

THE MEASUREMENT OF PILOT WORKLOAD

MERANIE PRACOVNEJ ZÁŤAŽE PILOTOV

Iveta Škvareková

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina

iveta.skvarekova@fpedas.uniza.sk

Viliam Ažaltovič

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina

Viliam.azaltovic@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina

pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina

kandra@fpedas.uniza.sk

Abstract

The article is focused on objective measurement of pilot workload during IFR flight. For the purpose of our research, we decided to use eye monitoring technology to record eye movements to determine the pilot's performance. Eye monitoring provides data on the number of eye movements, number of visual intakes, number of saccades, number of blinks, fixations and the durations of these. Our study incorporated overall six pilots divided into two groups: the experienced and inexperienced. The measurements were performed on the ELITE S923 flight simulator located at Žilina airport, Dolný Hričov. Measurement and analysis of the data showed that the pilots showed significant deviations when comparing the two pilot samples. We also demonstrated various scanning techniques during ILS and NDB approaches. The conclusion of our work summarizes the measurement results and the use of eye track technology in the future.

Keywords

Pilots Performance, Eye Tracker, Aircraft Instruments, Flight simulator, Pilot

1. Úvod

Letecká doprava je najmladšou dopravou a jej prvotné výskumy boli prioritne zamerané na technický stav lietadiel a najmä zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti. Na základe technologického rozvoja avioniky a pozemnej infraštruktúry, s neustálym napredovaním v letectve sa lietadlá stávali menej náchylné na mechanické zlyhania a percentuálny podiel leteckých nehôd súvisiacich so zlyhaním ľudského faktora narastal. Aktuálne vedecké výskumy sa venujú najmä riešeniu problematiky mentálnej záťaž pilotov, spojenej so zavádzaním rôznych technologických inovácií a následnej adaptácií pilota, ale taktiež na druhej strane s nedostatočným stupňom aktivácie a dostatočnej motivácie spojenej s automatizáciou. Stresové stavy vznikajú pri preťažení, ako aj pri zníženej pracovnej záťaži, resp. pri monotónnej činnosti. V podrobnom rozbere stresových stavov pri práci a ich vplyve na cievné a mentálne poruchy je preukázané, že ide o konfliktné situácie pri práci alebo o preťaženie, čo vedie k zvýšeniu neurotických stavov, anxiety, k zmenám kardiovaskulárneho systému a mentálnym poruchám.

Mentálna záťaž pilota je hlavným aspektom pri navrhovaní a prevádzke moderných leteckých systémov. V minulosti pilot získaval potrebné letové informácie na základe pozorovania vonkajšieho sveta. S postupným technologickým rozvojom sa však lietadlo stávalo čoraz zložitejšie, počet potrebných informácií narastal a limitujúcim faktorom sa stalo rozloženie kokpitu. „Dosiahol sa vývojový bod, v ktorom nie je možné zvýšiť počet ukazovateľov, čísel a signalizácií alebo zlepšiť ich rozloženie“ (Coombs, 1990).

Ľudský vizuálny systém je jedným z najzložitejších systémov. Je súčasťou nášho nervového systému a je hlavným senzorkým mechanizmom, ktorý je zodpovedný za snímanie nášho okolia a koordináciu našich aktivít. Tento systém spája senzorký vstup

prichádzajúci zo sietnice očí do časti mozgu, ktoré riadia pohyb a polohu očí, označované ako okulomotorické ovládanie.

Niektorí ľudia môžu vykonávať súčasne niekoľko činností, pretože sú schopní po jednej až dvoch líniiach s veľkou pravdepodobnosťou predpokladať, ako sa bude rozvíjať proces ďalej a tým uvoľniť kapacitu pozornosti pre inú činnosť.

2. Analýza súčasného stavu

Meranie pracovného zaťaženia pilota je subjektívna metóda, ktorá je ťažko merateľná v reálnom čase. Vďaka predošlým výskumom bolo preukázané, že existuje úzke prepojenie medzi mentálnym zaťažením pilota a očnými pohybmi.

