



Co-funded by
the European Union

Bespilotna letelica - tehnike snimanja i letenja

Učenje letenja - kinestetičke veštine

dr Bojan Prlinčević
ASSKM



UNIVERSITY OF LJUBLJANA
Faculty of Electrical Engineering



University of Pristina
Kosovska Mitrovica



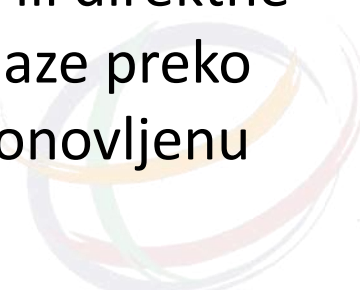
Uvod u kinestetičko učenje o letu bespilotnih letelica

Razumevanje kinestetičkog učenja za rad bespilotnih letelica

Kinestetičko učenje, poznato i kao taktilno ili praktično učenje, je proces učenja kroz fizičko iskustvo i praksu. Kada je reč o letenju bespilotnim letjelicama, kinestetičke vještine su apsolutno fundamentalne. Za razliku od teorijskog znanja o komponentama ili propisima bespilotnih letelica, kinestetičke veštine uključuju razvoj mišićne memorije, koordinacije ruku i očiju i prostorne svesti koje omogućavaju pilotu da intuitivno i precizno kontroliše avion.

Značaj motoričkih veština u letu bespilotnih letenja:

Letenje dronom, posebno bespilotnom letelicom FPV (First Person View), zahteva od pilota da razvije sofisticirane motoričke veštine koje kombinuju vizuelni unos sa preciznim pokretima ruku. Pilot mora obraditi vizuelne informacije iz bilo kamere bespilotne letelice ili direktne linije vida, prevesti te informacije u odgovarajuće kontrolne ulaze, i izvršiti te ulaze preko kontrolnih štapova predajnika. Ceo ovaj proces mora postati automatski kroz ponovljenu praksu dok ne postane druga priroda.



Uvod u kinestetičko učenje u letu bespilotnih letelica

Kriva učenja:

Istraživanja u sticanju motoričkih veština pokazuju da kinestetičko učenje prati predvidljiv obrazac. U početku, pokreti su svesni, spori i zahtevaju značajan mentalni napor. Sa praksom, ovi pokreti postaju glatkiji, brži i zahtevaju manje svesne misli. Na kraju, stručni piloti dođu do faze u kojoj su njihovi odgovori na situacije leta gotovo automatski, što im omogućava da se fokusiraju na ciljeve misije, a ne na osnovnu kontrolu leta.

Ključni princip: Kinestetičko učenje nije samo o "znanju šta da radi", već o "biti u stanju da to uradi" kroz ponovljenu fizičku praksu i razvoj mišićne memorije



Odašiljač - Vaš fizički interfejs sa UAV

Osetljivost i odgovor štapa:

Moderni predajnici omogućavaju podešavanje osetljivosti štapa, eksponencijalne krive i stope. Ova podešavanja utiču na to kako avion reaguje na kontrolne ulaze. Početnici obično imaju koristi od smanjene osetljivosti i postavki izložbe koje čine kontrole manje trzaju oko središnjeg štapa, pružajući precizniju kontrolu za mala podešavanja. Kako se veštine razvijaju, piloti mogu povećati osetljivost za agresivnije letenje.

Prekidač i dugme Funkcije:

Pored kontrolnih štapova, predajnici imaju različite prekidače i dugmad za funkcije kao što su izbor režima leta, naoružavanje / razoružavanje i kontrole za hitne slučajeve. Piloti moraju razviti mišićnu memoriju za ove sekundarne kontrole kako bi ih mogli aktivirati bez skretanja pogleda sa aviona ili FPV hrane.



Četiri ose kontrole leta

Mastering gasa, skretanja, nagiba i kotrljanja

Svaki pokret multirotor bespilotne letelice nastaje promenom brzine njegovih motora, ali iz perspektive pilota, kontrola se vrši kroz četiri primarne ose. Razumevanje i savladavanje svake ose nezavisno pre nego što ih kombinujete je od suštinskog značaja za razvoj čvrstih kinestetičkih veština.

Gas (vertikalno kretanje):

Gas kontroliše ukupnu snagu svih motora podjednako, uzrokujući avion da se popne ili spusti. U visini-hold ili GPS režimima, gas može da kontroliše vertikalnu brzinu, a ne direktnu snagu motora. Razvijanje glatke kontrole gasa je od ključnog značaja za stabilan let - trzavi ulazi gasa stvaraju oscilacije i nestabilan let. Početni piloti često previše ispravni gasom, stvarajući efekat poskakivanja. Ključ je da se napravi mala, nežna podešavanja i omogućći avionu vremena da odgovori.



Četiri ose kontrole leta

Skretanje (rotacija / naslov):

Sječa rotira avion oko svoje vertikalne ose, menjajući u kom pravcu se bespilotna letelica suočava. U FPV letu, skretanje se koristi u koordinaciji sa drugim kontrolama za izvršavanje skretanja i održavanje željenog smjera. Uobičajena greška početnika je korišćenje prekomernog skretanja kada bi rolna bila prikladnija za okretanje. Glatka kontrola skretanja je posebno važna za video snimanje, jer brzi pokreti skretanja stvaraju dezorijentisane snimke.

Teren (napred / nazad):

Pitch naginje avion napred ili nazad, stvarajući kretanje duž uzdužne ose. Napred teren je primarna kontrola za brzinu napred leta. Piloti moraju da nauče da koordiniraju nagib sa gasom —dok se avion naginje napred, neki potisak prema gore je usmeren unazad, zahtevajući podešavanje gasa da bi se održala visina. Razvijanje osećaja za ovaj odnos je ključna kinestetička veština.

Četiri ose kontrole leta

Roll (bočno kretanje):

Roll nagine avion levo ili desno, stvarajući bočno kretanje. Kao teren, rolna zahteva koordinaciju sa gasom da bi se održala visina tokom bankarskih manevara. U FPV trkama i slobodnom stilu, rolna se agresivno koristi za brze promene pravca. Početnici bi trebalo da počnu sa nežnim ulazima i postepeno povećavaju kako se samopouzdanje gradi.

Izazov integracije:

Prava veština u letenju ne leži u kontroli svake ose pojedinačno, već u glatkom kombinovanju sve četiri ose istovremeno. Ova višeosna koordinacija je suština naprednog razvoja kinestetičkih veština i zahteva stotine sati prakse da bi se u potpunosti savladala.



