



VÝCVIK PILOTOV BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV

UNMANNED AERIAL VEHICLE PILOT TRAINING

Kristína Kováčiková

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
Kristina.kovacikova@stud.uniza.sk

Branislav Kandra

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
Branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Martina Kováčiková

Katedra spojov
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
Martina.kovacikova@fpedas.uniza.sk

Abstract

Unmanned aerial vehicles are a part of a fast-growing aviation sector that has the potential to create new jobs as well as economic growth in the individual countries of the European Union. Unmanned aerial vehicle is a relatively new concept compared to the aircraft and it is possible to still find shortcomings in pilot training. The aim of the scientific paper is to map the current state of pilot training regarding unmanned aerial vehicles and to determine the level of demand for the implementation of an unmanned aerial vehicle flight simulator in the flight training of pilots of unmanned aerial vehicles at the Department of Air Transport at the University of Žilina.

Keywords

Pilot training, UAV, unmanned aerial vehicle flight simulator

1. Úvod

Bezpilotné lietadlá boli pôvodne vyvinuté pre vojenský a letecký priemysel. Môžu byť ovládané na diaľku alebo lietať autonómne prostredníctvom softvérového riadených letových plánov v zabudovaných systémoch, ktoré pracujú v spojení s palubnými senzormi a GPS (Sedlackova et al., 2020). V nedávnej minulosti boli bezpilotné lietadlá najčastejšie spájané s armádou, kde sa pôvodne používali na protiletadlové ciele, či zhromažďovanie spravodajských informácií. V súčasnosti sa používajú v širokom spektre civilných úloh od pátrania a záchrany, sledovania dopravy, monitorovania počasia a hasenia požiarov až po fotografovanie a rôzne poľnohospodárske a dokonca aj donáškové služby (Kovacikova et al., 2021).

Navigačné systémy, ako napríklad GPS, sú zvyčajne umiestnené na nose bezpilotného lietadla (Novak et al., 2020). GPS umiestnené na bezpilotnom lietadle komunikuje s ovládačom a zdieľa jeho presnú polohu (Hrúz et al., 2021). Ak je k dispozícii palubný výškomer, môže poskytnúť informácie o nadmorskej výške. Výškomer tiež pomáha udržiavať bezpilotné lietadlo v určitej nadmorskej výške. Bezpilotné prostriedky môžu byť vybavené množstvom senzorov, napríklad senzory vzdialenosti (ultrazvukové, laserové), senzory letového času, chemické senzory a stabilizačné a orientačné senzory (Kim et al. 2019).

Vizuálne senzory ponúkajú statické alebo obrazové dáta, pričom RGB senzory zbierajú štandardné vizuálne červené, zelené a modré vlnové dĺžky a multispektrálne senzory zbierajú viditeľné a neviditeľné vlnové dĺžky, ako je infračervené a ultrafialové. Medzi bežné funkcie bezpilotných lietadiel patria aj akcelerometre, gyroskopy, magnetometre, barometre a GPS (He et al., 2017).

Niektoré bezpilotné lietadlá využívajú detekciu prekážok, aby sa vyhli kolíziám. Na účely pristávania používajú bezpilotné prostriedky vizuálne polohovacie systémy s kamerami

smerujúcimi nadol a ultrazvukovými senzormi. Ultrazvukové senzory určujú, ako blízko sa nachádzajú nad zemou (Kreps, 2016).

