov v uporabo v rednih oboroženih silah v zgodovini.

Sredi 60-ih let, ko se je v JV Aziji, natančneje v Vietnamu že razbesnela ena izmed intenzivnejših vojn iz obdobja hladne vojne, je prapor ameriških oboroženih sil prevzel Ryanov model 147, Firebee oz. kasneje preimenovan v Lightning Bug. Opirajoč se na Zaloga, je med leti 1964 in 1974 opravil blizu 3.500 bojnih poletov nad ozemlji Severnega Vietnama, Laosa, Kambodže in LR Kitajske, kar je močno zaznamovalo razvojni program letalskih sistemov prihodnosti (Office of the Secretary of Defense 2005, 12–14). Model 147, ki se po obliki ni kaj dosti razlikoval od balističnih raket tistega časa, je do začetka 80. let prejšnjega stoletja povozil čas, zato so za vojsko ZDA uspešni model poizkušali zamenjati z Lockheedovo Aquila, ki pa se v praksi, zaradi finančne nedostopnosti in nerazumljivo konzervativnega zavračanja brezpilotnih sistemov v najvišjih vojaških krogih, ni obnesla. Za uspešnega se je šele izkazal skupni projekt ZDA in Izraela RQ-2 Pioneer, pričet leta 1986.

3.2.1 RQ-2 Pioneer

Razvoj Pioneerja se je pričel v Izraelu leta 1984, ko je IAI (Israeli Aerospace Industries) pričela z razvojem BPL Scout. Kot plod sodelovanja vojaške industrije med Izraelom in ZDA, je bil leta 1986 sprva uporabljen v mornarici, kasneje, po letu 1990, pa tudi v kopenski vojski. RQ-2 je kmalu po prihodu v celoten spekter oboroženih sil ZDA, že leta 1991 v 1. zalivski vojni, pokazal ves svoj potencial. Dolg nekaj pod 4,3 m, z razponom kril 5,15 m in maksimalno maso 205 kg, je Pioneer brezpilotno letalo, ki od srede 80-ih let 20. stoletja naprej predstavlja standard za taktične brezpilotne letalnike. Motor s 26 KM Pioneerju, v kopenski vojski vzleta z vzletne steze, v mornarici pa s pomočjo sistema RATO, omogoča dolet do 185 km. Maksimalno hitrost dosega pri 205 km/h, pri optimalni delovni hitrosti, 120 km/h pa doseže avtonomijo do 5 ur. Pioneer dosega najvišjo višino pri nekaj preko 4.500 m nadmorske višine.

Pioneer je šolski primer taktičnega BPL, kar potrjujejo naštetih tehnični podatki. Zaradi majhne mase ni zmožen dvigovati konkretnejše oborožitve, pravzaprav pa to niti ni njegova naloga.

Med 1. zalivsko vojno pa vse do danes, ko po 27-ih letih operativne uporabe ostaja v uporabi vojne mornarice in mornariške pehote (Officer of the Secretary of Defense 2005, 39–41), se je izkazal kot odličen pri podpori ognjenega delovanja bojnih ladji (omogoča korekcijo ognja in oceno škode), kjer je tako rekoč začel svojo kariero pri ameriških oboroženih silah, nič slabše pa se ni izkazal pri izvidovalnih nalogah in označevanju ciljev (Northrop Grumman Corporation 2013).

V tipični Pioneerjev BLZS sodi do 8 letalnikov, talna nadzorna postaja, komunikacijska enota za zagotovitev dvosmerne komunikacije med letalnikom in nadzorno postajo in prenosna nadzorna postaja, za namen razbremenitve glavne nadzorne postaje, ki navadno nadzira več letalnikov. Nadalje ima 4 sprejemne postaje, kar omogoča sprotni prenos videoposnetkov in slik vsakemu izmed vodov, če vemo, da ima četa praviloma tri vode in logistični vod. Poleg naštetega v Pioneerjev sistem sodita še lanser in pristajalni mehanizem (Office of the Secretary of Defense 2005, 5).

Stalni tehnološki razvoj neizbežno povzroča tehnološko zastarevanje. Pioneer je ob primopredaji z vojno mornarico, leta 1995 zapustil vrste letalnikov ameriške kopenske vojske.

Kljub temu, da je RQ-2 Pioneer redno v uporabi še danes, so v vojaških krogih določili, da bodo financirali nov projekt. Projekt, ki bo za nadaljnjih 10 let nadomestil odhajajoči RQ-2.

Leta 1993 se je pričel še en izraelsko – ameriški program, ki je po naročilu mešane komisije ameriške vojske, mornarice in mornariške pehote pripeljal do nastanka RQ-5 Hunter.

3.2.2 RQ-5A / MQ-5B Hunter

V redno uporabo omenjenih vej oboroženih sil ZDA je Hunter, BPL za podporo brigadam in bataljonom, prišel leta 1994, vendar pa so proizvodnjo le-tega zaradi stalnih zapletov v poveljstvu kopenske vojske pri vodenju projekta proizvodnjo Hunterjev ukinili že leta 1996⁴. Od prvotnih osmih BLZS (8 x 7 letalnikov) in kasneje dokupljenih osemnajstih letalnikov jih je danes v operativni uporabi le še 45 (Military Periscope 2011).

Novi BPL, Hunter, je po izgledu od Pioneerja nekoliko, pa vendarle ne povsem, drugačen. Poleg dejstva, da je za dobro tretjino večji od Pioneerja (D: 6,9 m, Š: 8,9 m in V: 1,7 m) v oči bode Hunterjeva, za kabini podobnim nosom, radarju podobna antena. Pogon zagotavljata dva bencinska motorja s 60 KM (skupaj 120 KM), pri katerih eden vleče, drugi pa potiska letalnik. Različico RQ-5, ki označuje Hunterja kot izvidniški (R, Reconnaissance) BPL in ima maso 725 kg so uporabljali za podporo operacijam v Iraku. Od leta 2003 naprej so pričeli Hunterja opremljati z vodljivimi protioklepni bombami (sprva Brilliant Anti – Tank, kasneje Viper Strike). Novo konfiguracijo so v vojski po standardu označili z MQ-5B (M, Multipurpose), nova masa pa je znašala 820 kg. Z instalacijo turbinskih motorjev in zamenjavo goriva iz bencina na že opisani JP-8, so pri podjetju Northrop Grumman (današnji lastnik licence) podaljšali avtonomijo iz 12-ih na 18 ur, višino leta iz 4.500 m na 5.500 m nadmorske višine, medtem ko radij delovanja 265 km, masa koristnega tovora 90 kg ter maksimalna/delovna hitrost 196/165 km/h ostajajo enaki (Northrop Grumman 2012).

Ne glede na to, da je bilo, opirajoč se na poročilo obrambnega sekretariata ZDA, v obtok spravljene vsega skupaj 62 letalnikov, od katerih je v operativni rabi le še 45 letalnikov in da je projekt zaustavljen že skoraj dve desetletji, je podjetje lansko leto dobilo novo pogodbo, s strani vojske, za vzdrževanje obstoječih sistemov. Hunter je od '99. do danes sodeloval pri posredovanju NATA v Bosni, Srbiji, na Kosovem, v Afganistanu in Iraku; pravzaprav v vseh

⁴ Enako usodo je doživel projekt MQ – 6 Outrider (Parsch 2007b).

operacijah, kamor je bila napotena kopenska vojska (Office of the Secretary of Defense 2005, 7).

Za potrebe osnovne manevrske enote kopenske vojske ZDA, brigadne bojne skupine je vojska naročila taktični brezpilotni letalnik in kot takega na razpisu 1996. leta izbrala že omenjenega MQ-6 Outriderja. Po treh letih razvoja in zapravljenih milijonih USD so nadaljnji razvoj zaustavili, pogodbo z Alliant Techsystems vredno 53 milijonov USD pa prekinili (Northrop Grumman 2012). Razlog za prekinitve slednje vidim predvsem v tem, da je družina brezpilotnikov Predator v tem času že kazala izjemen potencial, poleg tega pa je v času, ko je bila predvidena nadgradnja/zamenjava BPL RQ-5A / MQ-5B, Shadow 200, podjetja AAI, že kazal precejšne obete.

3.2.3 RQ-7B Shadow

Skoraj neposredno po prekinitvi sodelovanja z Alliant Techsystems (1999) je v testno fazo pri kopenski vojski vstopil RQ-7. Brezpilotnik za neposredno podporo enotam velikosti voda (Headquarters, Department of the Army 2006, 15), je ob dogradnji v inačico RQ-7B postal višek tehnološkega napredka, ki je zaradi majhne nosilnosti na voljo le v R različici, za katero je značilno, da lahko cilje odkriva na razdalji do 10 km, in sicer pri do 125 km oddaljenosti od talne nadzorne postaje. Avtonomija naj bi sodeč po uradni brošuri znašala do 9 ur, pri čemer je zgornja meja letenja pri 4.570 m nadmorske višine, maksimalna hitrost znaša 203 km/h, hitrost optimalnega delovanja pa je pri 166 km/h. Brezpilotni letalnik z dolžino 3,6 metrov in razponom kril 6,2 metra, ob dejstvu, da lahko "dvigne" le do 36 kg težak tovor ter sam ne tehta več kot 208 kg, sodi med manjše taktične brezpilotne letalnike. Da pa v tem primeru kvantiteta in kvaliteta nista povezani v medsebojno odvisnost, govori dejstvo, da je brezpilotnik upravičil milijone dolarjev vložene vanj, saj je ob jubileju – 500.000 preletenih ur, od katerih je 90 % opravil v operacijah v Afganistanu in Iraku, pridobil naziv "poveljnikove oči" (AAI Corporation 2010). S "State of Art" optoelektronsko opremo je tako povezan v t. i. sistem mrežnega bojevanja (angl. Net – Centric Warfare), čigar idejni oče je John Boyd. Kar je pritegnilo mojo pozornost je, da sistem ne deluje na standardno letalsko gorivo oboroženih sil ZDA, temveč na gorivo MOGAS (Dakič - Prelec 2009, 56). Sistem je izdelan po principu "Open System Architecture", kar konstruktorjem omogoča nadaljnjo nadgrajevanje različice A, kar ob tem, da vojska naroča že nove sisteme različice B, že sedaj pa jih ima na razpolago 190, pomeni, da poveljstvo računa z uporabo RQ-7B oz. njegovo

oboroženo nadgradnjo, še kar nekaj časa (Defense Update - International Online Defense Magazine 2005; von Rosenbach 2012, 837).

Namen uporabe letalnikov Shadow je popolnoma enak tistim, ki sem jih opisal že pri Hunterju, Pioneerju, saj gre v principu le za dovršeno različico le-teh in je kot tak, široko uporaben v celotnem spektru nalog, ki spadajo med ISR taktičnih razsežnosti.

3.3 Mini/mikro brezpilotni letalniki

Mini / mikro brezpilotni letalniki, ali združeni v en pojem – miniaturni brezpilotni letalniki (MUAV), so leteči stroji z najmanjšimi dimenzijami, ob tem pa je logično, da je njihova zmogljivost temu primerna. Namenjeni so uporabi v podporo osnovnim taktičnim enotam/četam. Ker v ameriškem okolju mikro brezpilotne letalnike opredeljujejo kot letalnike velikosti do 16 cm, se bom v nadaljevanju tega podpoglavja posvečal kategoriji mini BPL. Od srede 80-ih let 20. stoletja so se v najnižjih operativnih enotah mini letalniki izkazali za potrebo izvidovanja, za postavitve komunikacijskega releja, za motenje nasprotnikovih radarjev in zvez ter tudi v podporo ognjenemu delovanju. Splošne determinante mini brezpilotnih letalnikov se gibljejo pri masi med 5 in 100 kg, doletu do 50 km in avtonomiji do 2 ur (Tirnanić 2001, 12–14).

