

UNMANNED AERIAL VEHICLE PILOT TRAINING

VÝCVIK PILOTOV BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV

Nikola Sklaličanová

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
nikolaskalicanova@gmail.com

Branislav Kandra

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Abstract

The paper titled "Unmanned aerial vehicle pilot training" is focused on the analysis of unmanned aerial vehicle pilot training and the importance of using an unmanned flight simulator during the practical training of unmanned aerial vehicle pilots. For the realization of the paper, we used a device that served to measure the mental workload of unmanned aerial vehicle pilots during simulated and practical flight. Our experiment involved 5 unmanned aerial vehicle pilots in training who had zero or minimal flying experience. The aim of this work was to investigate to what extent mental workload acts on UAV pilots during simulated and practical flights. The measurements and their analysis showed that a much greater load is exerted on the pilots of unmanned aerial vehicles during practical flight. Through a primary experiment of already experienced pilots, we concluded that the majority of respondents would welcome the opportunity to use an unmanned flight simulator during their training. The paper concludes with a summary of the individual measurement results, graphical representations of the respondents' answers, as well as an implementation design that could be applied to the training of UAV pilots.

Keywords

unmanned aerial vehicles, pilot training, mental load, unmanned simulator

1. Úvod

V teoretických častiach sú vysvetlené základne charakteristiky danej problematiky, venujeme sa analýze výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov v rámci Slovenskej republiky a porovnávame ho s výcvikom pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorý je v súlade s novou Európskou legislatívou. Dôležitú časť práce zastupuje práve mentálna záťaž, ktorá pôsobí na pilotov bezpilotných prostriedkov počas praktického výcviku. Prostredníctvom praktickej časti poukazujeme na dôležitosť využitia bezpilotného letového simulátora pri výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorý by mohol eliminovať mentálnu záťaž pilotov bezpilotných prostriedkov počas ich výcviku.

Hlavným cieľom je vytvorenie návrhu, ktorý by pomohol zlepšiť kvalitu letového výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov na Katedre leteckej dopravy na Žilinskej univerzite v Žiline a bol by užitočným materiálom pre predmet prevádzka bezpilotných prostriedkov.

2. Zjednotenie Európskych pravidiel pre bezpilotné lietadlá

Nová Európska legislatíva je s účinnosťou od januára 2021. Avšak Slovensko nespĺnilo 2 základné úlohy. Delegované nariadenie komisie (EÚ) 2019/945 „Hovorí o stanovení požiadaviek na projektovanie a výrobu bezpilotných leteckých systémov, ktoré sú určené na prevádzku podľa pravidiel a podmienok, ktoré sú vysvetlené vo vykonávacom nariadení (EÚ) 2019/947 a modulov na diaľkovú identifikáciu. Vymedzuje sa v ňom typ bezpilotných leteckých systémov, ktorých výroba, projektovanie a údržba budú predmetom osvedčovania.

Prostredníctvom nariadenia sa stanovujú aj pravidla pre prevádzkovateľov UAS z tretích krajín, keď prevádzkujú UAS podľa vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2019/947 vo vzdušnom priestore jednotného európskeho neba“ [1]. Od 01.01.2021 Slovensko začalo uplatňovať vykonávacie nariadenie Komisie EÚ č. 2019/947. Nariadenie zjednocuje pravidlá používania bezpilotných leteckých prostriedkov v krajinách Európskej únie. Pre niektoré členské štáty EÚ existujú výnimky, ktoré si môžu samostatne upraviť. Jednou z výnimiek, ktoré si členské štáty uplatňujú, je minimálny vek pre lietanie bezpilotných leteckých prostriedkov alebo pravidiel lietania v riadenom vzdušnom priestore s bezpilotným lietadlom. V súlade s nariadením, je možné vykonávať lety nad 120 metrov, prepravu nákladu za pomoci bezpilotného lietadla, ako aj lety, ktoré sú mimo priamej vzdialenosti bezpilotného lietadla a pilota. Pokiaľ budú zjednotené pravidla pre používanie bezpilotných leteckých prostriedkov v rámci Európskej únie, môže to ovplyvniť a rozšíriť trh so službami poskytovanými pomocou bezpilotných lietadiel [1] [2].