Prostorna svest i orijentacija

Razvijanje mentalnih modela 3D prostora

Jedan od najizazovnijih aspekata leta bespilotnih letelica za početnike je održavanje prostorne svesti - razumevanje gde se avion nalazi u trodimenzionalnom prostoru i kako je orijentisan. Ova kognitivno-kinestetička veština je od suštinskog značaja za sigurne i efikasne operacije leta.

Izazovi orijentacije u liniji vidljivosti (LOS):

Kada leti u režimu linije vidljivosti (gledajući fizički avion), piloti moraju mentalno prevesti ono što vide u odgovarajuće kontrolne ulaze. Izazov je u tome što su kontrolni ulazi u odnosu na orijentaciju aviona, a ne položaj pilota. Kada bespilotna letelica leti prema vama, levi štap pomera avion udesno - ovo preokretanje kontrola je veoma kontraintuitivno i zahteva posebnu obuku za prevazilaženje.



Prostorna svest i orijentacija

FPV perspektiva:

First Person View letenje eliminiše neke izazove orijentacije pružajući pilotu perspektivu aviona kroz ugrađene kamere. Međutim, FPV uvodi svoje izazove. Piloti moraju razviti situacionu svest bez direktnog vizuelnog kontakta sa avionom. Oni moraju da izgrade mentalne modele životne sredine, prateći gde je bespilotna letelica u odnosu na prepreke, granice i povratna tačka.

Svest o nadmorskoj visini:

Procena nadmorske visine je posebno izazovna bez telemetrijskih podataka. U LOS letu, perspektiva i veličina znakovi pomažu, ali oni postaju nepouzdati izvan 50-100 metara. Piloti moraju razviti osećaj nadmorske visine kroz iskustvo i naučiti da koriste vizuelne znakove kao što su senke, odnosi sa poznatim objektima i indikatori ugla kamere u FPV-u.

Prostorna svest i orijentacija

Percepcija udaljenosti:

Slično tome, precizno procenjivanje udaljenosti je naučena veština. Piloti moraju da razumeju mogućnosti i ograničenja aviona na različitim udaljenostima i razviju presudu da održe sigurne operativne udaljenosti od prepreka, ljudi i imovine.

Tehnika obuke:

Redovna praksa sa vežbama orijentacije - kao što su leteći obrasci figure 8 i prema i dalje od položaja pilota, ili održavanje položaja dok se rotira 360 stepeni - posebno cilja na razvoj prostorne svesti.



Pravi letovi - temeljne vežbe

Progresivna izgradnja veština za početnike

Prelazak sa simulatora ili teorije na stvarni let je kritična faza u kinestetičkom učenju. Ovom tranzicijom se mora pažljivo upravljati odgovarajućim vežbama koje progresivno grade veštine, obezbeđujući bezbednost uz izgradnju poverenja.

Priprema pre leta:

Pre prvog leta, studenti moraju da završe nekoliko koraka pripreme. Izaberite odgovarajuću lokaciju za obuku: veliki otvoreni prostor (najmanje 30x30 metara) daleko od ljudi, zgrada, drveća i drugih prepreka. Mirno vreme je od suštinskog značaja - brzina vetra treba da bude ispod 10 km / h za početnu obuku. Uverite se da je sva oprema pravilno konfigurisana i testirana. Imajte kontrolnu listu pre leta i potvrdite sve sisteme. Mentalna priprema je takođe važna: pristupite letu sa fokusom i smirenošću, a ne anksioznošću ili preteranim samopouzdanjem.



Pravi letovi - temeljne vežbe

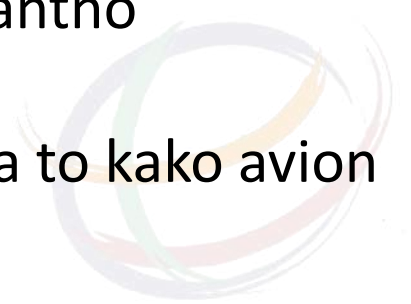
Vežba KSNUMKS: Kontrolisano poletanje i sletanje:

Prva vežba u stvarnom svetu treba da se fokusira isključivo na poletanje i sletanje. Učenik treba da vežba povećanje gasa glatko dok se avion podiže, lebdi kratko na 50cm-1m visini, a zatim smanjuje gas glatko na sletanje. Ovo treba ponoviti 10-15 puta dok kretanje ne postane glatko i kontrolisano. Uobičajene greške uključuju nagle pokrete gasa, podizanje prebrzo, i ne održavanje poziciju centralnog štapa na drugim kontrolama.

Vežba KSNUMKS: Držite visinu i lebdite:

Kada se savlada osnovno poletanje i sletanje, sledeća veština je održavanje stabilnog lebdenja na fiksnoj visini (približno KSNUMKS-KSNUMKS metara). Učenik treba da se fokusira na minimalne kontrolne ulaze - cilj je glatkoća i stabilnost, a ne konstantno podešavanje. Vežbajte lebdenje za povećanje trajanja:

30 sekundi, zatim 1 minut, zatim 2 minuta. Ova vežba razvija osnovni osećaj za to kako avion reaguje i trenira glatke, minimalne kontrolne ulaze.



Pravi letovi - temeljne vežbe

Vežba 3: Jednostavni prevodi:

Nakon postizanja stabilnog lebdenja, uvesti osnovne translacijske pokrete. Počnite sa jednostavnim kretanjem napred: korak napred malo, dozvolite avionu da se kreće KSNUMKS-KSNUMKS metara napred, a zatim vratite teren na neutralan i dozvolite avionu da se zaustavi (ili teren malo unazad da se zaustavi). Vratite se da lebdite. Ponovite ovu vežbu u sva četiri kardinalna pravca: napred, nazad, levo i desno. Fokus je na glatkom pokretanju pokreta, kontrolisanom putovanju i glatkom zaustavljanju.

Vežba KSNUMKS: Kombinovanje pokreta:

Sledeća progresija kombinuje pokrete. Vežbajte letenje jednostavnim kvadratnim uzorkom na konzistentnoj visini:

napred, stop, desno, stop, nazad, stop, levo, stop, povratak na početnu tačku. Ova vežba integriše više veština: kontrolu nadmorske visine, kontrolu pravca, prostornu svest i planiranje.



Pravi letovi - temeljne vežbe

Ključni princip za sve vežbe:

Kvalitet nad kvantitetom. Bolje je završiti pet savršenih lebdećih poletanja i sletanja nego dvadeset aljkavih. Učenici treba da se fokusiraju na glatkoću i preciznost, a ne na brzinu ili složenost.