Težnje po brezpilotnem sistemu, ki bi pripomogel k zmanjšanju izpostavljenosti vojakov nasprotnikovim napadom presenečenja v tesnih, nepreglednih, z eno besedo nevarnih območjih, so povzročile vzpon razvoja mini brezpilotnih letalnikov, pri čemer je bil pomemben cilj, dimenzije letalnika omejiti na velikost, ki bi omogočala transport BPL ročno oz. s prevoznimi sredstvi, kakršne uporabljajo najnižje enote kopenske vojske (Humvee – ji in podobnimi oklepni avtomobili/pehotni transporterji).

Med prvimi (1986) je svojo razvojno pot pričel AeroVironmentov FQM-151 Pointer.

3.3.1 FQM-151 Pointer

Kmalu zatem, leta 1991, je Pointer v Kuvajtu doživel svoj ognjeni krst. Izdelan iz kevlarja ter opremljen s fiksno kamero, pritrjeno na nos letalnika (od tod ime pointer) je imel, po vzletu preko meta roke, ob uporabi električnega motorja in potisnega propelerja, avtonomijo do 1 ure, pri tem pa je lahko dosegel največjo višino 300 m in hitrost do 73 km/h. Za uporabo tega

sistema so bili sprva potrebni trije (dva operaterja + pomočnik nosač) kasneje pa le še dva operaterja. Pointer s takratno tehnologijo v 1. zalivski vojni še ni zmožel realno – časovnega povratka podatkov, pridobljenih s koristnim tovorom, zato je moral operater po vsakem letu letalnik fizično priklopiti na talno nadzorno postajo in si šele takrat ogledati posnetek. Zaradi dejstev, da je bil tovrsten postopek precej zamuden, da je bil letalnik sam po sebi prevelik, razpon kril 2,74 m ter dolžina 1,83 m ter da je bila talna nadzorna postaja pretežka, tehtala je kar 18 kg, je kopenska vojska naročila izdelavo novega mini brezpilotnega letalnika (Tirnanić 2001, 43–44).

3.3.2 RQ-11 Raven

Leta 1999 je isto podjetje na vloženo zahtevo ameriške vojske izdelalo manjšo inačico modela FQM-151. Le-ta se je zaradi primernih dimenzij (D: 1,1 m, Š: 1,3 m ter maso 4,2 kg) ter podobnih taktičnih lastnosti izkazala za primernejšo ter leta 2001 čakala začetek testiranja. Ognjeni krst je ta BPL doživel v pričetku 2. zalivske vojne, prevzel pa je ime RQ-11 Raven. Po koncu invazije, ko so iraške oborožene sile že klonile, in je pričelo prihajati do vse več žrtev na strani koalicije zaradi gverilskega načina vojskovanja upornikov, se je RQ-11 izkazal za odličnega v vlogi "Over the Hill" in "Off – Route" izvidovanja, saj je bil tako kot njegov predhodnik z ročnim izmetom in minimalnimi pripravami na polet hitro v zraku. Raven, ki je v uporabi še danes, je v najsodobnejši različici RQ – 11B opremljen z optoelektronskim paketom za izvidovanje, komunikacijo, kar mu omogoča večjo učinkovitost, 20 minut daljšo avtonomijo, predvsem pa je ključna njegova vključenost v sistem mrežnega bojevanja. Zadovoljstvo ameriške vojske z omenjenim sistemom pa se je pokazala ob dejstvu, da je bilo do leta 2012 v podporo četam kopenske vojske v uporabi več kot 6000 Raven – ov pri čemer se starejše modele različice A sproti posodablja v različico B (von Rosenbach 2012, 834 in Military Periscope 2008a).

Zaradi uporabnosti BPL na ravni oddelkov, vodov ipd. formacij, so v vojski pričeli iskati VTOL sistem, ki bi ga lahko uporabili v implementaciji v projekt Future Combat System in bi bil primeren za realno – časovno uporabljivost v urbanih središčih, kjer je patroljiranje praviloma počasnejše kot izven naselji, lebdenje nad določeno točko pa v tem pogledu pomeni veliko dodano vrednost.

3.3.3 RQ-16 T-Hawk

Zaradi pomanjkanja zmogljivosti za naloge "Hover and Stare" (lebdeče opazovanje) na najnižjih ravneh, je vojska po letu 2005, po nekajletnem testnem obdobju (s pričetkom leta 2003, financira DARPA), nabavila neznano količino brezpilotnih helikopterjev RQ-16 T-Hawk in jih uporabila v operacijah na Bližnjem vzhodu. Kmalu za tem je helikopter RQ-16 T-Hawk preimenovala v XM156, z namenom zadostitvi projekta FCS, kot brezpilotni letalnik sistema 1. reda (raven četa/vod).

Sistem z maso 8,5 kg, z dvema motorjema 4 KM deluje na težko gorivo JP-8. Kot že omenjeno, je T-Hawk helikopterski sistem, ki doseže najvišjo višino pri okoli 3.000 m nadmorske višine ima dolet cca. 10 km, avtonomija pa naj bi bila do 45 minut (Office of the Secretary of Defense 2005, 29). Namenjen je predvsem za podporo pehoti pri odkrivanju improviziranih eksplozivnih naprav (Improvised Explosive Device), pri odkrivanju ciljev, označevanju ciljev, ocenjevanju škode, nadzorovanju območja itd. BPL je zmožen avtonomnega letenja po vnaprej določeni trasi, pri čemer ima uporabnik venomer možnost prevzeti nadzor nad premikanjem in uporabo koristnega tovora, ki je sestavljen modularno, kar T-Hawku omogoča visoko stopnjo prilagodljivosti na razmere, v katerih je uporabljen, tako podnevi kot ponoči (Gething 2009). Po poročanju naj vojska ne bi naročila nadaljnje izdelave T-Hawk-ov, saj naj bi bil par motorjev z notranjim izgorevanjem po mnenju strokovnjakov hudo preglasen, še posebej v urbanem okolju (Goebel 2012).

3.3.4 RQ-20 Puma AE

V obdobju ameriških intervencij na Bližnjem vzhodu je preporod v tehnološkem smislu doživel že opisani letalnik Pointer. Nova različica RQ-20 Puma (Pointer Upgraded Mission Ability) in inačica AE (All Environment) je mini brezpilotni letalnik, ki je v tem trenutku poleg MUAV RQ-11 Raven najbolj razširjen sistem za brezpilotno izvidovanje v ameriški vojski.

Letalniki RQ – 20 so v operativno uporabo prišli leta 2012 (Office of the Secretary of Defense 2005, 27; Army-Technology.com 2012b), in sicer so jih vojski dobavili 86 kosov (von Rosenbach, 837). Po velikosti sicer precej podobna originalu (D: 1,4 m, Š: 2,8 m in masa: 5,9 kg), je Puma še vedno lahko upravljana s strani para operaterjev, pilota in navigatorja. Namenjena je direktni podpori enotam do velikosti čete. Z največjo hitrostjo 83 km/h, višino do 150 metrov, lahko v zraku obstane do 2 ur pri čemer doleti do 15 km. Puma vzleti kot

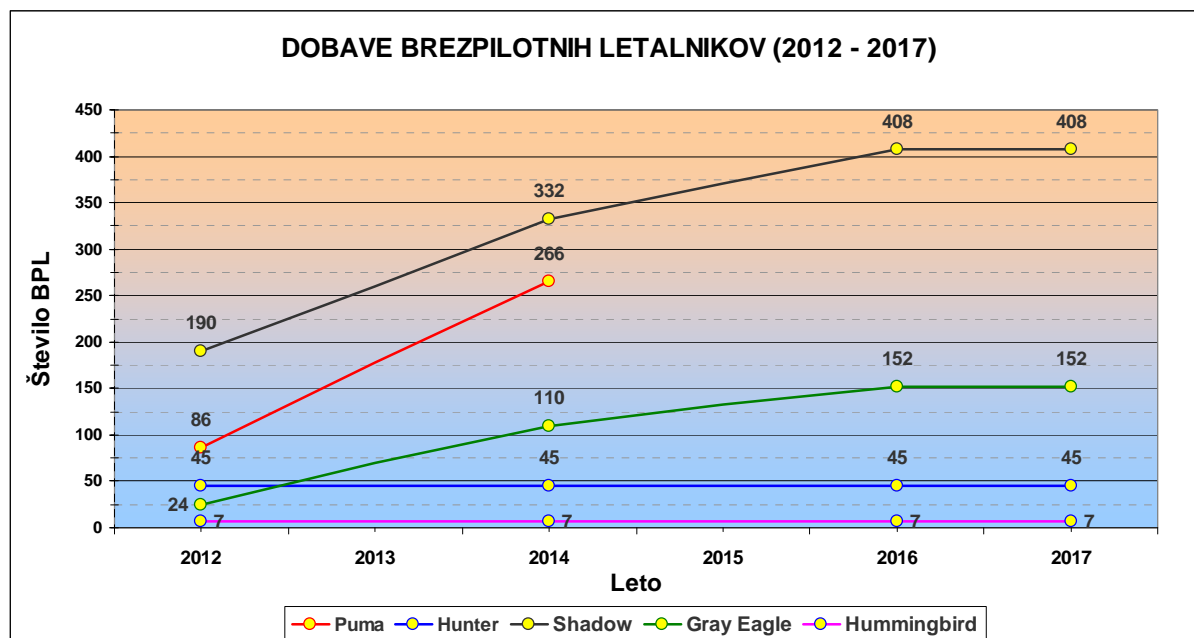
predhodnik, preko meta roke, pristane pa preprosto z ugasnjem motorjem in spiralnim kroženjem do tal. Verzija AE je namenjena "naprednejši" uporabi, saj je sistem izoliran na način, da lahko letalnik pristane tudi v vodi. Koristni tovor je sestavljen iz dveh TV kamer za dnevno opazovanje in dveh termovizijskih kamer za nočno izvidovanje, senzorja ter IR označevalca ciljev (vse zadnje generacije) in deluje ne glede na podnebne razmere (Military Periscope 2011a).

Tabela 3.1: Stanje v letu 2012 in načrt nadaljnjih dobav brezpilotnih letalnikov KoV ZDA

Leto dobave	Število BPL glede na tip letalnika, dobavljivih po letih 2012 - 2017					
	Puma	Hunter	Shadow	Gray Eagle	Hummingbird	Raven
2012	86	45	190	24	7	6294
2014	266	45	332	110	7	6717
2016		45	408	152	7	7074
2017		45	408	152	7	7074

Vir: Department of Defense (2012, 2); von Rosenbach (2012, 837).

Graf 3.1: Stanje v letu 2012 in načrt nadaljnjih dobav brezpilotnih letalnikov KoV ZDA



Vir: Department of Defense (2012, 2); von Rosenbach (2012, 837).