2.1. Teoretický a praktický výcvik v súlade s Európskou legislatívou

Skúška teoretických vedomostí pilota pre STS-01, STS-02 sa skladá minimálne zo 40 testových otázok, kde budú mať uchádzači na výber z viacerých možností, pričom je len jedna možnosť správna. K úspešnému absolvovaniu testu je potreba 30 správnych odpovedí. Časový limit na test je 60 minút, avšak podľa skúseností, Úrad pro civilní letectví informuje, že by samotné vypracovanie testu malo trvať približne polovicu času, záleží od skúseností a prípravy každého pilota. Hlavným cieľom teoretických skúšok je posúdenie technických vedomostí pilota,

ktorý ovláda bezpilotné lietadlo, ako aj prevádzkové spôsoby zmiernenia rizika. Pre úspešné absolvovanie skúšky je potrebné, aby uchádzači dosiahli vo všetkých predmetoch minimálne 75%. Skúšky sa skladajú z nasledujúcich predmetov:

- letecké predpisy,
- obmedzenia ľudskej výkonnosti,
- prevádzkové postupy,
- technické a prevádzkové spôsoby rizika na zemi,
- všeobecné vedomosti o bezpilotných prostriedkoch,
- meteorológia,
- letové charakteristiky bezpilotných prostriedkov,
- technické a prevádzkové spôsoby zmiernenia rizika vo vzduchu [3].

Praktický výcvik, ako aj jeho hodnotenie sa skladá z nasledujúcich predmetov:

- predletová príprava,
- letové postupy,
- poletové činnosti [3].

2.2. Teoretický a praktický výcvik v rámci Slovenskej republiky

Teoretické vedomosti sú hlavnou časťou pre získanie preukazu pilota UAV. Skúšky sa vykonávajú vo vopred stanovených termínoch na Dopravnom úrade. Skúšku je možné absolvovať v slovenskom jazyku, ktorá sa podľa rozhodnutia č.2/2019 skladá z nasledujúcich predmetov:

- letecké právo a postupy riadenia letovej prevádzky,
- všeobecné vedomosti o lietadle,
- letové výkony lietadla a plánovanie letov,
- meteorológia,
- prevádzkové postupy,
- základy letu,
- komunikácia [4].

Preskúšanie sa skladá zo 100 testových otázok, pričom v každej otázke sú uvedené tri odpovede, z ktorých je iba jedna možnosť správna. Celkový čas na vyplnenie testu je 90 minút. Pre úspešné absolvovanie skúšky je potrebné, aby uchádzači dosiahli vo všetkých predmetoch minimálne 75%. V prípade, ak uchádzač nedosiahne z jedného alebo viacerých predmetov minimálne považované percento, bude hodnotený ako neprospeš. Z predmetov, z ktorých uchádzač nedosiahol minimálne považované percento, je potrebné opakovanie teoretickej skúšky. Nasledujúci pokus je možné uskutočniť po doručení záväznej prihlášky (F182-B) v termínoch, ktoré budú následne zverejnené [4].

Po úspešnom absolvovaní skúšok na Dopravnom úrade, je potrebné absolvovať aj praktickú časť skúšky, ktorá je vykonávaná s inšpektorom Dopravného úradu. Praktická skúška sa vykonáva podľa pokynov inšpektora na dohodnutom mieste a čase. Skúška sa zameriava na orientáciu vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky, praktickú znalosť pravidiel lietania v konkrétnej lokalite s používaním leteckej mapy ICAO a ovládania bezpilotného lietadla počas letu. Na praktickej skúške je potrebný doklad o evidencii lietadla v prípade, ak účastník nie je vlastníkom lietadla, je potrebný doklad preukazujúci užívacie právo k lietadlu, to znamená zmluvu o prenájme, pôžičke alebo inú zmluvu, ktorá bola v takomto prípade uzatvorená. Praktické skúšky sa konajú na Letisku Štefana Baniča v Boleráze alebo na Letisku Nitra Janíkovce [4].

3. Mentálna záťaž a stres

Termín stres vo všeobecnosti znamená zmenu psychickej záťaže a vznikne pri pôsobení rušivého faktora na daného človeka. Môžeme povedať, že organizmus vyvoláva reakciu, ktorú nie je možné špecifikovať na akúkoľvek záťaž. Taktiež stresom môžeme nazvať situácie, pri ktorých cítime napätie, rôzne emočné situácie alebo psychické reakcie. Veľmi zaujímavé je pozorovať, ako jednotlivci reagujú na rôzne stresové situácie. Zatiaľ čo sa niektorí ľudia dostanú veľmi rýchlo do stavu stresu, iní ľudia stres nebudú pociťovať rovnako, čo znamená, že budú voči stresu odolnejší. Pokiaľ bude človek vystavený takej istej stresovej podmienke, avšak pôjde o rozličné okolnosti, nemusí sa dostať do stresového stavu, tu môžeme poukázať na to, že ľudia budú reagovať na stres rôzne a bude to predchádzať aj situáciám, v ktorých sa momentálne nachádzajú. Správanie, ktoré napokon stres vyvolá, môže byť rôzne závisí a to najmä od situácie, v ktorej sa práve človek nachádza. Prejavom stresu môže byť úzkosť, tréma, strach dokonca aj hnev. Stresom môžeme taktiež rozumieť záťaž, ktorá pochádza z vonkajšieho alebo vnútorného prostredia a môže narušovať rovnováhu organizmu a prostredia [5].