Podľa súčasnej slovenskej legislatívy pre bezpilotné lietadlá je potrebné splniť určité podmienky pre ich legálne používanie v podnikaní. Jednou z nich je, že osoba obsluhujúca bezpilotný prostriedok musí byť držiteľom povolenia na riadenie lietadla schopného lietať bez pilota (Azaltovic et al., 2020). Teoretické znalosti sú hlavnou súčasťou pre získanie preukazu pilota. Skúšky sa vykonávajú vo vopred určených termínoch na Dopravnom úrade. Skúšku je možné vykonať v slovenskom jazyku, ktorý podľa rozhodnutia č.2/2019 pozostáva z týchto predmetov: letecké právo a postupy riadenia letovej prevádzky, všeobecné vedomosti o lietadle, letové výkony lietadla a plánovanie letov, meteorológia, prevádzkové postupy, základy letu a komunikácia. Pre úspešné absolvovanie skúšky je potrebné, aby uchádzač dosiahol aspoň 75% zo všetkých predmetov. Ak uchádzač nedosiahne minimálne posudzované percento z jedného alebo viacerých predmetov, bude hodnotený ako neprospel. Z predmetov, z ktorých uchádzač nedosiahol minimálne uvažované percento, je potrebné teoretickú skúšku opakovať (Škultéty et al., 2018).

Po úspešnom absolvovaní skúšok z teórie na Dopravnom úrade je potrebné absolvovať praktickú časť skúšky, ktorá sa vykonáva s inšpektorom z Dopravného úradu. Praktická skúška je zameraná na orientáciu vo vzdušnom priestore SR, praktické znalosti pravidiel lietania v konkrétnej lokalite s využitím leteckej mapy ICAO a ovládanie bezpilotného lietadla počas letu (Škultéty, 2018). Praktické skúšky prebiehajú na Letisku Štefana Baniča v Boleráze alebo na Letisku Nitra Janíkovec (Brodniansky a Novák, 2021).

Na Slovensku je množstvo spoločností, ktoré poskytujú výcvik pilotov bezpilotných lietadiel. Katedra leteckej dopravy Žilinskej

univerzity ponúka kurz v trvaní 38 hodín, z toho 35 hodín absolvujú účastníci teóriou a následne 3 letové hodiny výcviku.

Pod pojmom stres sa vo všeobecnosti rozumie zmena psychickej záťaže a vzniká vtedy, keď na človeka pôsobí rušivý faktor (Azaltovic et al., 2020). V súvislosti s prípravou pilota na výkon jeho povolania, prípadne činností súvisiacich s lietaním, je dôležitou súčasťou príprava na záťažové situácie a ich zvládanie. Stres je prirodzená ľudská reakcia, ktorá nie je vždy negatívna. V skutočnosti je mierne množstvo stresu prospešné pre ľudský výkon (Muchiri a Kimatchi, 2016).

2. Cieľ a metodika

Primárnym cieľom vedeckého článku je zistiť mieru dopytu po implementácii bezpilotného leteckého simulátora do leteckého výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov na Katedre leteckej dopravy v Žiline. Z tohto dôvodu je realizovaný primárny výskum, ktorý je zameraný na študentov Žilinskej univerzity na Katedre leteckej dopravy, ktorí absolvovali výcvik v priebehu rokov 2017-2020.

Na dosiahnutie požadovaného výsledku je potrebné použiť metódy excerpce, analýzy súčasného stavu, štatistické metódy, primárny výskum, indukciu a dedukciu. Následne sú na výpočet minimálnej vzorky použité štatistické metódy. V rámci vedeckého článku je realizovaný primárny výskum formou dotazníka, ktorý bol zaslaný respondentom elektronicky.

V roku 2021 bol celkový počet pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorí absolvovali výcvik na Katedre leteckej dopravy v rokoch 2017-2020, 126. Minimálny počet respondentov je následne vypočítaný podľa nasledujúceho vzorca:

$$n \geq \frac{N * t_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2}{(N-1) * \Delta^2 + t_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * \sigma^2}$$

kde: n = minimálna veľkosť vzorky (minimálny počet respondentov); $t_{1-\alpha/2}$ = kritická hodnota určená z tabuliek; σ^2 = rozptyl vypočítaný zo štandardnej odchýlky; Δ = rozsah maximálnej prípustnej chyby.

Výpočet ukázal, že pri 95% spoľahlivosti odhadu a 5% maximálnej prípustnej odchýlke je potrebné získať od respondentov aspoň 96 odpovedí. Pri vyhodnocovaní výskumu sú spracované odpovede od 99 respondentov, čím je zabezpečené relevantné vyhodnotenie získaných výsledkov.