Podľa týchto štúdií ak pilot nemá prispôbené optimálne podmienky, alebo sa počas letu stretáva s určitými ťažkosťami, výkon sa zhoršuje a činnosť pohybov očí sa mení. Vo väčšine prípadov sa menia parametre fixácie, najmä dĺžka a frekvencie fixácií. Dĺžka fixácie je prvým parametrom, ktorý sa mení pôsobením stresu na pilota (Causse, 2011) (Wickens, 2004). Z tohto dôvodu sme sa rozhodli naše merania zamerať na pôsobenie mentálneho zaťaženia, ktoré je spôsobené nedostatočným výcvikom a skúsenosťami. Preto sme sa rozhodli porovnať dve vzorky participantov, ktorí boli rozdelení do dvoch skupín podľa počtu naliatých IFR hodín a skúsenosťami s lietaním. Neskúsení piloti, ktorí sa zúčastnili našich meraní absolvovali teoretický IFR výcvik, avšak ešte nezačali praktický IFR výcvik. Neznalosť a zlé návyky sú s najväčšou pravdepodobnosťou najčastejšími prípadmi tých mentálnych pochybení, ktoré majú najhoršie následky. Výchova a výcvik leteckého personálu je významný nástroj prevencie proti leteckým nehodám a incidentom. Výcvik obsahuje aktivity vykonávané pod dozorom príslušného oprávneného inštruktora, ktoré sú zamerané na praktický nácvik v danej problematike a smerujúce k vydaniu alebo obnove platnosti oprávnenia alebo kvalifikácie.

Zámerné sme sa rozhodli pre dve rozdielne priblíženia (NDB a ILS), s rôznou obťažnosťou prevedenia. Rozhodli sme sa zamerať na najnebezpečnejšiu fázu letu a to samotné pristátie. Khatwa a Helmreich (1999) uvádzajú, že 287 z 621 (46%) smrteľných nehôd v rokoch 1980 až 1996 sa udialo počas fáz priblíženia a pristátia lietadla. Podľa údajov Bakera, Lamb, Li a Dodd (1996) sa výcvikové lety stretávajú s viac ako 300 nehodami ročne (štatistiky zaznamenávajú obdobie v rozmedzí rokov 1989 a 1992), že 51% nehôd sa odohralo počas sólových výcvikových letov (Baker et al, 2001). Pri tak veľkom počte nehôd, ku ktorým došlo počas pristátia, je dôležité zlepšiť metódy výcviku pilotov počas tejto zraniteľnej fázy letu (Khatwa a Helmreich, 1999).

3. Očné pohyby a fixácia počas letu

Ako už bolo v úvode spomenuté počet sakád a dĺžka fixácie sú prvé parametre, ktoré sa menia pri pôsobení stresu a zvýšenej mentálnej záťaži u pilota.

Človek v každodennom živote využíva striedavo skokovité a kontinuálne očné pohyby, ktoré prenášajú objekt pozornosti do fovei. (Lovejoy a kol., 2009). Sakáda je definovaná ako rýchly pohyb očí medzi dvoma fixáciami. Sakadické potlačenie je pojem, vďaka ktorému je percepcia stabilná, počas rýchlej zmeny očných pohybov (sakadických pohybov), ktoré prerušujú normálne videnie. Tým pádom je zredukovaná citlivosť. Hlavné charakteristiky sakády sú: rýchlosť a trvanie, tvar a trajektória a latencia. Vzťah medzi veľkosťou, rýchlosťou a trvaním je označovaná ako vzťah hlavnej sekvencie.

Latencia alebo reakčný čas sakadických očných pohybov je približne 100-300 ms. Toto je časový interval medzi prvou prítomnosťou stimulu a skutočným začatím pohybu oka, ktorý je určený časom, kedy mozog potrebuje iniciovať sakadický pohyb (Enderle a Bronzino, 2012).

Fixácia je definovaná ako stav, počas ktorej jedinec vizuálne zhromažďuje a interpretuje informácie dostupné vo foveálnom rozsahu oka, v určitom časovom horizonte, ktorý je dlhší ako 80 ms (Holmqvist a kol., 2011).

Fixácia, alebo pozorovanie jedného prístroja je jednou z najčastejších chýb u pilotov, ktorí začínajú s lietaním podľa prístrojov. Pilot sa na začiatku zameria na jeden prístroj a následne vykonáva úpravy spojené s indikáciou tohto prístroja. Napríklad pri zameraní sa na umelý horizont je dôležité si uvedomiť, že na správne prevedenie letu je potrebné využívať umelý horizont s primárnymi a sekundárnymi nástrojmi, v závislosti od danej fázy letu. Aby sa predišlo tejto chybe, je dôležitá správna skenovací technika s čo najkratšími fixáciami na jednotlivé prístroje.