3.1. Yerkes – Dodsonov zákon

Yerkes-Dodsonov model vyjadruje vzťah medzi stresom a úlohou, ktorú momentálne vykonávame. Je všeobecne dokázané, že ak chceme dosiahnuť maximálnu úroveň výkonu, je potrebná stredná úroveň stresu. Pokiaľ by bol stres príliš nízky a naopak príliš vysoký, môže to zapríčiniť horší výkon jednotlivca. Najlepším príkladom spomínaného zákona je stres, ktorému sme vystavený počas skúšky. Ak je úroveň stresu v optimálnej rovnováhe, zapamätaním si správnych odpovedí na otázku zistíme, že sme výkonnejší. Ak však prežívame nadmerný stres, namiesto toho pociťme nadmernú úzkosť, ktorá môže sťažiť schopnosť zapamätať si informácie. Yerkes-Dodsonovu krivku možno znázorniť ako obrátené písmeno U [6].

Nízka úroveň stresu

V počiatočnej fáze U krivky je nízka úroveň stresu, resp. motivácie, čo môže byť spojené najmä s nedostatkom spánku, nedostatkom motivácie, únavou, nižšou telesnou teplotou a pod. Vtedy sa telo nachádza v stave, kedy neočakávame, že budeme vykonávať nejaké zložité úlohy alebo máme nízku motiváciu niečo robiť. Naše mechanizmy pozornosti nie sú skutočne aktívne. Môžeme povedať, že nízka úroveň stresu nastáva vtedy, keď vykonávame tú istú prácu stále dookola a rovnako, po určitom čase sa z toho stane rutina a nebude

existovať stres a ani motivácia. Nebudeme mať motiváciu robiť niečo nad rámec a prekonávať samého seba, v podstate budeme vykonávať minimum, ktoré sa vyžaduje [6].

Optimálna úroveň stresu

Optimálna úroveň stresu je podmienkou dokonalej rovnováhy, človek sa nachádza v stave, kedy nie je príliš v strese ani motivovaný, a preto je výkon optimálny aj pre jednoduché a zložité úlohy. Optimálna úroveň stresu sa nachádza na vrchole U krivky. Úroveň výkonu sa postupne zvyšuje, keď krivka smeruje k optimálnej úrovni od úrovne nízkeho stresu, ako je znázornené na Obrázku 1. V jednoduchosti môžeme povedať, že optimálnu úroveň stresu dosiahneme vtedy, ak je naše telo vystavené primeranému množstvu stresu, avšak máme určité znalosti a motiváciu splniť danú úlohu, vtedy sa dá povedať, že fungujeme najefektívnejšie [6].

Vysoká úroveň stresu

Jedná sa o stav, keď je úroveň jednotlivca nad optimálnou rovnováhou. Spravidla sa táto úroveň spája s úzkosťou, nižšou koncentráciou, fyzickým napätím a neschopnosťou rozhodovať sa. Schopnosť jednotlivca sústrediť sa na všetko, čo sa deje v jeho okolí, sa znižuje so zvyšovaním úrovne napätia, čo spôsobuje znižovanie výkonu. Táto úroveň môže súvisieť s „psychickým rozpadom pod tlakom“, kedy sa jednotlivec nachádza v situácii, kedy sa stres a úzkosť povýšia na nevládnuteľnú úroveň [6].

3.2. Variabilita srdcového rytmu HRV

Variabilita srdcového rytmu (HRV) meria špecifické zmeny v čase (alebo variabilitu) medzi po sebe nasledujúcimi srdcovými rytmi. Čas medzi údermi sa meria v milisekundách (ms) a nazýva sa RR interval – po sebe nasledujúce intervaly medzi rytmi alebo *inter-beat* interval (IBI). Zatiaľ čo srdcová frekvencia (HR) zameriava na priemerné tepy za minútu, nevyžaduje presné časy, ale iba priemer úderov v danom časovom období. Napríklad 60 úderov za minútu HR môže znamenať 1 úder za sekundu alebo to môže znamenať priemerne 1 úder za každých 0,5 s, 1,5 s a pod. Všeobecne platí, že nízke HRV (alebo menšia variabilita srdcových rytmov) naznačuje, že telo je vystavené stresu z cvičenia, psychologických udalostí alebo iných vnútorných alebo vonkajších stresových faktorov. Vyššia HRV (alebo väčšia variabilita medzi srdcovými rytmi) zvyčajne znamená, že telo má silnú schopnosť tolerovať stres alebo sa silne zotavuje z predchádzajúceho nahromadeného stresu [7].