Graf 3.1 prikazuje številčno stanje posameznih brezpilotnih letalnikov v KoV ZDA od leta 2012 naprej, pri čemer so podatki od leta 2013 napoved, ki je vsebovana v letnem poročilu za Kongres ZDA. Iz grafa so razvidne smernice dobave, ki prikazujejo, da bo do leta 2016 flota

brezpilotnih letalnikov, ki jih KoV uporablja danes in naročuje, številčno rasla, po 2016 pa v KoV ZDA ne računajo z nadaljnjo investicijo v njih. Glede na splošni trend zviševanja uporabe brezpilotnih letalnikov menim, da bo število BPL še naprej raslo, vendar v drugačni obliki, z drugimi modeli letalnikov. Kot opombo Grafa 3.1 dodajam, da letalnika RQ-11 Raven nisem vnesel v graf zaradi neprimerljivosti kvantitete, saj gre za majhen BPL, ki je zaradi svoje nizke cene in splošne uporabnosti zelo uporabljan v enotah najnižje ravni.

4 Oprema za izvidovanje

V izogib elementom presenečenja je pred kakršnokoli obrambno ali napadalno akcijo potrebno poznati tako položaj nasprotnikov na frontni črti kot tudi v coni interesa (zaledju). To se pri današnji stopnji tehnološkega razvoja najlažje doseže z elektronskim opazovanjem in izvidovanjem rajona, ki ima za lastne enote neposreden pomen. Tako je lahko tovrstna dejavnost osnovana na ravni taktike, operative, ali pa strategije.

Optoelektronsko izvidovanje se je po koncu 2. svetovne vojne v tehnološkem pogledu razvijalo najhitreje (Žabkar 2007, 306). Naprave za izvidovanje (glej Tabelo 4.1) delimo glede na spekter elektromagnetnega valovanja in način delovanja.

Tabela 4.1: Prikaz razvrstitve OE/IR naprav glede na spekter elektromagnetnega valovanja in način delovanja.

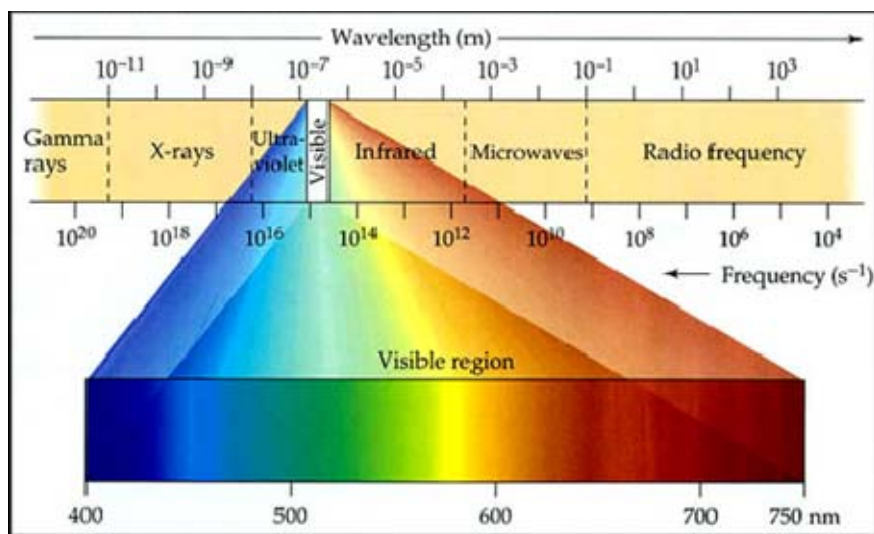
SPEKTER NAČIN DELOVANJA	VIDNI	NEVIDNI
PASIVNI	Daljnogledi, Aerofotoaparati, TV kamere	Termovizijske naprave, IR detektorji
AKTIVNI	Svetlobni reflektorji	IR reflektorji, Laserski daljinomeri, Laserski radarji

Različne optoelektronske naprave delujejo v različnih spektrih, se pravi zaznavajo različno dolge elektromagnetne valove, le-te prek elektronskih pretvornikov spremenijo v električni signal, ki ga uporabnik lahko vidi na prikazovalniku. Med optoelektronske naprave, ki se uporabljajo v namen vojaškega izvidovanja, sodijo naprave, ki delujejo v mikrovalovnem spektru, IR spektru in vidnem spektru.

4.1 Vidno polje

Vidno polje je področje oz. območje elektromagnetnega polja, v katerem se dolžina elektromagnetnih valov giblje med 400 in 750 nm, pri tem pa se frekvence gibljejo okoli 500 THz. Vidni spekter se nadalje razdeli na rdeče, oranžno, rumeno, zeleno, modro, indigo in vijolično.

Slika 4.1: Spekter elektromagnetnega valovanja vidnega polja



Vir: Infrared TV (2013).

Kar zadeva izvidovanje v vojaške namene vidno polje pokrivata dva sistema optoelektronskih naprav; aerofotografija in snemanje s TV kamero.

4.1.1 Aerofotografija

Aerofotografiranje je izvidovanje iz zraka ob uporabi prirejenih, vertikalno navzdol usmerjenih fotoaparatorov oz. aerofoto naprav. Za tovrstne fotoaparate so značilni zelo natančni, stabilizirani povečevalni objektiv. Kot podzvrst uvrščamo aerofoto izvidovanje med najstarejše oblike obveščevalne dejavnosti, saj so jo uporabljali že v sredini 19. stoletja. Naprave so bile sprva pripete na zračne balone, vse od 1. svetovne vojne naprej pa so tovrstno fotografijo pričeli uporabljati v kombinaciji z vojnim letalstvom. Sprva slabo stabilizirane fotoaparate so tekom zgodovine nadomestili dovršeni fotoaparati z objektiv visoke povečave, ki so danes, tam kjer se še uporabljajo, giroskopsko stabilizirani in izolirani od vibracij, ki

nastajajo v leteči platformi med letom. Velik napredek, predvsem po letu 1960, je doživelo z integracijo fotografije z optoelektronskimi sistemi, predvsem pa z razvojem fotografskih filmov, ki so omogočili izdelavo toplotnih slik, slik s povečanim barvnim kontrastom, prav tako pa multispektralno fotografijo v kateremkoli barvnem spektru. V vojaški rabi, kot pravi Žabkar, aerofotografiranje na slikah prikazuje velik kontrast v intenzivnosti odboja svetlobe med naravnimi in umetnimi objekti, pri čemer je moč odkriti tudi maskirana sredstva/objekte. Za boljšo detekcijo tovrstnih objektov se uporabljajo črno-beli IR, v zimskih razmerah pa UV filtri (Žabkar 2007, 308; Tirnanić 2001, 175).

AF izvidovanje se vrši iz vseh ravni oddaljenosti od zemlje (nizke, srednje, visoke, tudi iz vesolja). Ker gre pri tovrstnih napravah za zelo občutljive filtrirne leče, je ta oblika izvidovanja močno vezana na svetli del dneva in še dodatno odvisna od vremenskih razmer, saj so pri neenakomerni svetlobi v ozračju in na tleh pridobljene fotografije lahko povsem popačene. Zaradi omenjenih slabosti in tehnološkega napredka sistemov za izvidovanje iz zraka, se je pri izvidovanju iz zraka, opirajoč se na Razingarja, aerofotografija pričela postopoma umikati novejšim digitalnim optoelektronskim sistemom (Tirnanić 2001, 174–76; Razingar 1976, 188–189; Moir in Seabridge 2006, 32–35).

4.1.2 TV kamere

Televizijska kamera, kot neposredni nadomestek aerofotoaparata, je danes najosnovnejši optoelektronski element, ki se nahaja na vsakem BPL. Primarni namen uporabe TV kamer na BPL je bil orodje za ročno navigacijo oz. korekcijo leta pri polavtonomnih in avtonomnih letečih platformah. Enako kot pri aerofotografiji je bila sprva uporabljena analogna tehnika snemanja, ki je posnetke sprva shranjevala/snemala na filme (resolucija med 50 in 400 linij/mm), z razvojem digitalizacije, izboljšane procesiranja in prenosa podatkov pa je bilo uporabnikom omogočeno neposredno prenašanje (angl. Stream) digitalne slike (danes HD kvalitete) na zaslon v nadzorni postaji v realnem času. To je poleg opisani navigacijski vlogi kamer dodalo brezpilotnim letalnikom novo dimenzijo uporabe, saj so od tedaj naprej BPL krožili nad nevarnimi območji in v bazo pošiljali posnetke, preko katerih je lahko artilerija korigirala ogenj. BPL so tudi lahko spremljali premike lastnih oz. nasprotnikovih konvojev itd.

Pojav TV kamer datira v čas 2. svetovne vojne, vendar pa so šele v sredi hladne vojne DLTV (Day Light TV) kamere nadgradili oz. dogradili s filtrom oz. s komplementarno lečo, ki vsebuje ojačevalnike naravne svetlobe. Tako imenovane LLTV (Low Light TV) kamere so

namenjene nemotenim izvidniško – obveščevalnim dejavnostim v razmerah, ko je svetloba v vidnem spektru prešibka in zato človeško oko ne uspeva več dovolj kvalitetno spremljati dogajanja v okolici.

Razvoj multispektralnih objektivov je omogočil upravljavcu letalnika, da je po potrebi zamenjal način filtriranja EM valov in tako glede na atmosferske razmere izbral najustreznejši spekter (vidni, IR, UV) opazovanja, pri čemer se odvisnost uporabe kamere od dela dneva (dan / noč) in razmer (dim, megla itd.) vse bolj in bolj zmanjšuje. Opirajoč se na Tirnanića in Razingarja, lahko interpreti tovrstnih posnetkov uspešno odkrivajo maskirane cilje ob pomoči TV kamer, če le njihova podoba od okolice izstopa za 15–20 % (Tirnanić 2001, 178; Razingar 1976, 132).

Primer "Stand Off" kamere je prisoten na letalniku RQ – 4 Global Hawk, ki lahko v dobri vidljivosti, ob letenju na veliki oddaljenosti od zemlje, učinkovito⁵ pokriva pas, širok 2 km (Moir in Seabridge 2006, 188–189). Širine kamerinega fokusa se danes pri fokusni razdalji nekaj mm gibljejo med 30° x 20°, pri visoki povečavi, kjer je fokusna razdalja tudi več 100 mm, pa se vidno polje zoži na 3° x 2° (Gething 2009, 623). Občutljivosti tovrstnih detektorjev se gibljejo do okoli tisočinke luksa (Žabkar 2007, 306–307; Tirnanić 2001, 177–186).

4.2 Nevidno polje

Nevidno polje je območje EM valovanja, ki ni vidno človeškim očem. Nadaljuje se na obeh straneh vidnega polja, pri čemer se na eno stran od vrednosti 750 nm nadaljuje v smer daljših EM valov, splošno imenovanih infra rdeči valovi in naprej proti mikro in radijskim valovom, na drugi strani pa se od vrednosti 400 nm nadaljujejo v smeri krajših valov, imenovanih UV, X in pa Gama žarki. Zaradi energije fotonov, ki se v smeri slednjih večja (je človeku nevarna, draga itd.), tehnika v vojaškem izvidovanju, ko je govora o nevidnem spektru, deluje na področju infrardečega ter mikrovalovnega polja, le redko pa tudi v UV območju (Moir in Seabridge 2006, 184–185).