4. Metodika merania

Predmetom skúmania je objektívne meranie záťaže vybranej vzorky pilotov počas letu na simulátore s využitím rôznych meracích metód. Pred samotným meraním sme sa venovali analýze súčasného stavu a hľadali najvhodnejšiu metódu merania záťaže. Meranie mentálnej záťaže pilotov je veľmi subjektívne. Preto sme sa rozhodli zamerať na objektívne metódy merania, ktoré nebudú počas letu rozptyľovať pilota a pre relevantnosť informácií zaznamenávať viacero parametrov. Namerané údaje sme analyzovali a porovnávali počas jednotlivých fáz letu.

Meraní sa dobrovoľne zúčastnilo šesť pilotov, ktorí sú súčasne pilotmi vo výcviku na LVVC. Vek účastníkov sa pohyboval od 21 do 28 rokov (priemerný vek 23,8). Všetci účastníci boli vopred oboznámení s priebehom celého merania a vopred sa naň pripravili. Pre potreby meraní sme sa vopred rozhodli pilotov rozdeliť do dvoch základných skupín podľa počtu nalietaných hodín a skúsenosti s IFR lietaním. V prípade skúsených pilotov sa jednalo o pilotov, ktorí už absolvovali IFR výcvik. V prípade neskúsených pilotov, účastníci absolvovali len teoretický IFR výcvik. Piloti boli požiadaní, aby vykonali dve merania podľa pripraveného scenáru. Celková doba letu spolu s prípravou nepresiahla 15 minút.

Piloti postupne zaleteli prístrojové priblíženie NDB a ILS pre vzletovú a pristávaciu dráhu 06 na letisku Žilina, Dolný Hričov. Merania sa uskutočnili na letovom simulátore ELITE S923 FNPT II MCC s využitím meracieho zariadenia na zaznamenávanie očných pohybov.

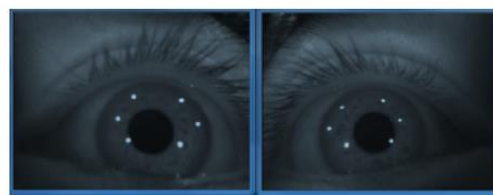


Obrázok 10: Letový simulátor ELITE S923 FNPT II MCC. Zdroj: Autori.

Hlavnou meracou metódou bolo využitie technológie na sledovanie a zaznamenávanie očných pohybov Eye Track. Pre potreby merania sme využili okuliare na sledovanie očných pohybov SMI 2 Wireless (SMI ETG 2w), ktoré zaznamenávajú prirodzený ľudský pohľad v reálnom čase. Na Obr. 2 je vidieť umiestnenie troch kamier: (a) – kamera zaznamenávajúca prostredie, (b) – dve kamery zaznamenávajúce očné pohyby.



Obrázok 11: SMI ETG 2w. Zdroj: (Holmqvist a kol., 2011).



Obrázok 12: Snímanie očí zariadením Eye Track. Zdroj: (Holmqvist a kol., 2011).

5. Analýza údajov a výsledky meraní

Eye track zariadenia zaznamenávajú rozmanité množstvo údajov, ktoré je možné rozdeliť na merania zohľadňujúce priestorové, časové, frekvenčné a sekvenčné dimenzie. Priestorové a časové parametre vyjadrujú, v akej šírke zorného poľa sa oči pohybujú, ktoré časti obrazu sú fixované a v akom čase sa toto odohráva. Frekvenčné parametre vyjadrujú, koľkokrát bol sledovaný bod fixovaný a po akú dlhú dobu, a napokon sekvenčné parametre slúžia na vyjadrenie vzorcov, ktoré reflektujú prechody medzi viacerými časťami sledovaného materiálu alebo scény (Holmqvist a kol., 2011).

Surové dáta získane zo zariadenia Eye Track počas merania sme spracovali pomocou softvéru BeGaze. Softvér ponúka množstvo výstupov a pre naše merania sme sa zamerali najmä na počet vizuálnych vstupov, počet jednotlivých sakád a dĺžky fixácií.