3.3. Elite HRV CorSense

Prístroj Elite HRV CorSense je predovšetkým navrhnutý pre presnosť. Meria presnú variabilitu srdcového rytmu prostredníctvom detekcie impulzov pomocou viac vlnným senzorom 500 Hz, ktorý sa pripevní na prst. Ide o presné neinvazívne meranie autonómneho nervového systému (ANS). Na rozdiel od základnej srdcovej frekvencie (HR), ktorá počíta počet srdcových úderov za minútu, sa HRV pozerá bližšie na presné zmeny času medzi po sebe nasledujúcimi srdcovými rytmi (nazývané tiež ako intervaly medzi rytmi, intervaly RR, intervaly NN a pod.) Pomocou prístroja Elite HRV CorSense sa dá ľahšie pochopiť zvládanie stresu a záťažových situácií, keďže zvyšuje odolnosť a vyrovnáva nervový systém. Vďaka HRV

sa dozvieme, ako vyzerajú naše normálne vzorce autonómneho nervového systému. Používaním prístroja sa dá znížiť stres, zlepšiť nálada, znížiť depresie a úzkosti. Namerané dáta sú zaznamenávané prostredníctvom bezdrôtového pripojenia s mobilným telefónom [8].

3.4. Parasympatický nervový systém (PNS)

Parasympatický nervový systém (PNS, parasympatikum) kontroluje telo a je spojený so zotavením, šetrí energiu, sťahuje zrenice, stimuluje trávenie, spomaľuje srdcovú frekvenciu a znižuje krvný tlak. Parasympatická srdcová aktivita znižuje srdcovú frekvenciu, čo znamená, že predlžuje časový interval medzi po sebe nasledujúcimi rytmi, zvyšuje variabilitu srdcového rytmu prostredníctvom zložky zosilnenej respiračnej sínusovej arytmie (RSA), čo znamená, že zvyšuje rýchle zmeny v RR intervale spojené s dýchaním – skrátenie intervalov RR počas inhalácie a predĺženie intervalov RR počas výdychu a znižuje pomer medzi nízkofrekvenčnými a vysokofrekvenčnými osciláciami v časových radoch HRV. Tento nervový systém kontroluje proces tela počas bežných situácií. PNS je zodpovedný za rast a regeneráciu. Má v sebe zahrnutých väčšinu automatických procesov, ktoré boli uvedené. Je potrebný pri regenerácii alebo pri tvorbe telových rezerv. Je zodpovedný za pokoj alebo oddych človeka. Na základe vyššie uvedeného sa index parasympatického nervového systému počíta v softvéri Kubios HRV na základe nasledujúcich troch parametrov: Mean RR interval, RMSSD (Root mean square of successive RR interval differences), D1 (Poincaré plot index SD1 in normalized units) [9]

3.5. Sympatický nervový systém (SNS)

Sympatický nervový systém (SNS, sympatikum) riadi reakcie nášho tela „na boj alebo útek“ v reakcii na vnútorné alebo vonkajšie stresové faktory. Pomocou SNS sa zvyšuje výkon organizmu a aktivuje sa počas útočenia, pri únikovom správaní alebo počas námahy. Sympatický nervový systém stimuluje glukózu v krvi, rozširuje zreničky, stimuluje trávenie, zvyšuje srdcovú frekvenciu a rozširuje dýchacie cesty, aby sa zlepšila plynulosť dýchania. Spôsobuje, že telo uvoľňuje uloženú energiu, čím sa zvyšuje svalová sila. Sympatická srdcová aktivita zvyšuje srdcovú frekvenciu a znižuje variabilitu srdcového rytmu. SNS je ideálny na prekonanie krátkodobých stresových situácií. Môžeme povedať, že slúži ako „alarm“ a jeho úlohou je chrániť naše životy za každých okolností. V konečnom dôsledku spomaľuje procesy tela, ktoré sú v prípade núdze menej dôležité, napríklad trávenie. Index sympatického nervového systému (SNS index) sa počíta v softvéri Kubios HRV na základe nasledujúcich troch parametrov: Mean HR interval, Baeovsky's stress index (SI), Poincaré plot index SD2 in normalized units [9].