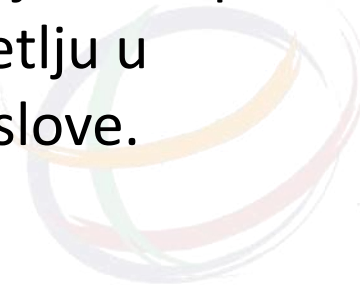
Razvoj koordinacije ruku i oči

Obuka veze između vida i motoričke kontrole

Koordinacija ruka-oko - sposobnost da se koordinira vizuelni ulaz sa izlazom motora - je možda najkritičnija kinestetička veština za rad bespilotnih letelica. Ova veština zahteva specifične vežbe obuke i svesnu praksu da bi se u potpunosti razvila.

Razumevanje vizuelno-motorne petlje:

Kada lete bespilotnom letelicom, piloti se uključe u kontinuiranu povratnu spregu: (1) posmatraju avion ili FPV feed, (2) obrađuju vizuelne informacije i upoređuju se sa željenim stanjem, (3) odlučuju o neophodnim kontrolnim ulazima, (4) izvršavaju kontrolne ulaze preko predajnika, (5) posmatraju rezultate i ponavljaju. Kod početnika, ova petlja radi sporo i svesno. Kroz praksu postaje brži i automatskiji. Stručni piloti završavaju ovu petlju u milisekundama, omogućavajući odgovor u realnom vremenu na promenljive uslove.



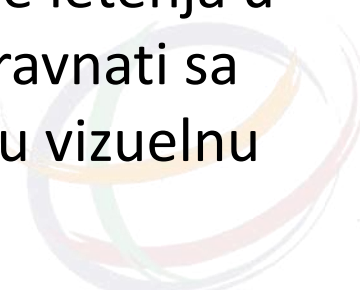
Razvoj koordinacije ruku i očiju

LOS obuka za koordinaciju ruku i očiju:

Za liniju vida letenja, specifične vežbe ciljaju koordinaciju ruka-oko. "Praćenje senki" podrazumeva letenje bespilotne letelice kako bi se podudaralo sa kretanjem senke ili markera na tlu dok se kreće. "Lider sledeći" ima učenik pilot održava formaciju sa avionom instruktora, zahtevajući stalno vizuelno praćenje i podešavanje kontrole. "Precizno sletanje" vežbe ciljaju sve manje i manje zone sletanja, zahtevajući finu vizuelno-motoričku kontrolu.

FPV koordinacija ruku i očiju:

FPV letenje predstavlja jedinstvene izazove jer se vizuelni referentni okvir kreće sa avionom. Piloti moraju obraditi pokretni video feed i prevesti ga u kontrolne ulaze. Vježbe letenja u tunelu ili kapiji su odlične za razvoj koordinacije FPV-a - pilot mora vizuelno poravnati sa vratima uz održavanje glatkog leta kroz njih. Trkački kursevi posebno ciljaju brzu vizuelnu obradu i motorički odgovor.



Razvoj koordinacije ruku i očiju

Trening vremena reakcije:

Neki aspekti koordinacije oko-ruka uključuju čisto vreme reakcije - koliko brzo pilot može da reaguje na neočekivani vizuelni unos. Vreme reakcije se poboljšava sa praksom i može se posebno obučiti korišćenjem vežbi kao što su "izbegavanje prepreka" gde se pojavljuju iznenadne prepreke na putu leta, ili komande "zaustavljanje u slučaju nužde" tokom leta gde pilot mora da zaustavi sve pokrete što je brže moguće.

Smooth Pursuit vs. Saccadic Pokreti:

Stručni piloti razvijaju glatke pokrete očiju prilikom praćenja predmeta u pokretu ili skeniranja okoline tokom leta. Ovo se razlikuje od trzaja saccadnih pokreta očiju početnici često koriste. Specifična obuka za glatko vizuelno praćenje - kao što je praćenje objekata na tlu dok letite iznad glave - pomaže u razvoju ove veštine.



Razvoj koordinacije ruku i očiju

Prednosti unakrsne obuke:

Zanimljivo je da druge aktivnosti mogu poboljšati koordinaciju ruku i očiju za letenje bespilotnih letelica. Video igre, posebno akcione igre i simulatori letenja, pokazali su da poboljšavaju brzinu vizuelne obrade i koordinaciju ruku i očiju. Neki piloti takođe navode da aktivnosti kao što su stoni tenis, reket sportovi, ili čak žongliranje pružaju prednosti unakrsnog treninga.

Preporuka za praksu:

Posvetite najmanje 20% vremena za vežbanje letenja specifičnim vežbama koordinacije ruka-oko, a ne samo "letenje okolo". Ova fokusirana praksa značajno ubrzava razvoj veština.



Uobičajene početničke greške i ispravke

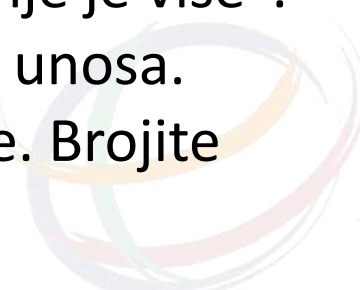
Rano prepoznavanje i popravljjanje loše tehnike

Razvijanje dobrih navika od početka je daleko lakše nego ispravljanje loših navika kasnije. Razumevanje uobičajenih grešaka omogućava učenicima da ih izbegnu i omogućava instruktorima da obezbede ciljanu korekciju.

Greška 1: Prekomerna kontrola / jurnjava za bespilotnom letelicom:

Najčešća greška početnika je pravljenje prekomernih kontrolnih ulaza, stvarajući ciklus prekomerne korekcije. Avion drifts desno, tako da pilot primenjuje levu kontrolu, ali previše, izazivajući drift levo, što dovodi do desne korekcije, i tako dalje. Avion "juri" po celom nebu.

Ispravka: Fokusirajte se na minimalne kontrolne ulaze. Praktikuje princip "manje je više". Napravite male korekcije i sačekajte da avion odgovori pre nego što dodate još unosa. Vežbajte lebdenje sa svesnim ciljem da dodirnete štapove što je manje moguće. Brojite sekunde između kontrolnih ulaza kako biste se prisilili da čekate i posmatrate.



Uobičajene početničke greške i ispravke

Greška 2: Napeti stisak i ruke:

Napetost u rukama, rukama i ramenima dovodi do trzavih kontrolnih ulaza i zamora pilota.

Mnogi početnici drže predajnik veoma čvrsto i čvrsto drže ruke, posebno kada su nervozni.