Ako sme už vyššie spomenuli meranie pracovného zaťaženia počas letu objektívnou metódou je možné vďaka úzkemu prepojeniu mentálnej záťaže s očnými pohybmi pilota.

Rozhodli sme sa preto uskutočniť testovacie meranie na overenie našej hypotézy, že okuliare na sledovanie očných pohybov neovplyvujú na pozornosť pilota a môžu byť používané pri meraní mentálnej záťaže počas letu. Merania sa zúčastnilo šesť pilotov, ktorí boli rozdelení do dvoch skupín: na skúsených a neskúsených- podľa počtu nalietaných hodín.

Pred samotným meraním sme si stanovili hypotézu; „Neskúsení piloti budú mať menej sakád a dlhšie doby fixácií ako skúsení piloti.“ Vychádzali sme z viacerých prieskumov a článkov, ktoré sa venovali tejto problematike. [3] Podľa týchto štúdií ak pilot nemá prispôbené optimálne podmienky alebo sa počas letu stretáva s určitými ťažkosťami, výkon sa zhoršuje a činnosť pohybov očí sa mení.

5.1. Počet prenosov (sakád) za minútu

Prvým parametrom, ktorý sme počas letu zaznamenávali bol počet vizuálnych vnemov a počet prenosov (sakád) počas letu.

Tabuľka 2: Počet vizuálnych vstupov, prenosov (sakád) a žmurknutí počas ILS letu. Zdroj: Autori.

Skúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
S1	0:04:32	740	163	702	155	23
S2	0:04:35	706	154	672	147	36
S3	0:04:26	653	147	635	143	24
Neskúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
N1	0:04:43	588	125	554	117	33
N2	0:04:13	383	91	393	93	16
N3	0:04:36	598	130	581	126	24

Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas ILS priblíženia u skúsených pilotov je 148. Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas ILS priblíženia u neskúsených pilotov je 112. Hypotéza, ktorú sme si stanovili sa potvrdila,

keďže skúsení piloti mali v priemere od 143 do 155 prenosov za minútu a neskúsení piloti od 93 do 126 prenosov za minútu.

Tabuľka 3: Počet vizuálnych vstupov, prenosov (sakád) a žmurknutí počas NDB letu. Zdroj: Autori.

Skúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
S1	0:04:30	676	150	658	146	12
S2	0:04:48	702	146	659	137	76
S3	0:04:27	646	145	582	131	59
Neskúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
N1	0:04:38	467	101	432	93	34
N2	0:04:32	424	94	406	90	17
N3	0:04:39	572	123	525	113	45

Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas NDB priblíženia u skúsených pilotov je 138. Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas NDB priblíženia u neskúsených pilotov je 98. Hypotéza, ktorú sme si stanovili sa potvrdila, keďže skúsení piloti mali v priemere od 131 do 146 prenosov za minútu a neskúsení piloti od 90 do 113 prenosov za minútu.

Rozdiel týchto hodnôt je spôsobený najmä tým, že skúsení piloti dokázali prijímať informácie v kratšom čase. Tým, že piloti porovnávali hodnoty prístroja s predchádzajúcimi, obnovovali si, interpolovali význam parametra za dobu prestávky. Vďaka interpolácii vyplnili prestávky medzi susednými parametrami, čo vyvolalo dojem neustálej kontroly. Výsledkom je, že piloti predvídali zmeny polôh na určitý čas dopredu.

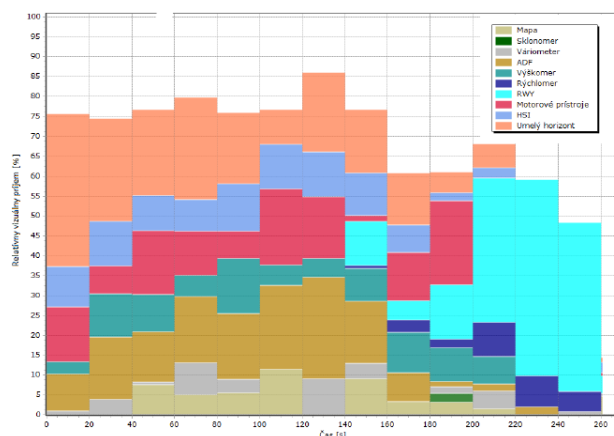
Ako sme už vyššie spomenuli skúsení piloti dokázali prijímať informácie v kratšom čase. Kratšie zotrvanie na jednom prístroji umožnilo skúsenejším pilotom skenovať ostatné oblasti záujmu. Taktiež mali viac času na detekciu prípadných chýb a následne zahájenie opravy.