4. Metodika práce a metódy skúmania

Predmetom metodiky práce je meranie záťaže nami vybraných pilotov vo výcviku počas letu na simulátore a počas praktického letu bezpilotným prostriedkom. V práci sa snažíme poukázať hlavne na dôležitosť využitia simulátora počas výcviku a nie len na teoretické vedomosti a praktické lety. K tomu, aby sme naplnili ciele, ktoré sme si vopred položili, bolo potrebné naštudovanie literatúry, ktorá sa týkala našej problematiky. Po podrobnom štúdiu literatúry sme prešli k analýze výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov na Slovensku a v zahraničí. Následne

po teoretickej časti sme prešli na praktickú časť, ktorá sa venovala meraniu záťaže pilotov bezpilotných prostriedkov. V práci sme sa rozhodli pre kvantitatívny výskum, ktorého základom bolo meranie záťaže pilotov s využitím letového simulátora a počas praktického letu. Prostredníctvom kvantitatívneho výskumu sme získali presné namerané údaje. Vykonalenie meraní pilotov bolo pomocou experimentu, ktorého sa zúčastnili 5 účastníci.

Počas merania záťaže pilotov sme pracovali s prístrojom Elite HRV CorSense, ktorý zaznamenáva variabilitu srdcovej frekvencie a prostredníctvom nameraných parametrov vieme určiť záťaž pilota počas praktického letu a počas letu na simulátore.

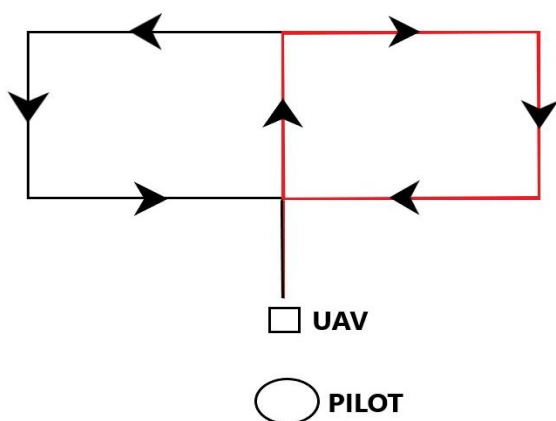
4.1. Priebeh merania letu

Na daný experiment sa účastníci nemohli vopred pripraviť, keďže inštruktor tesne pred vykonaním letu za pomoci simulátora navrhol trajektóriu letu, čo znamenalo, že účastníci museli tesne po vzlete preletieť bezpilotným prostriedkom daný obrazec. Celý priebeh experimentu pozostával z nasledujúcich cvičení:

Cvičenie 1 zoznámenie sa s bezpilotným prostriedkom DJI Mavic 2 PRO.

Cvičenie 2 podrobné vysvetlenie inštruktora o ovládaní bezpilotného prostriedku od štartu až po pristátie.

Cvičenie 3 let na simulátore Phoenix 5.5. Počas letu bolo na prste pilota pripojené zariadenie Elite HRV CorSense, ktoré bolo potrebné na meranie variability srdcového rytmu. Pilot bezpilotného prostriedku musel zaletieť obrazec, ktorý je znázornený na Obrázku 3. Po štarte bolo potrebné vylieť do výšky dopredu určenej a následne zaletieť obrazec znázornený čiernou farbou. Otáčanie bezpilotného prostriedku bolo za pomoci smerovky v uhle 90 stupňov. Po zaletení vopred stanoveného obrazca musel pilot bezpilotného prostriedku pristáť a následne vzlietnuť vyššie a zaletieť obrazec, ktorý je znázornený červenou farbou.



Obrázok 1: Trajektória letu zostavená na praktický výcvik pilotov bezpilotných prostriedkov. Zdroj: Autori.

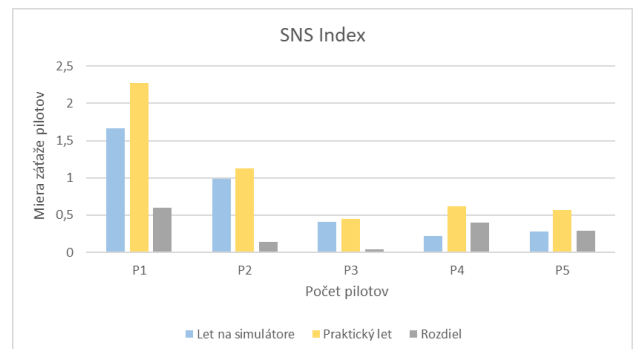
Cvičenie 4 praktický let bezpilotným prostriedkom. Počas letu bolo na prste pilota pripojené zariadenie Elite HRV CorSense tak, ako v prípade simulátora bolo potrebné zaletieť rovnaký obrazec, ktorý je znázornený na Obrázku 3.