Ispravka: Svesno se opustite između manevara. Vežbajte vežbe disanja tokom leta.

Povremeno proveravajte stisak ruke - trebalo bi da bude čvrst, ali ne i čvrst. Neki instruktori preporučuju trening sesije u potpunosti fokusirane na glatke ulaze, namerno ignorišući ishode leta kako bi se smanjila anksioznost performansi.

Greška 3: Target Fiksacija:

Početnici često fokusiraju svoju viziju na jednu tačku (avion ili određenu prepreku) i gube svest o većem okruženju. To može dovesti do sudara sa preprekama izvan uskog fokusa pažnje.



Uobičajene početničke greške i ispravke

Ispravka: Vežbajte tehnike skeniranja - sistematsko pomeranje vizuelne pažnje između aviona, obližnjih prepreka, horizonta i zone sletanja. Razviti perifernu svest. U FPV-u, to znači da se ne fokusira samo na kapije ili neposredni put, već i održavanje svesti o položaju aviona u širem okruženju.

Greška 4: Leti predaleko prerano:

Mnogi početnici guraju izvan sigurnog vizuelnog dometa ili izvan svog nivoa veštine, što dovodi do dezorijentacije, gubitka kontrole ili padova.

Ispravka: Uspostaviti i održavati konzervativne granice koje odgovaraju nivou veštine. Za početnike, to može značiti boravak u području 20x20 metara na maloj visini dok osnovne veštine ne budu čvrste. Udaljenost i nadmorska visina treba da se postepeno šire kako nadležnost raste.



Uobičajene početničke greške i ispravke

Greška 5: Neadekvatne provere pre leta:

Žurba ili preskakanje provera pre leta dovodi do nesreća koje se mogu sprečiti—istrošene baterije, labave komponente, pogrešna podešavanja.

Ispravka: Razviti i dosledno koristiti kontrolnu listu pre leta. Učinite ovaj ritual automatskim kao i sam let. Nikada ne preskočite čekove zbog vremenskog pritiska ili preteranog samopouzdanja.

Greška 6: Panični odgovor na probleme:

Kada se dogodi nešto neočekivano (iznenadni nalet vetra, gubitak orijentacije, upozorenje o niskoj bateriji), početnici često paničare i prave nagle, neprikladne kontrolne ulaze ili se potpuno zamrzavaju.

Ispravka: Vežbajte hitne procedure u simulatorima i u sigurnim scenarijima. Razvijte automatske odgovore na uobičajene probleme. Na primer, ako je dezorijentisan, podrazumevani odgovor bi trebalo da bude "zaustavi sve bočno kretanje i penjanje", a ne slučajne kontrolne ulaze. Mentalna priprema i praksa scenarija smanjuju reakcije panike.

Uobičajene početničke greške i ispravke

Greška 7: Nedosledna praksa:

Sporadični treninzi sa nedeljama između letova otežavaju zadržavanje veština i prisiljavaju na stalno učenje osnova.

Ispravka: Uspostavite redovni raspored treninga. Čak i kratke, česte sesije (20 minuta tri puta nedeljno) su efikasnije od povremenih dugih sesija.



Osnovni manevri letenja - tehnički kvar

Ovladavanje osnovnim obrascima letenja

Specifični letački manevri čine osnovu kompetentnog pilotiranja. Svaki manevar cilja na određene aspekte kinestetičke veštine i treba ga praktikovati sistematski.

Manevar 1: Stabilno lebdenje

Fokus veštine: Fina kontrola, minimalni ulazi, glatke korekcije

Opis: Održavati položaj na fiksnoj visini (KSNUMKS-KSNUMKS metara) i lokaciji za KSNUMKS-KSNUMKS minuta sa minimalnim drift.

Tehnika: Centrirajte sve štapove na neutralno. Napravite sitne korekcije samo kada drift prelazi 1 metar. Fokusirajte se na glatko upravljanje gasom kako biste sprečili oscilacije nadmorske visine. U vetrovitim uslovima, ovo zahteva kontinuirana manja podešavanja kako bi se suprotstavila vetru.

Uobičajene greške: Prekomerno ispravljanje, omogućavajući dosledan drift u jednom pravcu, nadmorska visina bobbing.

Progresija: Kada savladate u mirnim uslovima, vežbajte na slabom vetru (5-10 km / h), a zatim umerenom vetru (10-15 km / h)

Osnovni manevri letenja - tehnički kvar

Manevar 2: pravougaonik uzorak

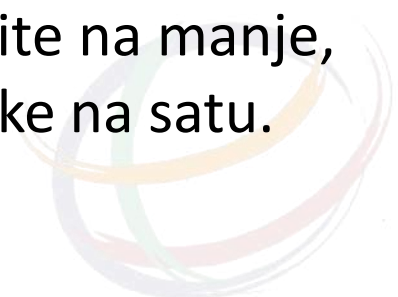
Fokus veštine: Pravolinijski let, zavoji od 90 stepeni, održavanje visine

Opis: Leti pravougaoni obrazac na konstantnoj visini i brzini, sa različitim pravim stranama i oštrim uglu skretanja.

Tehnika: Uspostaviti napred let duž jedne strane, održavati pravu liniju i konstantnu visinu. Na uglu, smanjite brzinu, izvršite skretanje od 90 stepeni, uspostavite let duž sledeće strane. Popunite pravougaonik nazad na početnu tačku.

Uobičajene greške: Zaobljeni uglovi, gubitak visine tokom skretanja, nedosledne dužine strane, pluta unutra ili spolja od obrasca.

Progresija: Počnite sa velikim pravougaonikom (20x30 metara), a zatim pređite na manje, preciznije obrasce. Vežbajte i smeru kazaljke na satu i suprotno smeru kazaljke na satu.



Osnovni manevri letenja - tehnički kvar

Manevar 3: Kružna orbita

Fokus veštine: Koordinirano skretanje i kotrljanje, konstantni radijus skretanja, prostorna svest

opis: Leti kružni obrazac oko centralne tačke na konstantnoj visini i radijusu.

Tehnika: Ovo zahteva kontinuirani koordinirani unos rolne (da bi se održao kružni put) i skretanje (da bi avion orijentisan duž putanje leta). Gas mora da se podesi, jer bankirani let gubi vertikalni potisak komponentu. Avion treba da održava konstantnu udaljenost od centralne tačke i kompletne glatke, okrugle krugove.

Uobičajene greške: Eliptični nego kružni put, gubitak visine tokom skretanja, nedosledan radijus, loša koordinacija skretanja izaziva aviona da drift tangencijalno.