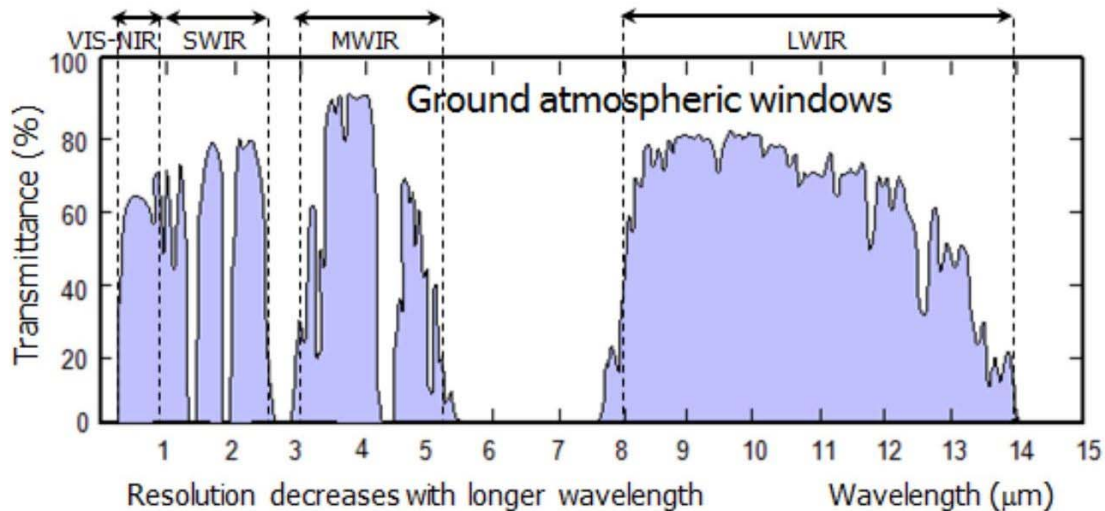
4.2.1 Infrardeče (IR) polje

IR spekter je polje, ki ima zaradi specifik naše atmosfere tri okna (angl. Window), znotraj katerih je možen prenos podatkov, komunikacije in znotraj katerih je možno izvidovanje. Najbližje vidnemu je kratkovalovno IR polje (1–2 mikrona), sledi mu srednjevalovno IR polje

⁵ Iz posnetka je moč prepoznati proizvajalca avtomobilske gume.

(3–5 mikronov), tretje pa je dolgovalovno IR polje (8–12 mikronov) (glej Sliko 4.2). Natančna specifikacija omenjenih oken je potrebna zaradi dejstva, da je prenos podatkov preko IR naprav mogoč le znotraj ravnokar naštetih intervalov.

Slika 4.2: Spekter elektromagnetnega valovanja IR polja



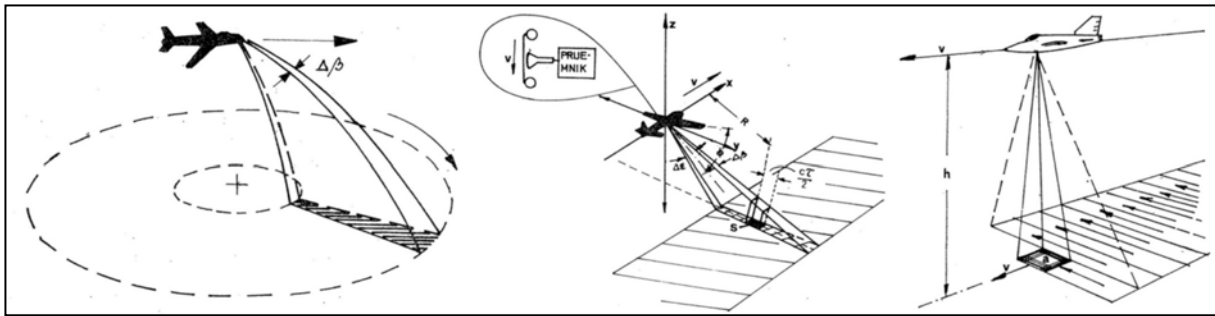
Vir: InTech – Open Science / Open Minds (2013).

4.2.1.1 Termovizija

Toplotno–televizijske (TTV) naprave ali termolokatorji so IR naprave, ki odkrivajo toplotna polja ciljev, tako da jih primerjajo s toplotnim poljem okolice. Pri uporabi na letočih platformah se te naprave delijo na čelne skenerje (Forward Looking IR), stranske skenerje (Side Looking IR) in pa IR linijske senzorje (IR Line Scanner) (Tirnanić 2001, 186) (glej Sliko 4.3). Slika pridobljena iz okolja, je preko sprejemnikov temperaturnega signala posameznih točk spremenjena v električne signale in se ojačana (10^6 – $10^7\times$) projicira na fosforescenten zaslon. TTV naprave so uporabne v vseh razmerah ne glede na čas⁶.

⁶ Z dvema izjemama, zjutraj in zvečer, ko se temperatura okolice/ozadja izenači s temperaturo cilja.

Slika 4.3: Standardne IR naprave (FLIR, SLIR in IRLS)



Vir: Razingar (1976, 190–206).

Njihova prednost pred ostalimi optoelektronskimi sredstvi je v tem, da prikazujejo kvalitetno sliko, tudi ko iskanega cilja zaradi naravnih ovir ni možno opaziti s TV kamero (v slabši zgradbi, pod krošnjami dreves). Uporabniki termovizijskih naprav, ki so danes občutljive na razlike 0,02–0,05°C (Žabkar 2007, 308–312), v svoj prid izkoriščajo Stefan - Boltzmannov zakon⁷, ki pravi, da se oddana toplotna energija črnega telesa večja eksponentno in sicer na četrto potenco temperature opazovanega telesa (Strnad 2009, 68–71). Na podlagi ugotovljenega je Razingar zapisal, da povprečni človek oddaja 60–100 W toplote, kar ga razkriva TTV napravam na oddaljenosti do enega kilometra, srednji cilj (kamion, oklepni avtomobil) oddaja do nekaj kW energije in je opazen na razdaljah od 6–20 km, med zadnje pa sodijo vroči cilji (letala, balistične rakete), ki jih je zaradi vročih izpuhov iz pogonskih agregatov (oddajajo več MW energije) moč odkriti na do 100 km. Velika prednost termolokatorjev je, da delujejo podobno tako podnevi kot ponoči in kot dodaja Razingar že leta 1976, vojaška tehnika (letala, tanki, ladje) oddaja toliko toplotne energije, da je ni mogoče prikriti (Tirnanić 2001, 186–193; Razingar 1976, 135–141). Termokamere zadnje generacije delujejo v območju srednjih (MWIR) in pa dolgih (LWIR) IR valov. Naprave, ki delujejo v MWIR spektru so zelo učinkovite v vročih, tako tropskih kot puščavskih, okoljih, pri čemer je potrebno objektiv hladiti na 77K. Naprave, ki jih sodobne vojske preferirajo, pa delujejo v območju dolgih valov, saj detektor (IR naprava) ne trpi toliko zaradi motečih faktorjev, kot so meglice in dim. Slednjih objektivov ni potrebno hladiti. Snopi strmenja se gibljejo med dimenzijami 640 x 512 in 320 x 240 točk, leče pa so iz največkrat omenjenega indijevega antimonita ter ostalih elementov, kot so telur, galij, svinec, aluminij, silicij, kositer itd (Moir in Seabridge 2006, 191–199).

⁷ $j = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$

j gostota toka sevanja [W/m²]; σ Stefan-Boltzmannova konstanta (5,67.10⁻⁸ W/m²K⁴)

T temperatura sevalca [K], ε emisivnost

4.2.1.2 Laserske naprave

Med aero – izvidovalno opremo, ki prav tako kot TTV deluje v bližnjem IR spektru, sodijo tudi aktivne IR naprave – laserske naprave.

Ker je tematika naloge tesno navezana na izvidovanje se bom na tej točki omejil na laserje, ki merijo razdalje (angl. Range Finders) in laserje, ki označujejo cilje (angl. Target Designators). Ameriške oborožene sile (USAF), pričele z uporabo laserske tehnologije ob koncu Vietnamske vojne, v začetku 70-ih in sicer za usmerjanje lasersko vodenih bomb. Razvoj je laserske naprave pripeljal od velikih paketov (navadno v zabojniku pod letalom) do sodobnih majhnih, integriranih optoelektronskih kupol. Danes je laserska naprava obvezen sestavni del vseh izvidniških, udarnih oz. udarno – izvidniških zračnih plovil, uporabljajo pa se za določanje razdalj, označevanje tarč in (samo)usmerjanje raket/bomb. Uporaba laserskih daljinomerov in označevalcev cilja je najučinkovitejša, če so uporabljeni v kombinaciji z ostalimi optoelektronskimi napravami, kot sta TV kamera in IR kamera. Če je laser poravnan s središčem slike, ki jo prikazujeta omenjeni kameri, je izbira cilja, ki ga moramo označiti oz. do njega izmeriti razdaljo, toliko enostavnejša (Tirnanić 2001, 197).

Pri izvidovalnih nalogah je laserski daljinomer eden izmed najpomembnejših sistemov, saj ob poznavanju lastne pozicije (zagotavlja jo navigacijski sklop o katerem bom govoril nekoliko kasneje), določa azimut in razdaljo do cilja. Preverjeni laserji za odkrivanje razdalje delujejo v bližnjem IR polju, poznamo pa tudi primer laserja, ki deluje pri daljših valovih. Primera laserjev, ki delujeta na področju kratkih IR valov (SWIR) sta NdYAG (neodij itrij aluminij granat) laser in InGaAs (indij galijev arzenid) laser. Prvo omenjeni laser deluje na valovni dolžini 1,064 mikrona, slednji pa na dolžini 1,546 mikrona. Tretji laser, ki ga predstavljam je CO₂ laser in sodi med dolgovalovne laserje, deluje pa na dolžini 10,6 mikronov. Slabost laserjev SWIR je ta, da so nevarni očem, ki so najbolj občutljiva na svetlobo z valovno dolžino 400 – 1400 nm in so namenjeni krajšim razdaljam, njihova prednost pa se pokaže v tem, da se jih da, za razliko od LWIR, uporabljati tako v pulzirajočem kot tudi vzdrževanem načinu (Moir in Seabridge 2006, 206–215; Strnad 2009). Velika prednost laserjev z dolgimi EM valovi je ta, da jih okolica ne absorbira in so zato učinkovitejši na velikih razdaljah (do 20 km) pri tem pa ne izgubijo svoje natančnosti ($\pm 5\text{--}10$ m). Dolg doseg pride še posebej prav, ko govorimo o izvidovanju v znano nevarnem območju. Daljinomere se uporablja na način kratkega pulziranja, kar pomeni, da naprava ob sprožitvi izstreli usmerjeni svetlobni žarek z visoko energijo v cilj. Odbiti žarek se v zelo kratkem času vrne in na podlagi pretečenega časa procesor določi razdaljo do namerjenega objekta (Tirnanić 2001, 197–198).

Laserski osvetljevalci oz. označevalci so naprave, ki tako kot daljinomeri v cilj usmerjajo usmerjene snope svetlobe (z divergenco okoli 0,25 mrad) določenih valovnih dolžin, pri čemer je zaradi potrebe po neprestani osvetlitvi (angl. Continuous Wave), ki jo zahteva lasersko vodena raketa, čas oz. frekvenca pulziranja večji (5–20 Hz). Naprave za označevanje ciljev se, ko so instalirani na letalnike, delijo na laserske daljinomere z označevalcem ciljev ter laserske daljinomere z iskanjem označenih ciljev. Prvi delujejo na področju SWIR, slednji pa lahko delujejo tako v SWIR kot tudi LWIR. Kot je jasno že iz poimenovanja, se prve uporablja pri platformah, katerih naloga je striktno izvidovalna (letalniki vrste R), medtem ko pa imajo večnamenski letalniki, ki so oboroženi (serije M), večkrat slednji sistem, pri čemer je njihova naloga prileteti na območje, poiskati laser, ki že osvetljuje cilj in izstreliti "Beam – Rider" oz. odvreči lasersko vodljivo bombo (Tirnanić 2001, 198–199).