Cvičenie 5 spracovanie nameraných dát pomocou softvéru Kubios HRV.

4.2. Kubios HRV

Kubios HRV je pokročilý a ľahko použiteľný softvér na analýzu HRV. Softvér podporuje niekoľko formátov vstupných údajov, napríklad údaje RR intervalu medzi rytmami. Softvér počíta všetky bežne používané parametre HRV v časovej a frekvenčnej oblasti a niekoľko nelineárnych parametrov. Existuje niekoľko nastavení, pomocou ktorých možno analytické metódy optimalizovať pre rôzne údaje. Za pomoci Softvéru sa taktiež vypočíta frekvencia dýchania odvodená z elektrokardiogramu (EKG), ktorá je dôležitá pre spoľahlivú interpretáciu výsledkov analýzy. Analýzu je možné vykonávať za určité časové obdobie alebo je možné celý záznam spracovať pomocou časovo premennej analýzy. Keďže softvér poskytuje analýzu aktivity autonómneho nervového systému, analyzačné funkcie dostupné vo verzii Standard umožňujú vyhodnotiť úroveň stresu alebo sledovať zotavenie z denných meraní HR, napr. sledovaním zmien v indexe PNS. Výsledky analýzy je možné uložiť ako textový súbor, ktorý sa ľahko importuje do programu MS Excel, SPSS alebo ako PDF. Okrem aplikácie Kubios HRV a Kubios HRV Standard je možné zakúpiť si aj verziu Kubios HRV Premium. Avšak na naše merania sme zvolili možnosť využitia softvéru Kubios HRV Standard [10].

5. Zhodnotenie analýzy a návrh efektívnej prípravy výcviku uav

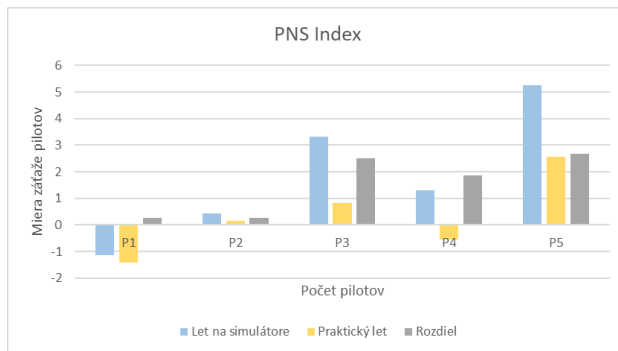


Graf 1: SNS index. Zdroj: Autori.

Z uvedeného Grafu 2 vyplýva, že index sympatického nervového systému sa zväčšujúcou záťažou zvyšuje, tak ako to bolo v prípade pilotov 1 až 5 (P1-P5).

Hodnoty sympatického a parasympatického indexu sú veľmi individuálne, nakoľko každý človek má pokojové HRV rozličné, niektoré hodnoty môžu byť prekvapivo nízke a iné zas vysoké. Najväčšiu hodnotu indexu sympatického nervového systému dosiahol pilot bezpilotného prostriedku 1 (P1) počas praktického letu. Jeho presná hodnota indexu bola 2,27. U prvého pilota bezpilotného prostriedku (P1) bol vypočítaný aj najväčší rozdiel medzi indexom SNS počas simulovaného letu a praktického letu a taktiež najvyšší SNS index počas letu na bezpilotnom simulátore. Naopak, najnižší rozdiel medzi letmi bol v prípade pilota bezpilotného prostriedku 3 (P3). Rozdiel indexu sympatického nervového systému medzi letmi predstavoval hodnotu 0,04. U pilota 3 (P3) bol nameraný najmenší SNS Index počas praktického letu s hodnotou 0,45. Najnižší index sympatického nervového systému bol nameraný pilotovi

bezpilotného prostriedku 4 (P4) počas simulovaného letu. Hodnota indexu predstavovala 0,22.



Graf 2: PNS Index. Zdroj: Autori.