Progresija: Počnite sa velikim, sporim orbitama (radijus od 15 metara). Napredak u manjem radijusu i orbitama veće brzine. Vežbajte u oba smera. Napredna verzija: orbita držeći kameru usmerenu na centralnom objektu.



Osnovni manevri letenja - tehnički kvar

Manevar 4: Figura-8 obrazac

Fokus veštine: Kontinuirano okretanje, preokret pravca, upravljanje orijentacijom

Opis: Leti horizontalna figura-8 obrazac na konstantnoj visini, sa dva kruga sastati na centralnom crossover tačke.

Tehnika: Ovaj manevar kombinuje dve suprotstavljene kružne staze. Izazov je glatka tranzicija na tački skretanja gde se smer skretanja obrne. Zahteva odličnu koordinaciju skretanja i upravljanje visinom tokom kontinuiranih skretanja.

Uobičajene greške: Ravna tačka na crossoveru, a ne glatke tranzicije, nekonzistentne veličine kruga, varijacije nadmorske visine, gubitak orijentacije obrazac.

Progresija: Počnite sa velikim, nežnim figurama-8s. Napredak ka čvršćim, bržim obrascima. Vežbajte sa različitim orijentacijama u odnosu na položaj pilota.



Osnovni manevri letenja - tehnički kvar

Manevar 5: Kontrolisani uspon i spuštanje

Skill Focus: Glatko upravljanje gasom, visina svest

opis: Popnite se sa nivoa tla na 10 metara nadmorske visine, održava lebdenje, a zatim se spustite nazad na sletanje, sve u konstantnom horizontalnom položaju.

Tehnika: Nanesite glatku, doslednu gas ulaz da se popne na stalnom brzinom (oko 1 metar u sekundi). Izbegavajte brz ili trzajan uspon. Na ciljnoj visini, smanjite gas da održi poziciju. Za spuštanje, glatko smanjite gas, kontrolišući brzinu spuštanja. Izazov je sprečavanje horizontalnog drifta tokom vertikalnog kretanja - ovo zahteva kompenzaciju za vetar i žiroskopske efekte.

Uobičajene greške: Brz, nekontrolisan uspon, horizontalni drift tokom uspona / spuštanja, poskakivanje pri sletanju, nedosledna vertikalna brzina.

Progresija: Prvo vežbajte u mirnim uslovima. Unapred za kontrolu precizne brzine spuštanja (0,5 m / s) i izvršavanje kontrolisanog spuštanja do preciznih tačaka sletanja.



Napredni manevri i tehnike

Napredovanje izvan osnovnih veština letenja

Kada učenici savladaju osnovne manevre, oni mogu napredovati do naprednih tehnika koje zahtevaju rafinirane kinestetičke veštine i veće samopouzdanje. Ovi manevri su od suštinskog značaja za specijalizovane aplikacije kao što su trke, slobodni stil ili profesionalna kinematografija.

Napredni manevar 1: Flip / Roll

Opis: Brza rotacija od 360 stepeni oko ose rolne ili terena, često se koristi u slobodnom stilu letenja.

Tehnika: Od stabilnog napred leta, primenjuju punu rolnu ili pitch štap ulaz brzo dok upravlja gas kako bi se sprečilo gubitak visine. Avion završava punu rotaciju i vraća se u kontrolisani let. Ovo zahteva odličnu prostornu svest i sposobnost da se brzo oporavi orijentaciju.

Bezbednosno razmatranje:

Vežbajte samo na dovoljnoj nadmorskoj visini (minimalno 10 metara) i na otvorenim površinama.

Kinestetičke veštine: Brzi kontrolni ulazi, oporavak orijentacije, koordinacija gasa-stav,



Napredni manevri i tehnike

Napredni manevar 2: Pover Loop

Opis: Vertikalna petlja u kojoj avion održava snagu i završava punu kružnu putanju u vertikalnoj ravni.

Tehnika: Od napred leta, primenjuju punu napred teren uz povećanje gasa. Avion se penje vertikalno, nastavlja preko vrha petlje obrnuto, spušta se na zadnjoj strani i završava petlju vraćajući se na nivo leta. Zahteva precizno upravljanje gasom tokom cele - snaga mora da se smanji na vrhu petlje i poveća na spuštanju da bi se održao konstantan radijus.

Kinestetičke veštine: Dinamička kontrola gasa, 3D prostorna svest, glatka koordinacija štap kroz stalno menja orijentaciju.



Napredni manevri i tehnike

Napredni manevar KSNUMKS: Precizno navojno rezanje praznina

opis: Leti kroz uske otvore ili između prepreka sa minimalnim zazorom.

Tehnika: Pristupite jaz usklađen sa njegovom orijentacijom, smanjite brzinu dok se približavate, održavajte stalnu visinu i smjer, provucite kroz jaz i ubrzajte. Ovo zahteva odličnu percepciju dubine i samopouzdanje da se održi kurs čak i kada se čini da se jaz vizuelno smanjuje.

Kinestetičke veštine: Precizna kontrola nadmorske visine i smjera, percepcija dubine, sposobnost održavanja glatkih ulaza pod pritiskom.



Napredni manevri i tehnike

Napredni manevar 4: FPV trkačke tehnike

Opis: Velike brzine leta kroz složene kurseve kapije koji zahtevaju brze promene pravca i podešavanja visine.

Tehnika: Trke kombinuje agresivne manevre sa preciznim navojem kapije. Piloti moraju planirati trkačku liniju kroz svaku sekciju, izvršavajući oštre banke, brze uspone i ronjenja, i poravnanje kapije u deliću sekunde. Uspeh zahteva gledanje unapred da se planiraju naredne dve ili tri kapije dok izvršava trenutni manevar.

Kinestetičke veštine: Kontrola velike brzine, brza vizuelna obrada, prediktivno planiranje, oporavak od grešaka bez gubitka zamaha.



Napredni manevri i tehnike

Napredni manevar 5: Glatki snimci praćenja (kinematografija)

Opis: Nakon pokretni predmet uz održavanje glatkog kretanja kamere i dosledno kadriranje.

Tehnika: Ovo zahteva podelu pažnje između kontrole leta i sastava. Pilot mora da odgovara brzini i pravcu subjekta dok podešava visinu i rastojanje da održi željeni kadriranje. Svi pokreti moraju biti glatki - trzavi kontrolni ulazi stvaraju neupotrebljive snimke. Često zahteva letenje bočno ili unazad dok gledate FPV feed.

Kinestetičke veštine: Ultra-glatki kontrolni ulazi, multitasking pažnja, prediktivno kretanje predmeta, estetska procena u kombinaciji sa tehničkim letenjem.