3. Výsledky

Úroveň dopytu po implementácii bezpilotného leteckého simulátora do leteckého výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov

Pomocou identifikačných otázok je zistené, že z celkového počtu 99 respondentov sa výskumu zúčastnilo až 97 mužov a len 2 ženy. Najviac respondentov bolo vo veku 38-44 rokov, čo predstavovalo 43%. Naopak, najmenej respondentov bolo vo veku 18-24 rokov, z celkového počtu 99 respondentov tvorili len 4%. Aritmetickým priemerom je vypočítané, že piloti bezpilotných prostriedkov majú nalietaých priemerne 90 hodín, respondent s približne 300 hodinami má najviac

nalietaých hodín a respondent s približne 4 hodinami má najnižší počet nalietaých hodín.

Prvým výskumným cieľom je zistiť, či respondenti poznajú pojem bezpilotný letecký simulátor (Tabuľka 1). Výskumný predpoklad pre prvý výskumný cieľ je: „Viac ako 80% respondentov pozná pojem bezpilotný letecký simulátor.“

Otázka prislúchajúca k prvému výskumnému cieľu znie: „Poznáte pojem bezpilotný letecký simulátor?“

Tabuľka 1: Odpovede respondentov na otázku č. 1

Otázka	Odpoveď	Počet respondentov	%
Poznáte pojem bezpilotný letecký simulátor?	Áno	97	98
	Nie	2	2
	Spolu	99	100

Prvý predpoklad sa potvrdil, keďže 97 pilotov, čo predstavuje 98%, pozná pojem bezpilotný letecký simulátor. Na vyhodnotenie prvého predpokladu sú spracované odpovede od všetkých 99 respondentov. Identifikačnými otázkami je zistené, že tento pojem poznajú najmä muži vo veku 38-44 rokov. Dvaja respondenti tento pojem nepoznajú, sú to piloti bezpilotných lietadiel vo veku 44 a viac rokov. Ženy, ktoré sú respondentkami na dotazník, tento pojem poznajú a sú vo veku 32-44 rokov.

Výskumný predpoklad pre druhý výskumný cieľ je: „Menej ako polovica respondentov má predchádzajúce skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom“. Na vyhodnotenie druhého predpokladu sú spracované odpovede od 97 respondentov, ktorí poznajú pojem bezpilotný letecký simulátor, čo je zistené prostredníctvom prvého výskumného cieľa (Tabuľka 2).

Otázka k druhému výskumnému cieľu znie: „Máte skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom?“

Tabuľka 2: Odpovede respondentov na otázku č. 2

Otázka	Odpoveď	Počet respondentov	%
Máte skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom?	Áno	30	31
	Nie	67	69
	Spolu	97	100

Druhý výskumný predpoklad je potvrdený, keďže len 31% (čo predstavuje 30 respondentov z 97) uvádza, že má skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom. Respondenti, ktorí majú predchádzajúce skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom, sú muži vo veku 32-38 rokov. Ich presný počet predstavuje 57% z počtu 30 respondentov. Zvyšných 43% obsadili muži vo veku 38-44 rokov. Skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom nemá 67 respondentov. Až 69% opýtaných, ktorí nemajú skúsenosti s bezpilotným leteckým simulátorom, tvoria aj ženy vo veku 32 – 44 rokov a muži vo veku 44 a viac rokov.

Výskumným predpokladom pre tretí výskumný cieľ je zistiť, či respondenti pociťujú stres pri výcviku. Výskumný predpoklad pre tretí výskumný cieľ je: "Menej ako polovica opýtaných pociťovala stres pri výcviku na bezpilotné lietadlá." Pre vyhodnotenie uvedeného predpokladu sú spracované odpovede od 99 respondentov, čo predstavovalo celkový počet respondentov dotazníka (Tabuľka 3).

