



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Hodnocení reakčního času jako ukazatele únavy u pilota

Bakalářská práce

Petr Kolman

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Petr Kolman

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Hodnocení reakčního času jako ukazatele únavy pilota**

Název tématu (anglicky): Evaluation of Reaction Time as Indicator of Pilot's Tiredness

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza současného stavu problematiky měření reakčního času pilotů s hlavní orientací na kvantifikaci únavy pomocí tohoto měření
- Návrh metodiky experimentu s cílem měření reakčního času u pilotů s postupně narůstající únavou
- Realizace navrženého experimentu
- Zhodnocení vhodnosti využití měření reakčního času jako ukazatele únavy pilota



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Russo, Michael, et al. "Visual perception, flight performance, and reaction time impairments in military pilots during 26 hours of continuous wake." (2005)
Callister, Joseph D., Raymond E. King, and Paul D. Retzlaff. "Cognitive assessment of USAF pilot training candidates." (1996)

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lenka Hanáková**
Ing. Vladimír Socha, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2017**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **27. srpna 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Petr Kolman
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 20. října 2017

Poděkování

Tímhle způsobem, bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří mi poskytli jakoukoliv pomoc během vytváření mé bakalářské práce. Díky také patří těm, kteří se zúčastnili mého měření, které bylo hlavní částí mé práce. Zvláštní poděkování patří paní Ing. Lence Hanákové a Ing. Vladimíru Sochovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce a cenné rady. Na závěr bych chtěl poděkovat mé rodině za obrovskou psychickou podporu.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 27. srpna 2018



podpis

ABSTARKT

Předmětem této bakalářské práce je výzkum vlivu únavy reakční doby u člena posádky. Reakční čas je jeden z důležitých prvků, který ovlivňuje rozhodování v povolání pilota. Při prodloužení reakčního času může dojít k chybám, které mohou dále vést k nebezpečným incidentům. Jedním z faktorů, které ovlivňují reakční čas je únava, kterou se zabývá mnoho studií, ale ne v rozmezí 24 hodin. Právě proto je zde popsán experiment, který vyhodnocuje reakční čas v závislosti na únavě. Experiment probíhal po dobu 24 hodin a měřil se na počítači, pomocí vyhotovených programů na určených k měření reakčního času. Data z testů byla vyhodnocena pomocí testu Kruskal-Wallis a následné post-hoc analýzy Dunn-Sidak. Výsledky testů ukazují, že použité metody byly správně zvolené a reakční čas je v jisté míře únavou ovlivněn.

Klíčová slova

Lidský činitel, Reakční čas, Spánek, Únava, Výkonnost

ABSTRACT

The aim of presented Bachelor thesis is to verify the influence of fatigue on pilots' reaction time. In general, reaction time is one of the most important elements influencing decision-making in many fields as well as in professional pilot profession. Increase of reaction time may lead to errors, which could lead to dangerous situations. One of the factors that could affect the reaction time is fatigue. According to current state of the art analysis, there are many studies dealing with fatigue problemacy in various fields, but not within 24 hours continuous measurements of professional pilots. That is why, the experiment to evaluate the reaction time during 24 hours workload was conduct and described in this study. Measurements were done by designed software environments situated for reaction time measuring. Collected datasets were evaluated by Kruskal-Wallis test and subsequent Dunn-Sidak post-hoc analysis. The results show that used methods were correctly chosen and the reaction time could be generally affected by a fatigue.