Index parasympatického nervového systému sa so zvyšujúcou záťažou znižuje, čo znázorňujú hore uvedené grafické zobrazenia. U pilotov bezpilotného prostriedku 1 až 5 (P1-P5) sa PNS Index znižoval, čím sa potvrdilo toto tvrdenie. Najväčší rozdiel PNS Indexu medzi simulovaným a praktickým letom bol vypočítaný pri pilotovi 5 (P5), rozdiel indexu predstavoval hodnotu 2,68. U pilota 5 (P5) bola taktiež nameraná najväčšia hodnota PNS Indexu na bezpilotnom simulátore 5,25 a najväčšia hodnota PNS Indexu počas praktického letu 2,57. Najmenší rozdiel PNS Indexu bol vypočítaný u pilota 2 (P2). Rozdiel predstavoval hodnotu 0,26. U pilota 1 (P1) bola nameraná najmenšia hodnota PNS Indexu počas praktického letu -1,42 a najmenšia hodnota PNS Indexu počas simulovaného letu -1,15.

Praktické lietanie bezpilotným prostriedkom predstavovalo pre pilotov, ktorí sa zúčastnili nášho experimentu väčšiu záťaž. Grafické zobrazenie poukazuje na to, že praktický let pôsobí pre všetkých pilotov ako väčší stresor, a to v prípade sympatického aj parasympatického nervového systému.

5.1. Implementačný návrh

V nasledujúcej podkapitole na základe získaných dát z nášho experimentu a odpovedí od respondentov prichádzame s návrhom zlepšenia efektívnosti praktického výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov na Katedre leteckej dopravy v Žiline. Myslíme si, že nami vytvorený implementačný návrh by mohol byť užitočný počas letového výcviku na Katedre leteckej dopravy a na predmete prevádzky bezpilotných prostriedkov. Prostredníctvom vykonaného experimentu sme zistili, že piloti bezpilotných prostriedkov vo výcviku sú vystavení väčšej mentálnej záťaži ako pri simulovanom lete. Keďže sme chceli zistiť spätnú väzbu už existujúcich pilotov bezpilotných prostriedkov, vytvorili sme dotazník, prostredníctvom ktorého sme získali názor na danú problematiku. Na základe získaných odpovedí sa naše predpoklady potvrdili a z konečnej vzorky 99 respondentov by až 92 pilotov bezpilotných prostriedkov využilo možnosť bezpilotného letového simulátora, pokiaľ by ho mohli absolvovať počas ich výcviku. Keďže väčšia polovica z respondentov pociťovala stres počas výcviku, myslíme si, že nami vytvorený implementačný návrh môže byť pre Katedru leteckej dopravy a pilotov prospešný. Sme názoru, že zaradenie bezpilotného letového simulátora by mohlo pozitívne ovplyvniť celkový výcvik pilotov bezpilotných prostriedkov, avšak dôležité je nastaviť ho správne.

Dôležité je podotknúť, že nami vytvorený návrh zaradenia bezpilotného letového simulátora do výcviku sa vzťahuje len na pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorí majú minimálne, resp. žiadne skúsenosti s bezpilotným letovým simulátorom alebo praktickým letom. Pokiaľ by sa v skupine pilotov vo výcviku nachádzal účastník, ktorý má predchádzajúce skúsenosti s lietaním alebo bezpilotným letovým simulátorom a napriek tomu chce možnosť využitia bezpilotného letového simulátora absolvovať, je možné jeho začlenenie medzi ostatných pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorí sa zúčastnia hodín simulovaného lietania.

Návrh zaradenia bezpilotného letového simulátora do výcviku:

1. Časť

15-30 minút potrebných na zoznámenie sa s ovládaním bezpilotného prostriedku. Piloti si osvoja teoretické poznatky a budú sa ich snažiť aplikovať počas simulovaného letu. Inštruktor pilotov bezpilotných prostriedkov oboznámi s ovládaním a podrobne vysvetlí priebeh letu. Po vykonaní bezpečného vzletu a pristátia, piloti bezpilotných prostriedkov môžu pokračovať na 2 časť.

2. Časť

Pokiaľ budú piloti bezpilotných prostriedkov vedieť vykonať bezpečný vzlet a pristátie, budú nasledovať 2 hodiny, ktoré sú venované obrazcom počas vykonávania letu. Piloti sa tak naučia vykonať manévry, ktoré stanoví inštruktor, ako napr.: obdĺžnik alebo kružnica. Budú sa riadiť pokynmi inštruktora a plniť jednoduché úlohy, ktoré inštruktor určí. Taktiež sa budú snažiť osvojiť si rôzne krízové situácie, ktoré môžu počas letu bezpilotným prostriedkom nastať.