4.2.2 Mikrovalovno polje

Radarjev v večini BPL, ki jih danes uporablja kopenska vojska ZDA, zaradi velikosti, tudi na taktični ravni (nad 30 kg, več kot 33 lit volumna in visoko potrebo po električni energiji – do 750 W) (Keller 2010), ni. Kot smo videli v prejšnjem poglavju, večino BPL flote kopenske vojske predstavljajo mini BPL (Raven in Puma), ki so prelahki, da bi lahko vsebovali kaj drugega kot lahke integrirane optoelektronske sisteme. Ker pa se nekateri BPL (tudi vojaški) poslužujejo tovrstnih naprav za izvidovanje področja, bom v tem podpoglavju na kratko opisal tudi tovrstne sisteme.

Radarji, revolucionarni patent iz obdobja 2. svetovne vojne, so naprave, ki preko emitiranja elektromagnetnih valov ($v = 300.000 \text{ km/s}$) in sprejemanja deleža odbitih valov na aktivni način (v nevidnem spektru) določajo lokacijo vseh objektov v radarskem obzorju (Žabkar 2007, 302–303). Vsak elektromagnetni val, impulz se vrne v radarski prejemnik za vsak objekt, ki ga zazna, prinese v radar naslednje podatke: amplitudo, širino impulza, azimut, nosilno frekvenco ter čas potovanja impulza. Ti impulzi se pri različnih radarjih pojavljajo v območju valov centimeterske dolžine, ki imajo frekvenco 10 GHz. Kot piše Žabkar, radar cilje odkriva veliko hitreje kot človek z optičnimi napravami, pri čemer pa deluje enako kvalitetno ne glede na temperaturo ozračja, dnevni čas, vlago v ozračju itd.

Primer najsodobnejšega taktičnega radarja, primernega za brezpilotne letalnike (Tactical Unmanned Aerial Vehicle Radar) je STARlite radar, ki ga v času pisanja preverjajo na vojaškem letalniku Gray Eagle (Military Periscope 2008b), ki sem ga opisal v prejšnjem

poglavju. Značilnosti najsodobnejših radarjev je, da v celoto združujejo SAR in GMTI elementa (Northrop Grumman 2013). SAR izrablja premikanje letalnika, da ustvari navidezno podaljšano anteno, ki mu omogoča resolucijo do 0,9 m tudi pri razdaljah do 91 km (50 navtičnih milj). Glavni namen naprav SAR je, da v talno nadzorno postajo prenesejo podatke in na prikazovalnik tako rekoč narišejo sliko geografskega področja, ki je lahko, kot navaja Pečar, barvna in po kakovosti ne zaostaja za klasično aerofotografijo. Pri tem je glavni poudarek namenjen nepremičnim objektom. Druga komponenta tovrstnih hibridnih radarjev je GMTI radar, ki je, kot pove že ime, namenjen odkrivanju premičnih objektov na tleh. To počne tako, da izrablja pulzni Dopplerjev patent, ki oddaja valove in nato na podlagi zaznave razlike v frekvenci prejetih valov (od oddanih), določa ali se nek objekt približuje oz. oddaljuje, tako po abscisi kot ordinati (Moir in Seabrook 2006, 164–171; Pečar 2012, 18). Primer podobno naprednega radarja je t. i. FORESTER, ki je instaliran na VTOL letalnik Hummingbird, s katerim lahko pri višini 3000 m kvalitetno nadziramo vsaj 200 km² (Dakič - Prelec 2010, 41).

Da bi uporabnost naprave opisal objektivno, je potrebno orisati glavne pomanjkljivosti. Prva je ta, da ima vsak radar omejeno področje radarskega dosega, izven katerega, brez premika platforme, ne more zaznati ničesar. Druga pomanjkljivost je, da porablja zelo veliko količino električne energije za vzdrževano delovanje. Tretji in zadnji med temeljnimi problemi pa je dejstvo, da radarska naprava oddaja (emitira) energijo. Če nasprotnik poseduje radarski detektor, odkrije eksaktno lokacijo našega radarja in deluje v skladu z lastnimi interesi. Uporabi elektronske motilnike, ali pa na radar odpre lastni ogenj ipd. (Žabkar 2007, 302–305; Tirnanić 2001, 218–221).

5 Navigacijski sistemi

Nepotrebnih sestavnih delov oz. elementov, ki ne bi bili ključnega pomena pri vsakem BPL, pri tehnologiji, ki jo poznamo danes, ni. Med proučevanjem literature sem prišel do spoznanja, da je navigacijski sistem najpomembnejši sestavni del vsakega BPL. Kot sem ugotavljal v prejšnjem poglavju, je glavna prvina oz. lastnost BPL, glede na namen njihove uporabnosti, preciznost. Brez zelo zanesljivega navigacijskega sistema je BPL neuporaben. Dejstvo je, da brez zelo zanesljivega navigacijskega sistema, s kar se da majhnim časovnim odstopanjem, BPL ne more zanesljivo doseči zelenega območja, kjer kasneje, s še večjo preciznostjo, opravlja nalogo, za katero je bil izbran. V primeru zračnega napada na specifično tarčo, brez uspešnega sprotnega posodabljanja lastne lokacije, napad najverjetneje ne bo natančen in bo posledično neuspešen. V primeru naloge odkrivanja ciljev BPL, ki bo talni nadzorni postaji pošiljal napačne telemetrične podatke, ne bo sporočal pravih koordinat, kar do sedaj ni pomenilo le zgreškov temveč tudi žrtve, t. i. "Friendly Fire", žrtve v lastnih vrstah. Po tem razmisleku sem prepričan, da je podrobnejši vpogled v navigacijske sisteme, ki se pojavljajo na krovih BPL, ne le potreben, temveč nujen.

BPL se v osnovi navigirajo na tri osnovne načine, ki so odvisni od več dejavnikov, od katerih so po mojem mnenju trije najpomembnejši, in sicer zmožnost avtonomnega letenja letalnika, geografske značilnosti prostora (relief, vremenski pogoji – t. i. moteči faktorji), narava naloge, ki jo BPL opravlja oz. zahtevana stopnja človeškega faktorja pri vodenju BPL med opravljanju te naloge.

Prvotni način navigiranja BPL je bil ročni (angl. Manual), se pravi preko radijskih valov. Šele ob vpeljavi inercialne navigacije oz. inercialnega navigacijskega sistema (INS) v operativno uporabo, v začetku 60-ih prejšnjega stoletja, lahko pričnemo govoriti o BPL, kot o neodvisno navigiranih zračnih plovilih. INS se je dodobra uveljavil tekom druge polovice 20. stoletja. Porast števila umetnih satelitov je privedel do vzpostavitve globalnega navigacijskega satelitskega sistema (GNSS), ki je šele v 90-ih letih prejšnjega stoletja, kot primarni način navigacije brezpilotnih letalnikov, nadomestil uveljavljeni INS. Zadnji način imenujemo kombinirani, kjer med osnovnimi metodami navigacije najustreznejšo izbira računalnik BPL oz. kontrolor.

5.1 Ročna navigacija

BPL, ki imajo omogočeno dvosmerno komunikacijo, je možno usmerjati ročno. Sprva, od zaključnih etap 2. svetovne vojne naprej, so BPL sledili preko talnih radarjev ter prejetih telemetričnih podatkov iz BPL, korekcijo pa so specialisti piloti opravljali z oddajanjem radijskih valov (valovi centimetrске dolžine in MHz frekvenco). Tekom let, ob razvoju kanalov za prenos podatkov, ki so omogočali prenos posnetka televizijske in kasneje termo – televizijske kamere v realnem času, je radarsko opazovanje nadomestila video navigacija. Spremljanje telemetrijskih podatkov je ostalo pomožna dejavnost navigatorja – pomočnika pilota BPL (Northrop Grumman Corporation 2013).

5.2 Navigiranje preko inercije

V začetku 60-ih let prejšnjega stoletja se je tako v vojaškem kot tudi civilnem letalstvu pričel uveljavljati sistem inercialne navigacije, ki se je kot primarni navigacijski sistem ohranila vse do zadnjega desetletja prejšnjega stoletja. INS je prvi zagotavljal relativno brezskrbno navigacijo pri prečkanju severnega Atlantika, kjer ni bilo oddajnikov radijskih signalov, ki so bili v pomoč pri navigaciji aviaciji med letenjem nad Evropo. V osnovi inercialna navigacija deluje na principu inercije (1. Newtonov zakon)⁸.

Inercialni senzorji, katerih osnovni del je inercialna merilna enota (angl. Inertial Measurement Unit), navadno obsegajo tri žiroskope in tri merilce pospeškov. Pri tem omenjeni sistem temelji na poznavanju začetne točke leta. Lokacija se posodablja preko preračunavanja nagibov (zavojev), za kar so zadolženi žiroskopi, hitrost (pretečeno pot v času) pa se preračunava preko merilcev pospeškov. Obstajata dve različici IMU in sicer manjši (pritrjeni) in večji (kardanski). Prvi, manjši, so tudi lažji in cenejši, drugi, večji, pa so zmogljivejši, pri čemer pa porabijo precej več energije. Manjši so dovolj majhni, da jih je moč uporabiti tudi za potrebe pehote, pri tem pa so tudi nezanemarljivo manj natančni od večjih, dražjih modelov.

Problem, ki se pojavlja pri INS, je natančnosti tovrstnega sistema. Ne glede na kvaliteto izdelave, v vsaki napravi prihaja do napake. Napaka in s tem natančnost INS je toliko večja, kolikor daljši je čas letenja BPL. Lociranje se v navigacijskem računalniku posodablja na

⁸ Telo miruje ali se giblje premosorazmerno, če nanj ne deluje nobena sila oz. je vsota vseh sil, ki delujejo nanj, enaka nič.

podlagi predhodno vnešenih podatkov, ki pa imajo iz predhodnega cikla že prisotno napako (Moir in Seabridge 2006, 285–287; LeMieux 2012).

5.3 Navigiranje preko satelitov

Zaradi spoznane napake, da se napaka INS, v odvisnosti od časa, povečuje in vse večje nasičenosti zemeljske orbite z vojaškimi in civilnimi komunikacijskimi sateliti, je kot že tolikokrat prišlo do sprememb, tokrat na področju primarne navigacije brezpilotnih letalnikov. Osnovna metoda, po kateri se danes v prostoru in času navigirajo BPL, je preko satelitov, od katerih preko sprejemnikov le-ti dobivajo natančne lokacijske podatke. Zaradi zanesljivejše satelitske navigacije so svetovne velesile ustanovile lastna omrežja za satelitsko navigacijo. Tako poznamo ameriški GPS, evropski Galileo, ruski GLONASS, kitajski Beidou (COMPASS), francoski DORIS itn., skupaj pa so v okviru mednarodnega sodelovanja regionalna satelitska omrežja povezana v globalno navigacijsko satelitsko omrežje (GNSS–Global Navigation Satellite System). "Natančnost" GNSS je seveda relativna, saj sistem ponavadi odpove ravno takrat, ko je to najmanj potrebno. Ko BPL opravljajo svoje naloge v odprtem prostoru, se pravi na visokih višinah ali pa nad morjem, ko praviloma ni kritičnih motečih faktorjev, ima sprejemnik satelitskih signalov venomer zadostno satelitsko podporo, da neprekinjeno zaznava svojo natančno lokacijo. Težave se pojavijo, ko uporabnik BPL naloži nalogo, da se le-ta spusti v kanjon, dolino ali pa kot je v eri asimetričnega vojskovanja pogosto, v urbano območje, z visokimi objekti. Naslednji oteževalni dejavnik je na primer nasprotnikovo elektronsko motenje oz. motenje signala (angl. Signal Jamming). Satelitsko navigacijo lahko zmotijo procesi v ionosferi in troposferi, ki upočasnjujejo satelitski signal. Vidimo, da lahko do motnje satelitske navigacije pride praktično povsod po svetu. Da ne bi prihajalo do trkov z drugimi zrakoplovi, strmoglavljenj, napačnih zračnih napadov ipd. so konstruktorji v BPL ohranili sekundarni, varovalni navigacijski sistem – INS.