Napredni manevri i tehnike

Napomene o bezbednosti i progresiji:

Napredne manevre treba pokušati samo nakon savladavanja svih osnovnih manevara. Vežbajte nove napredne tehnike na velikoj nadmorskoj visini sa dosta bezbednosne margine. Simulator praksa se preporučuje pre pokušaja naprednih manevara sa pravim avionima. Uvek letite u ličnim granicama i nikada ne dozvolite da vas pritisak vršnjaka ili ego gurne izvan vašeg trenutnog nivoa veštine. Napredno letenje nosi veći rizik - pravilno osiguranje i poštovanje svih propisa je od suštinskog značaja.

Specijalizovana obuka:

Studenti zainteresovani za specifične aplikacije (trke, slobodni stil, kinematografija) treba da traže specijalizovanu obuku i mentorstvo od stručnjaka u tim oblastima nakon uspostavljanja solidnih osnovnih veština.



Praktična vežba 1 - Trening za početnike

Strukturirana KSNUMKS-minutna praksa za nove pilote

Ova vežba obezbeđuje kompletan, strukturiran trening pogodan za studente u svojim prvim KSNUMKS-KSNUMKS sati leta. Instruktori mogu koristiti ovo kao predložak, a učenici ga mogu pratiti za samostalnu praksu.

Ciljevi sesije:

- Razviti glatke, kontrolisane poletanja i sletanja
- Izgradite stabilnost lebdenja i kontrolu nadmorske visine
- Vežbajte osnovne translacijske pokrete
- Počnite integrisati više kontrolnih osa

Pre leta (10 minuta):

KSNUMKS. Inspekcija opreme: Proverite avion za oštećenja, obezbedite sve komponente, proverite napunjenost baterije (minimalno KSNUMKS%), proverite bateriju predajnika.

2. Procena lokacije: Prošetajte područjem za obuku, identifikujte sve opasnosti (nadzemne žice, jarci, ljudi), uspostavite jasne granice, proverite uslove vetra (treba da bude ispod 12 km / h za početnike).

Praktična vežba 1 - Trening za početnike

3. Mentalna priprema: Pregledajte ciljeve sesije, vizualizujte uspješne performanse, uspostavite miran, fokusiran način razmišljanja.
4. Kontrolna lista pre leta: Proverite GPS zaključavanje (ako je primenljivo), proverite kalibraciju kompasa, proverite ispravan režim leta, testirajte sve kontrolne površine / odziv motora na zemlji, potvrdite bezbedna podešavanja.

Bušilica 1: Poletanje i sletanje (10 minuta, 8-10 ponavljanja):

- Startna pozicija: predajnik u ruci, avion na zemlji KSNUMKS metara ispred pilota
- Izvršenje: Glatko povećati gas da se podigne, porasti na visini od 1 metra, držite stabilan lebdi za 5 sekundi, glatko smanjiti gas na zemljište
- Fokusne tačke: Glatki ulazi gasa, održavanje nivoa stav tokom tranzicije, blagi touchdown
- Kriterijumi uspeha: Nema naglih pokreta, nema značajnog horizontalnog drifta (manje od 1 metra), kontrolisano sletanje bez odskoka
- Odmor između ponavljanja: 30 sekundi



Praktična vežba 1 - Trening za početnike

Bušilica 2: Visina Držite i lebdite (5 minuta, 2-3 ponavljanja):

- Startna pozicija: Poletite na visinu od 2 metra
- Izvršenje: Održavajte stabilno lebdenje na fiksnoj visini i položaju za KSNUMKS-KSNUMKS sekundi
- Fokusne tačke: Minimalni kontrolni ulazi, glatke korekcije kada drift prelazi KSNUMKS metara, konzistentna nadmorska visina
- Kriterijumi uspeha: Ostanite u radijusu od 1 metra od početne pozicije, varijacija visine manja od 0,5 metara, glatke kontrolne pokrete
- Ako je uspešan rano, produži trajanje na 3 minuta

Bušilica KSNUMKS: Prevod napred i nazad (KSNUMKS minuta):

- Početna pozicija: Stabilno lebdenje na visini od 2 metra
- Izvršenje: Pitch napred glatko, putuju 5 metara napred, vratite teren na neutralan i zaustavite. Pauza.



Praktična vežba 1 - Trening za početnike

Pitch unazad glatko, vratite se u početnu poziciju, vratite teren u neutralno.

- Ponavljanja: 5 ciklusa napred / nazad
- Fokusne tačke: Glatko pokretanje pokreta, pravolinijsko putovanje, kontrolisano zaustavljanje, održavanje nadmorske visine
- Kriterijumi uspeha: Pravolinijska staza (odstupanje manje od 1 metra), konzistentna nadmorska visina, glatka zaustavljanja bez oscilacija
- Napredak na udaljenosti od 10 metara ako se savladaju rastojanja od 5 metara

Bušilica 4: Bočni prevod (10 minuta):

- Slično Drill 3, ali koristeći kontrolu rolne za levo / desno kretanje
- Početna pozicija: Stabilno lebdenje na visini od 2 metra
- Izvršenje: Roll desno, putuju 5 metara desno, vratite se u neutralni i zaustavite. Pauza. Roll levo, vratite se u početnu poziciju.
- Ponavljanja: 5 desno / levo ciklusa
- Iste tačke fokusa i kriterijumi uspeha kao Drill 3



Praktična vežba 1 - Trening za početnike

Posle leta (5 minuta):

- KSNUMKS. Inspekcija aviona: Proverite da li ima oštećenja ili labavih komponenti nakon leta
- 2. Briga o bateriji: Pravilno skladištite ili puniti baterije u skladu sa smernicama proizvođača
- 3. Samoprocena: Mentalno pregledajte sesiju – šta je dobro prošlo, šta treba poboljšati
- 4. Prijavite sesiju: Snimanje vreme leta, uslovi, vežbe izvršene, i napredak beleške
- 5. Planirajte sledeću sesiju: Identifikujte specifične oblasti fokusa za sledeću sesiju



Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

Strukturirana KSNUMKS-minutna praksa za razvoj pilota

Ova vežba je namenjena studentima sa KSNUMKS-KSNUMKS sati leta koji su savladali osnovne lebdeće i translacijske pokrete i spremni su da razviju integrisanu kontrolu više osi i složenije manevre.