Otázka k tretiemu cieľu výskumu znie: „Pociťovali ste stres počas praktického výcviku“?

Tabuľka 3: Odpovede respondentov na otázku č. 3

Otázka	Odpoveď	Počet respondentov	%
Pociťovali ste stres počas praktického výcviku?	Áno	62	63
	Nie	29	29
	Neviem	8	8
	Spolu	99	100

Tretí výskumný predpoklad sa nepotvrdil, nakoľko viac ako polovica opýtaných pociťovala stres pri výcviku s bezpilotným lietadlom, a to 63%, čo predstavovalo 62 opýtaných z celkového počtu 99. Stres nepociťovalo 29 opýtaných, najviac mužov vo veku 32- 38. Z 97 respondentov, ktorí poznajú pojem bezpilotný letecký simulátor, až 91% uviedlo, že zaradenie leteckého simulátora do výcviku by bolo prospešné, len 3% si mysleli opak a 6 respondentov nevedelo na otázku odpovedať. Z počtu opýtaných, ktorí poznajú pojem bezpilotný letecký simulátor, si 68% myslí, že zaradenie bezpilotného simulátora do výcviku by pomohlo eliminovať stres pri praktickom výcviku. Išlo prevažne o mužov vo veku 32-44 rokov a 2 ženy v rovnakom veku.

Štvrtým výskumným cieľom je zistiť, či by respondenti používali bezpilotný letecký simulátor, ak by takáto možnosť bola počas výcviku k dispozícii (Tabuľka 4). Výskumný predpoklad pre štvrtý výskumný cieľ je: "Viac ako dve tretiny respondentov by uvítali možnosť využitia leteckého simulátora počas výcviku." Na vyhodnotenie štvrtého predpokladu sa pracovalo so vzorkou 97 respondentov, ktorí sa vedeli k danej problematike adekvátne vyjadriť. Otázka k štvrtému cieľu výskumu znie: „Ak by bolo možné pri výcviku použiť bezpilotný letecký simulátor, využili by ste takúto možnosť“?

Tabuľka 4: Odpovede respondentov na otázku č. 4

Otázka	Odpoveď	Počet respondentov	%
Ak by bolo možné pri výcviku použiť bezpilotný letecký simulátor, využili by ste takúto možnosť?	Áno	92	95
	Nie	4	4
	Neviem	1	1
	Spolu	97	100

Posledný predpoklad je potvrdený, keďže viac ako dve tretiny, 95% (predstavuje 92 respondentov), by pri výcviku využili

možnosť bezpilotného leteckého simulátora. Z celkového počtu respondentov by túto možnosť využili 2 ženy vo veku 32-44 rokov a všetci muži vo veku 18-38 rokov, ako aj 39 mužov vo veku 38-44 rokov. Tých, ktorí by pri výcviku nevyužili možnosť využitia bezpilotného leteckého simulátora, predstavujú len 4% z celkového počtu 97.

Návrh na zlepšenie efektívnosti praktického výcviku

Na základe získaných údajov z experimentu a odpovedí respondentov je vytvorený návrh na zefektívnenie praktického výcviku pilotov bezpilotných prostriedkov na Katedre leteckej dopravy v Žiline. Vytvorený návrh implementácie simulátora môže byť užitočný pri leteckom výcviku na Katedre leteckej dopravy a na predmete „Prevádzka bezpilotných prostriedkov“.

Piloti bezpilotných prostriedkov vo výcviku sú vystavení väčšej psychickej záťaži ako pri simulovanom lete. Na základe získaných odpovedí sa predpoklad potvrdil a z výslednej vzorky 99 respondentov by až 92 využilo možnosť bezpilotného leteckého simulátora, ak by ho mohli absolvovať počas svojho výcviku. Keďže viac ako polovica opýtaných pociťovala počas výcviku stres, vytvorený návrh implementácie môže byť prínosom pre Katedru leteckej dopravy a pilotov. Zaradenie bezpilotného leteckého simulátora by mohlo mať pozitívny vplyv na celkový výcvik pilotov, dôležité je však jeho správne nastavenie.