5.4 Kombinirana metoda navigacije

Kombinirana metoda, kot pove že samo ime, ne predstavlja ničesar drugega, kot učinkovit komplet zelo drage strojne opreme, ki omogoča BPL oz. operaterju najučinkovitejšo navigacijo v spreminjajočih se pogojih. Kot sem ugotovil, obstajajo številni dejavniki, ki negativno vplivajo na samo navigacijo. Glede na kvaliteto navigacijske enote/kompleta, lahko

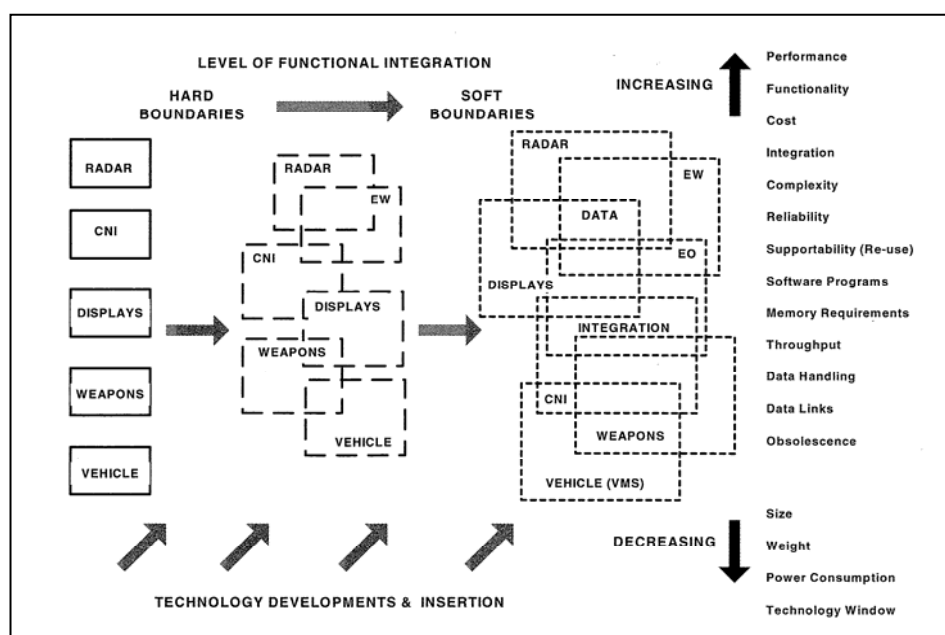
določimo napako pri določanju lokacije ob določenem času. Ko sem raziskoval tematiko navigacijskih sistemov, sta se mi porodili vprašanji: "Kdaj?" in "Kako?" zamenjati način navigacije.

Na "Kdaj?" sem že odgovoril, vprašanju "Kako?" pa bom namenil naslednje vrstice. Odgovor se skriva v fuzijskem algoritmu, ki določi, oceni najverjetnejši približek dejanski lokaciji. Eden najsplošnejših algoritmov te vrste je t. i. Kalmanov filter, ki v navigacijskem računalniku sproti preverja oba navigacijska sistema, satelitskega in inercialnega in za pravo vrednost izbere tisti rezultat, ki od prejšnjega najmanj odstopa, pri tem pa vračuna napako (LeMieux 2012).

6 Zaključek

V diplomski nalogi sem pokazal, kako se je zviševala prepletenosti komponent, kot sestavnega dela BPL, ki so bile v času zametkov razvoja BPL povsem ločene. Kot slikovito prikažeta Moir in Seabridge (glej Sliko 6.1), je skozi faze razvoja prišlo do postopne integracije med posameznimi elementi na BPL vse do stopnje, ko danes lahko govorimo o BPL kot celovitih sistemih.

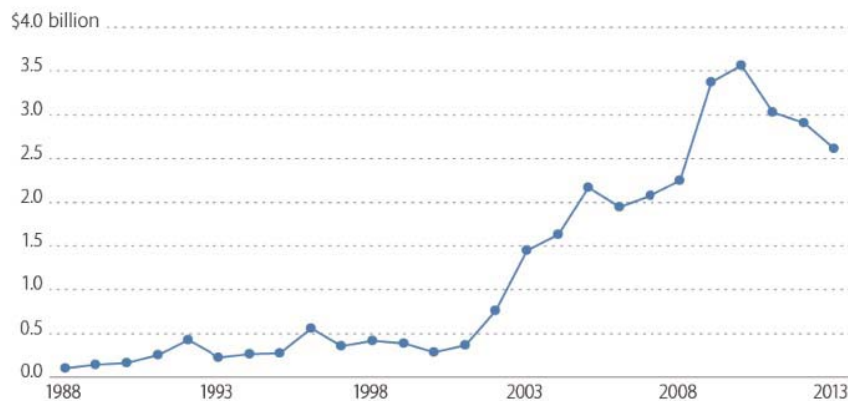
Slika 6.1: Prikaz postopne integracije "on – board" sistemov znotraj letalnikov



Vir: Moir in Seabridge (2006, 4).

Zviševanje kompleksnosti oborožitvenih sistemov – BPL, na vseh ravneh, privede do izboljšanja funkcionalnosti, to pa nadalje v dodaten razvoj sistemov privablja nove, visoko motivirane subjekte, ki z željo po uporabi oborožene sile ali pa dolgoročnem finančnem outputu (Lockheed Martin, Raytheon, Boeing Industries itn.) nadaljujejo spiralo razvoja BPL (Moir in Seabridge 2006, 4).

Slika 6.2: Trend vlaganja finančnih sredstev v razvoj in dobavo BLZS



Vir: Gertler (2012, 14).

Podatek, ki pravi, da se je financiranje BPL med leti 1996 in 2008 od 0,2 milijard USD povzpelo na 3,2 milijarde USD, lepo prikazuje prehojeno pot razvoja BPL. Sočasno s pojavom globalne gospodarske krize pa se je po letu 2009 rastoči trend vlaganja v BPL sprva nekoliko upočasnil, v obdobju med 2010 in 2013 pa kar precej upadel (slika 6.2).

Zaradi nestabilnih finančnih trgov in nasploh ameriškega gospodarstva, ki je zaradi globalizacijske povezanosti ogroženo s strani finančno / gospodarsko destabilizirane Evrope, nestabilnega Bližnjega vzhoda ter po drugi strani vzpenjajočega gospodarstva LR Kitajske, ne morem napovedati, v kolikšni meri se bo trend upadanja visokega financiranja BLZS / BPL nadaljeval in kdaj se bo smer ponovno obrnila navzgor⁹.

Primer rezov zaradi pomanjkanja zaupanja in visokih stroškov v program KoV FCS se kaže z ukinitvijo projekta posodobitve kopenskih oklepnikov in tankov, na področju BPL pa je že bilo prekinjeno financiranje razvoja BPL II. (raven vod / četa) in III. (raven četa / bataljon) razreda.

Iz letalnikov, ki so bili še pred 20 leti povsem odvisni od vremenskih razmer, se je zanesljivost BPL, izražena v številu ur letenja v vseh vremenskih razmerah tako podnevi kot ponoči, v istem časovnem obdobju povečala iz nekaj tisoč na več 100.000 ur (Wolski 2009, 4–5). Iz tega sklepam, da se bo število ur letenja brezpilotnih letalnikov še naprej povečevalo,

⁹ Vzroke za razlike v smernicah razvidnih iz Grafa 3.1 in Slike 6.2 vidim v tem, da pogodbeni zavezanci, ki so že prejeli finančna sredstva s strani KoV ZDA, vseh naročenih letalnikov še niso dobavili oz. so pogodbeni dobavni roki letalnikov v prihajajočih letih.

kot med vrsticami pravijo številni avtorji, tudi na račun nadaljnjega razvoja pilotiranih letal (Bolkcom in Bone 2003, 18).

Iz do sedaj napisanega, lahko izpeljem nekaj smernic razvoja BPL, ki bodo nedvomno opredelila njihov nadaljnji razvoj za potrebe kopenske vojske kot tudi drugih vej oboroženih sil ZDA.

V začetku so BPL izhajali iz konceptualnih osnov strateške oborožitve. Letalniki oblike balističnih raket oz. le – tem podobni, so bili po koncu 2. svetovne vojne, ko so pričeli reaktivni motorji izrivati propelerski pogon, namenjeni za dve zelo omejeni vlogi. V prvi so bili BPL tarče za urjenje lastnih enot, v drugi pa vabe za proti zračne sisteme nasprotnika. Pomanjkanje podpore kopenskim silam v perspektivi ISR nalog in številne napake na področju strateškega izvidovanja v domeni ameriškega vojaškega letalstva, sta utrla pot izvidniškim brezpilotnim letalnikom (oznaka R). Ti so se že ob ognjenem krstu v 10 – letni Vietnamski vojni pokazali svoj neizmerni potencial. Do konca hladne vojne so se BPL pričeli uveljavljati tudi v drugih armadah (Izrael, Velika Britanija, Ruska Federacija itd.). V ZDA, ki so imele naskok pred zasledovalci na področju robotiziranih letalnikov, so po 1. Zalivski vojni, v kateri se je neoboroženem brezpilotnemu letalniku (RQ – 2 Pioneer) prvič predal segment nasprotnikovih oboroženih sil (Dakič - Prelec 2009, 12), vse bolj pričeli negovati idejo o večnamenskem BPL. DARPA je pričela s financiranjem razvoja večnamenskih BPL (serija M), pri čemer so strateške in večje taktične BPL (Predator A, Fire Scout, Hunter itn.), ki so že bili v operativni uporabi, znotraj posameznih vej oboroženih sil po določenih standardih že predelali v serijo M. Serija M se še vedno uporablja v namen izvidovanja, dodano pa ima sredstvo za neposredni, natančni, taktični udar za primer, da operater prepozna cilj kot cilj velikega pomena, glede na slike/posnetke, ki jih v nadzorni center predhodno pošlje dotični brezpilotni letalnik.

Naloge ISTAR so s pojavom oboroženih letalnikov postale le še "ena izmed" in ne več "ena in edina" naloga. Pojav taktičnih/strateških VTOL letalnikov je v nabor nalog BPL dodal še neposredne oskrbovalno/podporne dejavnosti, kot so dostava vode v oddaljenejši kontrolne točke, dostava zdravstvenih sredstev, streliva itd, kar so pridom uporabljali marinci že v začetku 3. tisočletja v invaziji na Afganistan.