3. Časť

Posledná časť výcviku prostredníctvom bezpilotného letového simulátora bude venovaná preskúšaniu pilotov bezpilotných prostriedkov. Inštruktor navrhne trajektóriu letu, ktorú bude musieť pilot bezpilotného prostriedku zaletieť spolu s krízovou situáciou, ktorá by potencionálne mohla nastať pri praktickom lete. 3 časť bude trvať 30 minút. Ak by existovali nejaké nejasnosti, prípadne otázky, pilot bezpilotného prostriedku ich môže prekonzultovať s inštruktorom a zopakovať si ich.

Celkový výcvik na bezpilotnom letovom simulátore by tak mohol trvať dokopy 3 hodiny. Myslíme si, že zavedenie bezpilotného letového simulátora do výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov v podobe 3 hodín by malo potenciál a prínos ich výcvik.

6. Záver

Za pomoci experimentu sme dokázali, že samotný let bezpilotným prostriedkom pôsobí ako väčší stresor pre jeho pilota v porovnaní so simulovaným letom. Preto sme navrhli, že jeho zaradenie do výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov by pomohlo eliminovať stres, a tým aj možné hrozby, ktoré sa môžu vyskytnúť počas samotného letu. Naše stanovisko o väčšej mentálnej záťaži počas praktického letu sme overovali aj prostredníctvom odpovedí, ktoré sme získali od respondentov prostredníctvom primárneho výskumu.

Na základe získaných odpovedí z primárneho výskumu sme sa utvrdili v tom, že so zaradením bezpilotného letového

simulátora do výcviku súhlasí aj väčšina pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorí už výcvik absolvovali. Prostredníctvom implementačného návrhu sme vytvorili jednotlivé časti, ktoré podrobne opisujú, ako by prebiehalo zaradenie letového simulátora do výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov.

Na záver môžeme zhodnotiť, že nami vytvorený implementačný návrh by mohol pozitívne ovplyvniť výcvik pilotov bezpilotných prostriedkov na Katedre leteckej dopravy, ako aj predmet prevádzka bezpilotných prostriedkov. Piloti by si mohli osvojiť citlivosť ovládania, taktiež aj základné ovládacie prvky, a tým predchádzať možným komplikáciám počas samotného letu.

PodĎakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 046ŽU-4/2019 s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

Referencie

- [1] Delegované nariadenie komisie (EÚ) 2019/945 z 12. marca 2019 o bezpilotných leteckých systémoch a o prevádzkovateľoch bezpilotných leteckých systémov z tretích krajín [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&from=RO> (citované 2021-02-15)
- [2] Pravidlá lietania s dronmi na Slovensku 2021 [online]. Dostupné na internete: <https://www.aprop.sk/clanok/legislativa-pravidla-lietanie-drony?fbclid=IwAR1wvyhe05CyzbOfPiRpBUySOR5tdlLwyYAEtM9rdYDNuzOjvMirWeWLSm4> (citované 2021-02-08)
- [3] Vykonávacie nariadenie komisie (EÚ) 2019/947 z 24. mája 2019 o pravidlách a postupoch prevádzky bezpilotných lietadiel [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R0947-20200606&from=EN> (citované 2021-02-19)
- [4] Lietadlá spôsobilé lietať bez pilota Civilné letectvo [online]. Dostupné na internete: <http://letectvo.nsat.sk/letova-prevadzka/lietadla-sposobile-lietat-bez-pilota/> (citované 2021-02-10)
- [5] Prohuman. Stres a záťaž u ľudského jedinca [online]. Dostupné na internete: <https://www.prohuman.sk/psychologia/stres-a-zataz-u-ludskeho-jedinca> (citované 2021-03-10)
- [6] Yerkes-Dodson Law – Psychestudy [online]. Dostupné na internete: <https://www.psychestudy.com/general/motivation-emotion/yerkes-dodson-law> (citované 2021-03-26)
- [7] Heart Rate Variability vs. Heart Rate, Elite HRV [online]. Dostupné na internete: <https://elitehrv.com/heart-rate-variability-vs-heart-rate> (citované 2021-03-27)
- [8] What is Heart Rate Variability? Elite HRV [online]. Dostupné na internete: <https://elitehrv.com/what-is-heart-rate-variability> (citované 2021-04-05)
- [9] HRV in evaluating ANS function, Kubios [online]. Dostupné na internete: <https://www.kubios.com/hrv-ans-function/> (citované 2021-04-15)
- [10] Tarvainen, M. P. a kol. 2014. Kubios HRV heart rate variability analysis software. In *Comput Methods Programs Biomed* [online] 2014 roč. 113, č. 1, s. 210–220 [cit. 2021-05-08]. PMID 2405-4542.