Je dôležité poznamenať, že návrh na zaradenie bezpilotného leteckého simulátora do výcviku sa týka len pilotov bezpilotných prostriedkov, ktorí majú minimálne, resp. žiadne skúsenosti s bezpilotným simulátorom alebo praktickým letom. Ak je v skupine pilotov vo výcviku účastník, ktorý má predchádzajúce skúsenosti s lietaním alebo bezpilotným leteckým simulátorom a napriek tomu chce mať možnosť využívať bezpilotný letecký simulátor, je možné ho zaradiť medzi ostatných pilotov, ktorí sa zúčastnia simulovaných lekcí lietania.

Návrh na zaradenie bezpilotného leteckého simulátora do výcviku:

1. Časť

15-30 minút potrebných na zoznámenie sa s ovládaním bezpilotného lietadla. Piloti získajú teoretické vedomosti a pokúsia sa ich aplikovať počas simulovaného letu. Inštruktor bezpilotného lietadla študenta oboznámi s ovládaním a podrobne vysvetlí priebeh letu. Po vykonaní bezpečného vzletu a pristátia môžu piloti prejsť k časti 2.

2. Časť

Ak piloti bezpilotných lietadiel vedia vykonať bezpečný vzlet a pristátie, nasledujú 2 hodiny, ktoré sú venované obrazcom počas vykonávania letu. Piloti sa naučia vykonávať manévry stanovené inštruktorom, ako napríklad: obdĺžnik alebo kruh. Budú sa riadiť pokynmi inštruktora a vykonávať jednoduché úlohy, ktoré určí inštruktor. Pokúsia sa zvládnuť aj rôzne krízové situácie, ktoré môžu nastať počas letu s bezpilotným prostriedkom.

3. Časť

Posledná časť výcviku na bezpilotnom leteckom simulátore bude venovaná testovaniu pilotov bezpilotných prostriedkov. Inštruktor navrhne trajektóriu letu, ktorú bude musieť pilot bezpilotného lietadla preletieť spolu s krízovou situáciou, ktorá

by potenciálne mohla nastať počas praktického letu. Tretia časť bude trvať 30 minút. Ak by sa vyskytli nejasnosti alebo otázky, pilot bezpilotného lietadla ich môže konzultovať s inštruktorom a zopakovať.

Celkový výcvik na bezpilotnom leteckom simulátore trvá 3 hodiny. Zavedenie bezpilotného leteckého simulátora do výcviku pilotov formou 3 hodín by malo potenciál a výhody k ich výcviku.

4. Záver

Bezpilotné lietadlá sú súčasťou rýchlo sa rozvíjajúceho odvetvia letectva, ktoré má potenciál vytvárať nové pracovné miesta, ako aj hospodársky rast v jednotlivých krajinách Európskej únie. Bezpilotné lietadlá v porovnaní s lietadlami je relatívne nový koncept a stále je možné nájsť nedostatky vo výcviku pilotov.

V tomto vedeckom článku sa autori sa zameriavajú najmä na dôležitosť používania bezpilotného leteckého simulátora pri výcviku pilotov. Aj keď je tréner neoddeliteľnou súčasťou výcviku pilotov lietadiel ako aj pilotov vrtuľníkov, možnosť bezpilotného leteckého simulátora pri výcviku pilotov sa využíva minimálne. Piloti lietadiel a helikoptér môžu použiť simulátor na zvládnutie techniky a otestovanie predletových a letových procesov pred prvým letom. Počas výcviku pilotov bezpilotných lietadiel nemajú piloti bezpilotných lietadiel priestor na to, aby si prostredníctvom simulovaného letu osvojili citlivosť ovládania a základné návyky ovládania potrebné pre bezpečnú prevádzku bezpilotných lietadiel. Množstvo nazbieraných informácií môže pôsobiť na pilota pri výcviku ako veľký stres, preto by bolo vhodné si získané informácie osvojiť ešte pred samotným praktickým letom.