Najnaprednejši brezpilotni letalniki (IV. generacija) se torej, kot sem ugotovil, uporabljajo v največ primerih za nadzor tal, njihova ognjena in podporna dejavnost pa se prav tako odvijata v neposredni povezavi s tlemi. Po soočenju z iraškim MiG 25 pred začetkom operacije "Iraqi

Freedom", leta 2002, ko je bil v neposrednem zračnem spopadu sestreljen letalnik MQ – 1B (Military Periscope 2011b), so se v vrhu vojaškega letalstva ZDA pričeli zavedati, da ob preletavanju nevarnih območji z namenom npr. odkrivanja izstrelišč balističnih raket, niso varni ne BPL kot tudi ne pilotirani prestrezniki. Prvi so v nevarnosti zaradi nasprotnikovih prestreznikov, slednji pa zaradi neznanih lokacij nasprotnikovih proti – letalskih sistemov. Zračno letalstvo ZDA je v ta namen leta 2003 pričelo financirati program UCAV. Kasneje sta se pod okrilje DARPA združili vojna mornarica in letalstvo v skupni t. i. Joint – UCAS program (Office of the Secretary of Defense 2005, 11), vendar pa, kot piše Dakič - Prelec, zaradi stalnega razhajanja v potrebah in željah med vejami ameriških oboroženih sil program ni obrodil skupnih sadov, se je pa razvoj nadaljeval v posameznih vejah (Dakič - Prelec 2009, 65–67). Ker so UCAV programi povsod po svetu še v razvojni fazi, na tej točki ni možna posplošitev taktično – tehničnih podatkov tovrstnih brezpilotnih sistemov.

Med obetajoče primere letalnikov UCAV, ki nimajo omejitev letalnikov 4. generacije, sodi ameriški brezpilotni letalnik X – 45B, podjetja Boeing. Njegova največja masa je 9,7 ton, motor mu zagotavlja potisk 48,95 kN, koristen tovor pa je težak do 900 kg.

Trend, ki ga kot premico usmerjajo točke v opisani zgodovini dosedanjega razvoja BPL in srednjeročni načrt, predstavljen v Kongresu ZDA, kaže, da bodo bojni brezpilotni letalniki sprva dopolnili vrste bojnih letal, v doglednem času pa jih bodo povsem nadomestili. Po drugi strani pa tehnološki napredek omogoča zmanjševanje dimenzij in mase koristnega tovora, s čemer omogoča instalacijo le – tega tudi na manjše platforme (Moir in Seabridge 2006, 3–4). Zmanjševanje platform zaradi tehnološkega razvoja za seboj ne potegne tudi zmanjševanja učinkovitosti oz. uporabnosti. Ravno nasprotno, tekem časa vidimo, da se uporabnost povečuje sočasno z zmanjševanjem velikosti brezpilotnih letalnikov. Če h temu dodamo še povečevanje zmogljivosti brezpilotnih letalnikov novejših generacij in s tem avtonomijo leta, pridemo do spoznanja, da se na najnižji stopnji poveljniki vodov že nekaj let soočajo z možnostjo neposredne uporabe sredstev, ki jim omogočajo številne dejavnosti, s katerimi hitro in brez nepotrebne zamudne horizontalne komunikacije (z nadrejenimi ali po možnosti celo z drugo vejo oboroženih sil) operirajo, z namenom izkoriščanja dinamike bojišča v svoj prid.

Z namenom specialnega izvidovanja je DARPA ob koncu 20. stoletja pričela z razvojem t. i. mini brezpilotnih letalnikov. Dimenzije tovrstnih zračnih plovil se po klasifikaciji oboroženih sil ZDA gibljejo do dolžine 16 centimetrov, tehtajo pa do 100 g. Tovrstnih sistemov zaradi

zapletenosti izdelave, finančnega podpiranja njihovih večjih sorodnikov in številnih drugih dejavnikov, danes v svetu še ni v operativni uporabi. Kot je tekom študija večkrat povedal prof. Žabkar in kot zapisuje Dakič – Prelc, bo v prihodnje na področju miniaturizacije svojo vlogo odigrala bionika, disciplina, ki povezuje biologijo in elektroniko. Tovrstna povezava znanstvenih ved se lepo izraža v prototipih, kjer so robotizirani sistemi oblikovani kot živali in za premikanje izkoriščajo enake naravne zakonitosti kot omenjena bitja. Primer takšnega BPL je letalnik Dragon, podjetja BAE Systems (Dakič - Prelc 2009, 65).

Poleg kril in motorja, rotorja pri helikopterjih, brez katerega letalo/letalnik ne more vzleteti in doseči delovne višine in želene destinacije, je pri zračnih plovilih, pa naj bo to jurišni helikopter ali pa taktični izvidniški brezpilotni letalnik, ena izmed najpogostejših komponent senzorska kupola (angl. Sensor Turret), v kateri se nahaja kopica leč, vodil, polprevodnikov in ostalih sestavnih delov optoelektronskega kompleta. Kot smo videli, se je do uvedbe HD tehnologije, resolucija digitalne slike (TV, IR) gibala okoli 640 x 480 točk, s prodorom omenjene HD tehnologije pa trend zviševanja resolucije konvergira proti vrednosti 1920 x 1080 točk. Sodobni algoritmi, ki še niso popolnoma vpeljeni v operativno uporabo, že omogočajo neposredno povezavo optoelektronskih senzorjev z navigacijskima sistemoma INS in GPS, kar procesorju podatkov omogoča avtomatsko umeščanje spremljanega/označenega cilja na digitalno mapo, ki jo poseduje poveljnik v svojem dlančniku na terenu, na komandnem pultu v štabu ipd. (Pike 1999, 3–4).

Na podlagi identifikatorja prijatelj / sovražnik lahko potem dotični poveljnik v realnem času ukrepa po svoji presoji, pri čemer bo v prihodnosti brez dvoma zmanjšan odstotek žrtev zaradi lastnega ognja oz. civilnih žrtev. Opisan primer je osnovni korak pri doseganju popolne digitalizacije bojišča. Ob navedenem torej ni nerazumljivo to, da se na primeru letalnika MQ – 1B cena koristnega tovora za izvidovanje giblje okrog 33 % celotne vsote, pri daleč najuporabnejšem BPL ta hip, RQ – 4B pa kar 54 % celotnega letalnika, ki stane 26,5 milijona USD (Dakič - Prelc 2009, 68; Office of the Secretary of Defense 2005, 56).

Primer "Stand Off" EO / IR kupole je AN / AAS – 53 Common Sensor Payload, izdelana za uporabo na brezpilotnem letalniku Gray Eagle, ki ga uporablja KoV ZDA. Komplet, težak 74 kg, vsebuje dnevno kamero s senzorjem za ojačevanje slik, termovizijsko kamero z možnostjo nastavljanja valovne dolžine za nočno opazovanje, kamero za spremljanje slike z valovno dolžino NIR (Near IR), laserski daljinomer z dvema valovnima dolžinama, med katerima je

eden očem prijazen. Poleg laserskega daljinomera ima zmožnost avtomatskega sledenja in označevanja ciljev¹⁰. Za primerjavo s koristnim tovorom strateškega BPL sem raziskal še senzorski paket mini BPL Raven in ugotovil, da je senzor Mantis i23 težak bornih 450g in vsebuje tako TV in termo – kamero za prednje in stransko izvidovanje kot tudi lasersko napravo za označevanje ciljev (Military Periscope 2008a).

Glede na eksponentno večanje hitrosti in količine prenosov podatkov¹¹ ter števila operativnih brezpilotnih letalnikov na vseh nivojih, se z vsakim novim letom uporabe BPL v vojaške namene dodatno obremeni informacijska infrastruktura ameriških omrežnih sil (Networked Forces). V ta namen poveljstvo oboroženih sil že od pričetka 2. zalivske vojne naprej pripravlja rešitve na idejno – teoretski ravni. Zаметki teh idej so videni še danes, desetletje kasneje, ko se za nadzor, ročno navigacijo in prenos podatkov iz BPL že uporabljajo strateška ISR letala (Bolkcom 2003, 17–18). Tovrstni menedžment bi omogočil prenos upravljanja z brezpilotnimi letalniki, ki delujejo izven vidnega območja primarnega operaterja, h operaterju, ki bi sedel za delovno postajo znotraj omenjenega strateškega letala. Tak način bi po poročilu konkretno razbremenil kanale satelitske komunikacije.

Če se v zaključku svoje diplomske naloge vrnem na začetek, k svojima hipotezama, potem lahko z gotovostjo obe potrjujem.

Koristni tovor, ki ga brezpilotni letalniki uporabljajo danes, se je toliko izpopolnil, da učinkovitost nalog in misij BPL povsem opravičuje milijardne finančne vložke, zaradi katerih danes BPL sodijo med nepogrešljive oborožitvene sisteme vseh armad, ki si jih lahko privoščijo. Optoelektronika zadnje generacije z možnostjo nastavljivega opazovanja, še nekaj desetletji nazaj nepredstavljivo širokega spektra EM valovanja (400 nm – 1400 nm), omogoča specialistu – pilotu opazovanje območja in hitro odkrivanje ciljev, zaradi uvajanja novih detektorskih spojin pa lahko daljinomeri natančneje merijo razdalje do ciljev, jih uspešneje označujejo in jih po potrebi tudi uničujejo.

V drugi hipotezi sem trdil, da se bo zaradi povečanja zmogljivosti brezpilotnih letalnikov povečalo tudi število misij dodeljenih BPL. Dejstvo, da se je število preletenih ur brezpilotnih letalnikov toliko povečalo, kaže, da je povečana zmogljivost letalnikom omogočila uspešno opravljanje D3 nalog, podnevi in ponoči, pri vseh vremenskih razmerah. Povečana

¹⁰ Podjetje Raytheon za omenjeni senzorski paket ni izdalo natančnejših tehničnih podatkov (Airborne Imaging in Raytheon 2011, 17–18).

¹¹ Samo med 1. in 2. zalivsko vojno se poveča hitrost prenosa podatkov za 30 x (Žabkar in Svete 2011, 125).

zmogljivost se kaže v konstantnem zviševanju avtonomije BPL, za kar je v največji meri zaslužna prav kvalitetna in nezmotljiva navigacija.

Ko se bodo projekti UCAV pričeli postopoma aplicirati v praksi in se bodo izkazali za uspešne, se bo po mojem mnenju, prekvalificiranim pilotom izvidniških letal, ki so jih izrinili izvidniški brezpilotniki, pridružil še marsikateri pilot bojnega letala.

7 Literatura

1. AAI Corporation. 2010. *Shadow[®] 200 TUAS*. Dostopno prek: <http://www.aaicorp.com/pdfs/Shadow%20200.pdf> (17. maj 2013).
2. Army-Technology.com. 2012a. *Hunter RQ-5A / MQ-5B/C UAV, United States of America*. Dostopno prek: <http://www.army-technology.com/projects/hunter/> (15. junij 2013).
3. --- 2012b. *Puma AE (All Environment) Unmanned Aircraft System (UAS), United States of America*. Dostopno prek: <http://www.army-technology.com/projects/puma-unmanned-aircraft-system-us/> (16. junij 2013).
4. --- 2012c. *RQ-11 Raven Unmanned Aerial Vehicle, United States of America*. Dostopno prek: <http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/> (16. junij 2013).
5. Barrows, Geoffrey L. 2002. *Future visual microsensors for mini/micro-uav applications*. Dostopno prek: <http://prism2.mem.drexel.edu/~billgreen/Bibliography/barrowsCenteye.pdf> (29. maj 2013).
6. Betson, Andrew P. 2012. *The Case Against Cargo Unmanned Aircraft System*. Dostopno prek: http://www.alu.army.mil/alog/issues/SepOct12/The_Case_Against_Cargo.html (9. junij 2013).
7. Bogovič, Valerija. 2010. *Uporaba brezpilotnih letal v asimetričnem bojevanju*. Diplomsko delo. Ljubljana: FDV.
8. Bolkcom, Christopher in Elizabeth Bone. 2003. *Unmanned Aerial Vehicles: Background and Issues for Congress*. Dostopno prek: <http://www.fas.org/irp/crs/RL31872.pdf> (15. april 2013).
9. Černjavič, Špela. 2012. *Načini delovanja improviziranih eksplozivnih naprav ter metode in sredstva za njihovo odkrivanje, motenje in onesposabljanje*. Diplomsko delo. Ljubljana: FDV.