Ciljevi sesije:

- Poboljšajte koordinaciju više osi
- Razviti glatke, kontinuirane putanje leta
- Izgradite poverenje u obrascu letenja
- Poboljšati prostornu svest i orijentaciju

Zagrevanje (10 minuta):

Započnite svaku sesiju sa pregledom osnovnih veština - ovo služi i kao zagrevanje i održavanje veština:

1. Tri ciklusa poletanja i sletanja
2. Dvominutno stabilno lebdenje



Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

3. Prevođenje napred / nazad na udaljenosti od 10 metara (3 ponavljanja)

4. Bočni prevod na udaljenosti od 10 metara (3 ponavljanja)

Ovo zagrevanje treba da se oseća prijatno i samopouzđano. Ako se osnovne veštine osećaju zadržalo, provedite dodatno vreme na osnovama, a ne da nastavite sa naprednim radom.

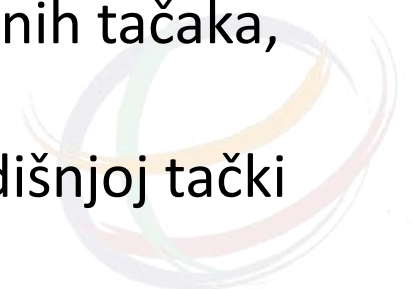
Bušilica 1: Letenje pravougaonika (15 minuta):

- Podešavanje: Vizuelno označite ili zamislite pravougaonik oko 15 metara k 25 metara
- Izvršenje: Leti kompletne pravougaone kola na visini od 3 metra, održavajući ravne strane i izvršavanje oštarih 90 stepeni skretanja na uglovima
- Ponavljanja: 5 kompletnih pravougaonika (3 smeru kazaljke na satu, 2 u smeru suprotnom od kazaljke na satu)
- Fokusne tačke: Pravolinijski let sa strane, oštri zavoji (ne zaobljeni), konzistentna visina u celini, konzistentna brzina sa svake strane
- Kriterijumi uspeha: Strane su ravne (odstupanje manje od 2 metra), uglovi su oko 90 stepeni, varijacija visine manja od 1 metra, obrazac je konzistentan između ponavljanja
- Izazov varijacija: Nakon savladavanja osnovnih pravougaonika, menjajte nadmorsku visinu

Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

Bušilica 2: Kružna orbita praksa (15 minuta):

- Podešavanje: Postavite vidljivi marker (konus, torba, osoba) kao središnja tačka
- Izvršenje: Orbita oko središnje tačke u konstantnom radijusu (10 metara) i nadmorskoj visini (4 metra), održavajući glatku kružnu putanju
- Ponavljanja: 4 kompletne orbite u smeru kazaljke na satu, 4 kompletne orbite u smeru suprotnom od kazaljke na satu
- Fokusne tačke: Konstantan radijus od centralne tačke, glatka kružna putanja (ne eliptična ili poligonalna), skretanje aviona koordinirano sa pravcem orbite (avion tačke duž putanje leta), konzistentna visina
- Kriterijumi uspeha: Varijacija radijusa manja od 2 metra, glatka staza bez ravnih tačaka, varijacija nadmorske visine manja od 1 metra
- Varijacija izazova: "Nos-u" orbite gde je skretanje aviona orijentisano ka središnjoj tački tokom orbite (napredno - zahteva suprotnu koordinaciju skretanja)



Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

Bušilica 3: Slika 8 Uzorak letenja (15 minuta):

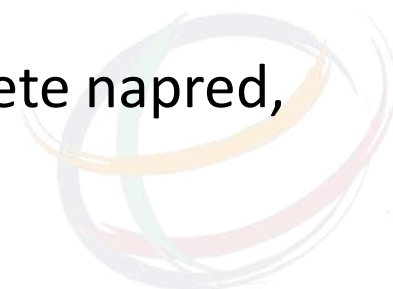
- Podešavanje: Zamislite ili označite dva kruga jedan pored drugog, svaki prečnika oko 8 metara
- Izvršenje: Leti kontinuirano figura-8 obrazac na visini od 4 metra, sa glatkim prelazima na tački ukrštanja
- Ponavljanja: 5 kompletnih figura-8 obrazaca, različite orijentacije
- Fokusne tačke: Glatki, okrugli krugovi (ne šiljasti ili kvadratni), glatka prelazna prelaz, konzistentna visina u celini, koordinacija skretanja kroz promene pravca
- Kriterijumi uspeha: Prepoznatljiva figura-8 oblik, konzistentne veličine kruga, bez ravnih tačaka ili oklevanja na prelazu, varijacija visine manja od 1 metra
- Izazov varijacija: Promenite veličinu dva kruga ili nadmorsku visinu između dva kruga da biste povećali složenost



Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

Bušilica 4: Kontrolisane promene visine (10 minuta):

- Izvršenje: Od lebdenja na 2 metra, glatko se popnite na 8 metara (kontrolisana brzina uspona $\sim 1 \text{ m / s}$), održavajte lebdenje 10 sekundi, spustite se glatko nazad na 2 metra (kontrolisana brzina spuštanja $\sim 0,5 \text{ m / s}$)
- Ponavljanja: 5 kompletnih ciklusa penjanja / spuštanja
- Fokusne tačke: Konzistentna vertikalna brzina (ne ubrzava ili usporava), nema horizontalnog drifta tokom vertikalnog kretanja, glatki prelazi između penjanja i lebdenja, glatko sletanje
- Kriterijumi uspeha: Horizontalni položaj drift manji od 2 metra tokom celog ciklusa uspona / spuštanja, glatke prelaze bez naglih promena kontrole
- Varijacija izazova: Kombinujte sa bočnim kretanjem - penjite se dok se krećete napred, spuštajte se dok se krećete unazad



Praktična vežba 2 - Trening napredovanja na sredini

Praksa hlađenja i preciznosti (5 minuta):

- Podesite određenu metu za sletanje (označen krug prečnika 1 metar)
- Od lebdenja na KSNUMKS metara, izvrši kontrolisano spuštanje i zemljište unutar ciljnog kruga
- Ponavljanja: 3-5 preciznih sletanja
- Ovo razvija finu kontrolu i završava sesiju sa zadovoljavajućim konkretnim ciljem

Pregled i planiranje posle leta (5 minuta):

1. Nega i inspekcija opreme
 2. Detaljna samoprocena: Stopa performanse na svakoj vežbi (1-5 skala), identifikuju specifične oblasti koje treba poboljšati
- KSNUMKS. Video pregled: Ako je let snimljen, pregledajte snimke kako biste identifikovali tehničke probleme koji nisu primećeni tokom leta
4. Prijavite detalje sesije i napredak

Bezbednosna razmatranja i upravljanje rizicima

Zaštita ljudi, imovine i opreme tokom letačke obuke

Bezbednost mora biti najvažnije razmatranje u svim aktivnostima obuke letenja. Razvijanje kinestetičkih veština je važno, ali nikada na štetu bezbednosti. Razumevanje i upravljanje rizicima je samo po sebi kritična veština koju učenici moraju razviti zajedno sa svojim letećim sposobnostima.