Samotný let s bezpilotným prostriedkom pôsobí na jeho pilota ako väčší stresor v porovnaní so simulovaným letom. Je teda zrejmé, že stres ako potenciálny faktor vytvárania nepriaznivej / rizikovej situácie počas samotného letu je možné eliminovať zaradením bezpilotného simulátora do pilotného výcviku. Názor na väčšiu psychickú záťaž pri praktickom lete autori overili aj prostredníctvom odpovedí, ktoré získali od respondentov prostredníctvom primárneho výskumu.

Na základe získaných odpovedí z primárneho výskumu sa potvrdilo, že so zaradením bezpilotného leteckého simulátora do výcviku súhlasí aj väčšina pilotov, ktorí už výcvik absolvovali. Prostredníctvom návrhu implementácie autori vytvorili jednotlivé časti, ktoré podrobne popisujú, ako by mohlo zaradenie leteckého simulátora do výcviku pilotov vyzeráť.

Na záver je možné zhodnotiť, že vytvorený návrh implementácie by mohol pozitívne ovplyvniť výcvik pilotov na Katedre leteckej dopravy, ako aj predmet prevádzky bezpilotných lietadiel. Piloti by si mohli osvojiť citlivosť ovládania, základné ovládanie a predísť tak možným komplikáciám pri lete. Návrh by sa mal implementovať do všetkých operácií poskytujúcich výcvik pilotov.

Referencie

Azaltovic, V.; Skvarekova, I.; Pecho, P.; Kandra, B.; 2020. Measurement methodology of hypoglycemia and alcohol effect on UAV piloting accuracy. *New Trends in Aviation Development*, pp.: 14-18, <doi:10.1109/NTAD51447.2020.9379081>.

Brodniansky, M.; Novák, A.; 2021. Monitoring communication design system for UAV detection. *Transport Means - Proceedings of the International Conference*, pp.: 343-349.

He, D.; Chan, S.; Guizani, M.; 2017. Communication Security of Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Wireless Communications*, Vol.24, Is.4, pp.: 134-139. <doi:10.1109/mwc.2016.1600073wc>.

Hrúz, M.; Bugaj, M.; Novák, A.; Kandra, B.; Badánik, B.; 2021. The Use of UAV with Infrared Camera and RFID for Airframe Condition Monitoring. *Applied Sciences*, Vol.11, Is.9, <doi:10.3390/app11093737>.

Kim, J.; Kim, S.; Ju, C.; Son, H.; 2019. Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications. *IEEE Access*, Vol. 1, Is. 1, <doi:10.1109/access.2019.293211>.

Kovacikova, K.; Kazda, A.; Novak, A.; 2021. Life cycle assessment of environmental impacts of transport infrastructure for evidence-based policy making. *New Trends in Aviation Development*, pp.: 113-117. <doi:10.1109/NTAD54074.2021.9746518>.

Kreps, S.; 2016. *Drones: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press, New York, <doi:10.1093/wentk/97801902>.

Muchiri, N.; Kimathi, S.; 2016. A review of applications and potential applications of UAV. *Proceedings of Sustainable Research Innovations Conference*, pp. 280-283.

Novák, A.; Sedláčková, A. N.; Bugaj, M.; Kandra, B.; Lusiak, T.; 2020. Use of unmanned aerial vehicles in aircraft maintenance. *Transportation Research Procedia*, Vol.51, pp.: 160-170, <doi:10.1016/j.trpro.2020.11.018>.

Sedlackova, A. N.; Kurdel, P.; Labun, J.; 2020. Simulation of Unmanned Aircraft Vehicle Flight precision. *Transportation Research Procedia*, vol.44, pp.:313-320, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.037>.

Škultéty, F.; Badánik, B.; Bartoš, M.; Kandra, B.; 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. *Transportation Research Procedia*, Vol.35, pp.: 220-229, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.026>.