10. Dakič - Prelc, Drago. 2009. Brezpilotni letalniki. *Revija Obramba* (november): 41–70.
11. --- 2010. A160T Hummingbird VTOL letalnik. *Revija Obramba* (november): 38–41.
12. Defense Airborne Reconnaissance Office (DARO). 1994. *Unmanned Aerial Vehicles Program Plan*. Dostopno prek: http://www.dod.mil/pubs/foi/International_security_affairs/other/892.pdf (13. maj 2013).
13. *Defense Update - International Online Defense Magazine*. 2005. Shadow 200 Tactical UAV System (2). Dostopno prek: <http://defense-update.com/products/s/shadow.htm> (17. maj 2013).
14. Department of Defense. 2002. *UAV Evolution - Where are we?* Dostopno prek: <http://www.defense.gov/specials/uav2002/> (14. junij 2013).
15. Domijan, Matjaž. 2012. *Uporaba C4I sistema kot dodane vrednosti k bojni učinkovitosti oboroženih sil ZDA: analiza prve in druge zalivske vojne*. Diplomsko delo. Ljubljana: FDV.
16. Ehrhart, Thomas P. 2010. *Air Force UAVs: The Secret History*. Dostopno prek: http://www.afa.org/mitchell/reports/MS_UAV_0710.pdf (26. marec 2013).
17. European Commission, Enterprise and Industry Directorate - General. 2007. *Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV*. Dostopno prek: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/uav_study_element_2_en.pdf (13. maj 2013).
18. Fugina, Matej. 2012. *Bojni roj: asimetrični nasprotnik ali doktrina za 21. stoletje?* Diplomsko delo. Ljubljana: FDV.
19. Goebel, Greg. 2012. *Miniature UAVs*. Dostopno prek: http://www.vectorsite.net/twuav_10.html (13. maj 2013).
20. General Atomics. 2013a. *GA-ASI Aircraft Family Achieves Two Million Flight Hours*http://www.ga-asi.com/news_events/index.php?read=1&id=401 (13. junij 2013).

21. --- 2013b. *Gray EagleTM UAS*. Dostopno prek: http://www.ga-asi.com/products/aircraft/gray_eagle.php (13. junij 2013).
22. --- 2013c. *Predator[®] UAS*. Dostopno prek: <http://www.ga-asi.com/products/aircraft/predator.php> (13. junij 2013).
23. --- 2013č. *Gray Eagle[®] Armed Persistence*. Dostopno prek: http://www.ga-asi.com/products/aircraft/pdf/Gray_Eagle.pdf (13. junij 2013).
24. Gertler, Jeremiah. 2012. *U.S. Unmanned Aerial Systems*. Dostopno prek: <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf> (28. junij 2013).
25. Gething, Michael J. 2009. *Jane's Electro-optic Systems*. Surrey: Jane's IHS.
26. Golightly, Glen. 2004. Boeing's Concept Exploration pioneers new UAV development with the Hummingbird and the Maverick. *Boeing Frontiers* 3 (8). http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2004/december/ts_sf04.html (14. junij 2013).
27. Hafner, Gregor. 2011. *Vojaški brezpilotni letalski sistemi – taktični vidik, mednarodnopravni in etični izzivi*. Magistrsko delo. Ljubljana: FDV.
28. Headquarters, Department of the Army. 2006. *Army Unmanned Aircraft System Operations*. Dostopno prek: <https://www.fas.org/irp/doddir/army/fmi3-04-155.pdf> (20. maj 2013).
29. Honeywell International Inc. 2012. *T-HawkTM Micro Air Vehicle*. Dostopno prek: <http://aerospace.honeywell.com/markets/defense/unmanned-systems/2012/07-July/t-hawk> (17. junij 2013).
30. Infrared TV. 2013. *Shema vidnega dela elektromagnetnega spektra*. Dostopno prek: <http://infraredtv.com/test/Infrared%20Spectrum.jpg> (26. junij 2013).

31. Intech – Open Science / Open Minds. 2013. *Shema infrardečega dela elektromagnetnega polja*. Dostopno prek: <http://www.intechopen.com/source/html/38815/media/f1.jpg> (26. junij 2013).
32. Knific, Boris, ur. 2008. *Enciklopedija orožja od leta 5000 pr. n. št. do 21. Stoletja*. Radomlje: DEFENSOR d.o.o.
33. Keller, John. 2010. *Army chooses lightweight surveillance radar system for Sky Warrior UAV from Northrop Grumman*. Dostopno prek: <http://www.militaryaerospace.com/articles/2010/11/army-chooses-lightweight.html> (14. junij 2013).
34. Krepinevich Jr., Andrew F. 2002. *The Military - Technical Revolution, A Preliminary Assessment*. Dostopno prek: google books.
35. Larm, Dennis. 1996. *Expendable Remotely Piloted Vehicles for Strategic Offensive Airpower Roles*. Maxwell: Air University Press.
36. LeMieux, Jerry. 2012. *Alternative UAV Navigation Systems*. Dostopno prek: <http://electronicdesign.com/embedded/alternative-uav-navigation-systems> (17. junij 2013).
37. Magnuson, Stew. 2012. *Army Unmanned Aircraft Programs: Winners and Losers*. *National Defense Magazine*, 12 december. Dostopno prek: <http://www.nationaldefensemagazine.org/blog/Lists/Posts/Post.aspx?ID=996> (15. junij 2013).
38. Military Periscope. 2008a. *MQ-1C Gray Eagle*. Dostopno prek: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/aircraft/rpv-dron/w0007670.html> (19. junij 2013).
39. --- 2008b. *RQ-11A Raven*. Dostopno prek: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/aircraft/rpv-dron/w0006848.html> (19. junij 2013).
40. --- 2011a. *A160T Hummingbird MALE UAV*. Dostopno prek: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/aircraft/rpv-dron/w0006093.html> (19. junij 2013).

41. --- 2011b. *MQ-5B Hunter TUAV*. Dostopno prek: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/aircraft/rpv-dron/w0003579.html> (19. junij 2013).
42. --- 2012. *Puma SUAV*. Dostopno prek: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/aircraft/rpv-dron/w0006613.html> (19. junij 2013).
43. Military.com. 2002. *Iraqi MiG-25 shoots down MQ-1 Predator*. Dostopno prek: <http://www.military.com/video/aircraft/pilotless-aircraft/iraqi-mig-25-shoots-down-mq-1-predator/1507888242001/> (23. junij 2013).
44. Moir, Ian in Allan Seabridge. 2006. *Military Avionic Systems*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
45. Northrop Grumman Corporation. 2012. *Hunter UAV Equipped with Tactical UAV Radar Demonstrates New Capabilities in U.S. Army - Northrop Grumman Tests*. Dostopno prek: http://www.irconnect.com/noc/press/pages/news_releases.html?d=41528 (13. junij 2013).
46. --- 2013. *AN/ZPY-1 STARLite Small Tactical Radar – Lightweight*. Dostopno prek: <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/Starlite/Pages/default.aspx> (11. junij 2013).
47. Novosel, Simon. 2007. *Bojni roboti kopenske vojske*. Diplomsko delo. Ljubljana: FDV.
48. Oblak, Tomaž. 2007. *Uporaba brezpilotnih letal v Sloveniji*. Diplomsko delo magistrskega študija. Celje: Fakulteta za logistiko.
49. Office of the Secretary of Defense. 2005. *Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005 – 2030*. Dostopno prek: https://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf (11. junij 2013).
50. Parsch, Andreas. 2005. *Northrop Grumman (TRW/IAI) BQM-155/RQ-5/MQ-5 Hunter*. Dostopno prek: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-155.html> (14. maj 2013).
51. --- 2007a. *IAI/AAI RQ-2 Pioneer*. Dostopno prek: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app2/q-2.html> (14. maj 2013).

52. --- 2007b. *Northrop (Radioplane) SD-1/MQM-57 Falconer*. Dostopno prek: <http://www.designation-systems.net/dusrm/m-57.html> (14. maj 2013).
53. Patton Jr., George S. 1944. *Third Army, Standard Operational Procedures*. <http://historicaltextarchive.com/sections.php?action=read&artid=384> (28. junij 2013).
54. Pečar, Tom. 2012. *Perspektivnost razvoja IMINT zmogljivosti v SV s poudarkom na zajemanju slikovnega materiala z BPL*. Zaključna naloga. Novo mesto: Šola za častnike.
55. Pike, John. 1999. *General Atomic GNAT-750 Lofty View*. Dostopno prek: <https://www.fas.org/irp/program/collect/gnat-750.htm> (11. junij 2013).
56. --- 2011. *Outrider Tactical UAV*. Dostopno prek: <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/outrider.htm> (17. maj 2013).
57. Strnad, Janez. 2009. *Fizika (3. del)*. Ljubljana: DMFA – Založništvo.
58. Rajesh, Kumar. 1997. *Tactical reconnaissance: UAVs versus Manned Aircraft*. Dostopno prek: <https://www.fas.org/irp/program/collect/docs/97-0349.pdf> (26. junij 2013).
59. Ratković, Boris in Petar Petrović, ur. 1981. *Vojni leksikon*. Beograd: VIZ.
60. Airborne Imaging in Raytheon. 2011. *Multi-Spectral Targeting Systems. For every platform, one powerful advantage*. Dostopno prek: http://www.flightglobal.com/airspace/media/reports_pdf/empts/82171/airborne-imaging-2011.pdf (14. junij 2013).
61. Razingar, Aleksander. 1976. *Elektronsko izvidanje i maskiranje*. Beograd: Vojnoizdavački zavod.
62. Sensor Unlimited Inc. 2013. *Technology: What is InGaAs?* Dostopno prek: <http://www.sensorsinc.com/GaAs.html> (12. junij 2013).
63. Wolski, Ed. 2009. *Unmanned Aircraft Systems*. Dostopno prek: http://www.wired.com/images_blogs/dangerroom/files/Wolski.pdf (2. maj 2013).

64. Tirnanić, Slobodan. 2001. *Bespilotne letelice*. Beograd: VIZ.
65. von Rosenbach, Alexander. 2012. *Jane's World Armies*. Izdaja 31. Surrey: IHS Jane's.
66. Zaloga, Steven J. 2008. *Unmanned Aerial Vehicles - Robotic Air Warfare 1917 - 2007*. Oxford in New York: Osprey Publishing.
67. Žabkar, Anton. 2007. *Pehotna oborožitev in oprema - Stanje in smeri razvoja*. Ljubljana: Defensor d.o.o.
68. --- in Uroš Svete. 2011. *Sodobni oborožitveni sistemi (1. del)*. Ljubljana: FDV.