Rozdiel v počte prenosov u skúsených pilotov pri ILS a NDB priblížení, je spôsobený najmä tým, že piloti majú viacej skúsenosti s ILS priblížením a majú nacvičené postupy ILS priblíženia pre dráhu 06 na letisku Žilina, Dolný Hričov. Z tohto dôvodu dokázali piloti dopredu predvídať jednotlivé hodnoty prístrojov a prechádzanie pohľadu po jednotlivých prístrojoch bolo oveľa kratšia a slúžilo len ako kontrola jednotlivých ukazovateľov.

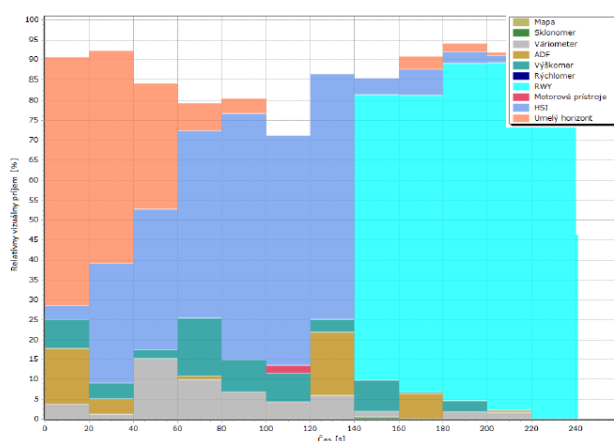
5.2. Dĺžka fixácie počas letu

Ďalším parametrom, ktorý sme počas letu zaznamenávali a následne porovnávali, bola celková doba zotrvania na jednotlivých ukazovateľoch.

Cieľové oblasti, ktoré nás zaujímajú, sa nazývajú oblasti záujmu (areas of interest alebo regions of interest). Pomocou softvéru sme vytvorili graf, na ktorom je zobrazený percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na danej oblasti záujmu v určitých časových úsekoch.



Obrázok 13: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu počas NDB priblíženia u skúseného pilota. Zdroj: Autori.



Obrázok 14: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu počas NDB priblíženia u neskúseného pilota. Zdroj: Autori.

Pri porovnaní je možné vidieť, že skenovacie postupy pilotov sú rozdielne. Neskúsený pilot sa najmä v poslednej fáze priblíženia zameria na dráhu pred sebou a nepokračoval v skenovacej technike ostatných prístrojov. V nasledujúcej tabuľke je možné vidieť percentuálny podiel doby zotrvania na jednotlivých AOI, v našom prípade sa jedná o umelý horizont (primárny prístroj) a sledovanie vonkajšieho okolia (konkrétne RWY). V prípade NDB priblíženia je rozdiel najväčší, kedy v prípade neskúsených pilotov sa jedná o dvojnásobné hodnoty v porovnaní so skúsenými pilotmi.

Tabuľka 4: Porovnanie celkovej doby zotrvania (fixácie) na umelom horizonte a sledovaní vonkajšieho okolia (RWY) počas NDB a ILS priblíženia. Zdroj: Autori.

Skúsení piloti	ILS		NDB	
	Umelý horizont	RWY	Umelý horizont	RWY
S1	34,7	8,1	22,3	17,2
S2	28,3	14,7	18	14,7
S3	29	9,5	19,4	19,2
Neskúsení piloti				
N1	34,3	10,1	27,9	40
N2	16,3	8,3	13,7	38,2
N3	34,5	13,5	25,6	37,6

Ako už bolo spomenuté nesprávna skenovacia technika môže najmä u neskúseného pilota viesť ku zahlietiu informácií čo môže spôsobiť zvýšenú únavu pilota. Táto únava a emočné napätie sa prejaví v chybných činnostiach a spomalených reakciách a môžu viesť ku vzniku klamných pocitov za letu.

Na začiatku výcviku bude pilot prijímať veľké množstvo informácií z viacerých prístrojov. Preto je nevyhnutné osvojiť si metódu selektívneho pozorovania a znížiť tým pracovnú záťaž pilota.