Lična bezbednost - pilot:

Piloti moraju održavati ličnu bezbednost tokom operacija. Uvek održavajte bezbedno rastojanje od aviona (minimalno 3 metra tokom poletanja i sletanja). Budite svesni okoline - ne vraćajte se u prepreke ili opasnosti od putovanja dok održavate vizuelni kontakt sa avionom. U sunčanim uslovima, koristite odgovarajuću zaštitu za oči kako biste sprečili oštećenje vida kada gledate u nebo. Nikada ne letite kada ste umorni, oštećeni supstancama ili emocionalno uznemireni - ovi uslovi ozbiljno narušavaju procenu i vreme reakcije.

Bezbednosna razmatranja i upravljanje rizicima

Javna bezbednost - posmatrači i imovina:

Piloti bespilotnih letelica imaju apsolutnu odgovornost za javnu bezbednost. Izaberite lokacije za obuku daleko od ljudi - najmanje 50 metara od bilo koga ko nije uključen u operaciju, idealno 150+ metara. Nikada ne letite iznad ljudi, vozila ili imovine, osim ako nisu posebno ovlašćeni i obučeni za takve operacije. Budite posebno oprezni zbog neočekivanih upada u područje leta - ljudi, psi ili vozila mogu ući u područje bez upozorenja. Uspostaviti bezbednosni perimetar i razmotriti korišćenje osmatrača za dodatnu svest.

Održavajte nadmorsku visinu na ili ispod 120 metara (400 stopa) u skladu sa većinom propisa.

Bezbednost opreme:

Sami dronovi mogu biti opasni. Rotirajući propeleri izazivaju ozbiljne posekotine - nikada se ne približavajte rotirajućim propelerima, uvek se razoružajte pre nego što se približite avionu nakon sletanja. Litijumske baterije predstavljaju opasnost od požara ako su oštećene ili nepravilno napunjene - uvek pratite odgovarajuće procedure punjenja i skladištenja baterija, koristite LiPo vrećice za punjenje, nikada ne ostavljajte baterije koje se pune bez nadzora. Pregledajte opremu pre svakog leta - labave komponente, oštećeni okviri ili pohabane žice moraju se popraviti pre leta. Nosite odgovarajuću opremu za zaštitu od požara prilikom rada

Bezbednosna razmatranja i upravljanje rizicima

Ekološka svest:

Vremenski uslovi dramatično utiču na bezbednost leta i često su potcenjeni od strane početnika. Brzine vetra iznad 15 km / h čine trening teškim i opasnim za početnike. Kiša, sneg, ili visoka vlažnost može oštetiti elektroniku ili uticati na kontrolu leta. Hladne temperature smanjuju kapacitet baterije i vreme leta. Visoke temperature mogu izazvati pregrevanje elektronike. Uvek proverite vremensku prognozu pre letenja sesija i budite spremni da odložite ako su uslovi nepovoljni. Budite svesni elektromagnetnih smetnji - visokonaponski dalekovodi, radio tornjevi, a neke zgrade mogu ometati kontrolne signale ili GPS.

Usklađenost sa propisima:

Upravljanje bespilotnim letjelicama legalno je i sigurnosno pitanje i zakonska obaveza. Studenti moraju biti upoznati sa lokalnim propisima, uključujući: uslove za registraciju, zahteve za sertifikaciju pilota ili obuku, ograničenja vazdušnog prostora (aerodromi, vojne baze, osetljive instalacije), ograničenja nadmorske visine, zahteve vizuelne linije vida i zakone o privatnosti. U EU, Uredba (EU) 2019/947 uspostavlja okvir za operacije bespilotnih letelica. Na Kosovu i drugim jurisdikcijama mogu se primenjivati lokalni zakoni. Kršenja mogu dovesti do značajnih kazni i ugroziti buduće legitimne operacije.

Bezbednosna razmatranja i upravljanje rizicima

Hitne procedure:

Uprkos najboljim merama predostrožnosti, javljaju se vanredni slučajevi. Piloti moraju da se obučavaju za hitne reakcije:

- Gubitak orijentacije: Ako ste dezorijentisani, zaustavite sve bočne pokrete (centrirajte sve kontrolne palice osim gasa), popnite se na sigurnu visinu, mirno procenite situaciju.
- Upozorenje o niskoj bateriji: Odmah počnite da se vraćate u područje sletanja, postepeno smanjite visinu, pripremite se za prinudno sletanje ako je potrebno.
- Gubitak kontrolnog signala: Većina modernih bespilotnih letelica ima funkcije za automatski povratak kući ili sletanje - uverite se da su pravilno konfigurisane pre leta.
- Fliavai: Ako avion počne nekontrolisani let, pokušajte da povratite kontrolu. Ako ne uspe, dozvolite da se uključi. Ne jurite avion van kontrole.
- Predstojeći sudar: Ako je sudar neizbežan, smanjite gas kako biste smanjili energiju udara. Nakon svakog sudara, odmah razoružajte motore.



Bezbednosna razmatranja i upravljanje rizicima

Okvir za procenu rizika:

Pre svakog leta, sprovedi kratku procenu rizika:

1. Životna sredina: Bilo kakve opasnosti prisutne (ljudi, žice, prepreke)?
2. Vreme: Uslovi u okviru sigurnih parametara?
3. Oprema: Avion i kontroler funkcionišu ispravno?
4. Pilot: Da li sam u ispravnom stanju da leti (odmoran, fokusiran, ne oštećen)?
5. Misija: Da li je ovaj let u okviru mog trenutnog nivoa veštine?

Ako bilo koji faktor izaziva zabrinutost, nemojte letjeti ili modifikovati planove za ublažavanje rizika.

Učenje iz incidenata:

Kada dođe do incidenata (nesreće, skoro promašaji, kvarovi opreme), tretirajte ih kao mogućnosti učenja.

Analizirajte šta se dogodilo, zašto se to dogodilo i kako sprečiti ponavljanje. Održavajte dnevnik incidenata kao deo evidencije leta. Delite naučene lekcije sa vršnjacima i instruktorima za obuku.

Pitanja & Odgovori

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them."

Network of centers for regional short study programs in the countries of the Western

Balkans Call: ERASMUS-EDU-2023-CBHE

Project number: 101128813