6. Záver

Zo všetkých zmyslov je videnie najdôležitejšie pri poskytovaní informácií na udržanie bezpečného letu. Očné pohyby poskytujú informácie o pracovnej záťaži a situačnom povedomí pilota. Pilotovanie je zložitým uvedomelým aktom, ktorý obsahuje procesy vnímania informácie, sfomovania obrazu letu na základe vnímaných informácií a nakoniec vyplnenie motorickej činnosti. Správna optimalizácia výstupov prístrojovej dosky ako je intenzita podsvietenia, audiovnmov a komfort pilotáže ako komplex, vplýva na pracovnú výkonnosť a prípadný stres posádky (Turiak a kol, 2014) Stresové prostredie môže mať negatívny dopad na rozhodovací proces. Nesprávna interpretácia informácií z leteckých prístrojov spôsobená zlým nastavením osvetlenia, môže byť zdrojom mnohých pochybení (Novák a Mrázová, 2015).

Neustále zvyšovanie bezpečnosti v leteckej doprave sa v súčasnosti najviac orientuje práve na ľudský faktor, ktorý je najčastejšou príčinou leteckých nehôd. Pomocou moderných technológií je možné objektívne merať viacero parametrov počas letu ako sú napr. koncentrácia, reakčný čas pilota, rozloženie pozornosti a pod. Kvôli bezpečnosti sa tieto merania uskutočňujú na letových simulátoroch. Nadmerné zaťaženie pilota môže spôsobiť zhoršenie vnímavých schopností, predĺžiť reakčný čas a zvýšiť pravdepodobnosť nesprávneho rozhodnutia, čo môže následne viesť k nebezpečným situáciám. Z tohto dôvodu môže výskum zameraný na mentálnu záťaž pilota prispieť k zvýšeniu bezpečnosti v leteckej doprave. Pre vývoj tejto oblasti je nevyhnutné hľadať nové systémy a metódy monitorovania záťaže pilota (Brezoňáková a kol, 2019).

Článok experimentálne overil využitie technológie na sledovanie očných pohybov ako vhodnú metódu pre objektívne meranie pracovnej záťaže pilotov počas letu. Veľkou výhodou tohto

zariadenia je jeho minimálny vplyv na pozornosť pilota a možnosť zaznamenávania očných pohybov a následná analýza. Výsledkami meraní sú grafy zobrazujúce počet vizuálnych vstupov, počet sakád a dĺžku fixácie počas priblíženia. Analýzou sledovaných parametrov sa potvrdili vopred stanovené hypotézy, že skúsení piloti budú mať väčší počet sakád s kratšími fixáciami. Záverom a výsledkom článku je potvrdenie počiatočnej hypotézy a teda potvrdenie vplyvu efektívneho praktického výcviku na zníženie pracovnej záťaže počas letu.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 046ŽU-4/2019** s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

Referencie

- Baker S. P., Lamb M. W., Grabowski J. G., Rebok G., Li, G. 2001. Characteristics of general aviation crashes involving mature male and female pilots, *Aviat Space Environ Med*
- Brezoňáková, A., Škvareková, I., Pecho, P., Davies, R., Bugaj, M., Kandra, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. In: *Transportation Research Procedia* 40, pp. 1273-1280.
- Causse, M., Dehais, F., Arexis, M., Pastor, J. 2011. Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*, 18.5, 544-561.
- Coombs, L. F. E. 1990. The Aircraft Cockpit - From stick-and-string to fly-by-wire. In: Patrick Stephens Limited, Wellingborough.
- Enderle, J. D. and Bronzino, J. D. 2012. Introduction to biomedical engineering. Academic Press.
- Holmqvist, K., Nystrom M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H. 2011. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford University Press
- Lovejoy L. P., Fowler G. A., Krauzlis R. J. 2009. Spatial allocation of attention during smooth pursuit eye movements
- Khatwa R., Helmreich R. L. 1999. Analysis of critical factors during approach and landing in accidents and normal flight
- Novak, A., Mrazova, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 17.3, 103-107.
- Turiak, M., Novák Sedláčková, A. & Novák, A. 2014. Portable electronic devices on board of airplanes and their safety impact.
- Wickens, C., Lee, J., Liu, Y. & Becker, S. 2004. An Introduction to Human Factors Engineering.