Key words

Human factors, Reaction time, Sleep, Fatigue, Performance

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY	10
2.1	ÚNAVA	10
2.1.1	ÚNAVA U PILOTA	10
2.1.2	FAKTORY	11
2.1.3	PŘÍČINY VZNIKU	11
2.1.4	NEHODY.....	11
2.1.5	NÁZORY PILOTŮ OHLEDNĚ ÚNAVY.....	12
2.1.6	NEUROFYZIOLOGICKÉ DŮKAZY ÚNAVY V LETECTVÍ	12
2.1.7	PREVENCE ÚNAVY	13
2.2	SPÁNEK	13
2.2.1	STÁDIA SPÁNKU	14
2.3	NA ZAČÁTKU SPÁNKU DOCHÁZÍ KE STŘÍDÁNÍ NREM STADIÍ OD PRVNÍHO DO ČTVRTÉHO. TAHLE FÁZE BÝVÁ NĚKDY PŘERUŠENA FYZICKÝMI POHYBY, MŮŽE DOJÍT I KE KRÁTKÉMU PROBUZENÍ. DÉLKA OD PRVNÍHO STÁDIA NREM AŽ PO UKONČENÍ REM JE ASI 100 MINUT. TENTO CYKLUS SE MŮŽE OPAKOVAT ČTYŘIKRÁT AŽ ŠESTKRÁT ZA NOC, KDY SE V KAŽDÉM NÁSLEDUJÍCÍM CYKLU NREM ZKRACUJE A FÁZE REM PRODLUŽUJE. ^[8]14	
2.3.1	NREM FÁZE SPÁNKU	14
2.3.2	REM FÁZE SPÁNKU	15
2.3.3	SPÁNKOVÉ KREDITY	16
2.3.4	SPÁNKOVÉ PORUCHY	17
2.3.5	MIKROSPÁNEK	18
2.3.6	KUMULOVANÁ ÚNAVA	18
2.4	FRMS – FATIGUE RISK MANAGEMENT SYSTEM	18
2.4.1	ROZLIŠENÍ FRMS.....	19
2.4.2	SPOLUPRÁCE SPOLEČNOSTI A FRMS	19
2.4.3	POLITIKA FRMS	19
2.4.4	POSTUPY ŘÍZENÍ RIZIK.....	20
2.4.4.1	<i>Identifikace</i>	20
2.4.4.2	<i>Zhodnocení rizik</i>	21
2.4.4.3	<i>Minimalizování rizik</i>	21
2.4.5	PROPAGAČNÍ PROCESY	22
2.4.6	SCHVALOVACÍ PROCES.....	23
2.5	PŘEDPISY SLOUŽÍCÍ K PLÁNOVÁNÍ POSÁDEK	23
2.5.1	DEFINICE POJMŮ	23
2.5.2	ODPOVĚDNOST.....	25
2.6	REAKČNÍ DOBA.....	25
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
3.1	METODIKA MĚŘENÍ	29
3.1.1	PRŮBĚH EXPERIMENTU.....	29
3.1.2	SUBJEKTY	31
3.1.3	PSYCHOHYGIENA PŘED A PŘI MĚŘENÍM	31
4	HODNOCENÍ DAT	32
4.1	NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ	32

4.2	TESTY NORMALITY	34
4.3	NEPARAMETRICKÝ TEST	35
4.4	PARAMETRICKÝ TEST.....	36
4.5	KRUSKAL WALLIS TEST.....	37
5	VÝSLEDKY	39
5.1	VÝSLEDKY 4 CHOICE	39
5.2	VÝSLEDKY 4 CHOICE CORRECT	40
5.3	VÝSLEDKY SRT	41
6	DISKUZE.....	43
7	ZÁVĚR.....	44
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	47
	PŘÍLOHY	48

Zkratky

H_0	nulová hypotéza
μ	střední hodnota
AIDS	<i>Acquired Immune Deficiency Syndrome</i>
ČVUT	České vysoké učení technické
EEG	Elektrokardiografie
F(x)	Distribuční funkce
f(x)	Hustota pravděpodobnosti
FD	fakulta dopravní
FRM	Fatigue Risk Management
FRMS	Fatigue Risk Management Systém
ICAO	International Civil Aviation Organization
NREM	Non Rapid Eye Movement
NTSB	Národní rada pro bezpečnost dopravy
OM-A	Operational Manual part A (provozní příručka část A)
REM	Rapid Eye Movement
SMS	Safety Management Systém
SRT	Simple reaction time (prostá metoda měření reakčního času)
UCL	Úřad pro civilní letectví
W	Testová statistika Shapirovova-Wilkova testu
X, Y, Z	Náhodná veličina
χ^2	Testová statistika Chí-kvadrát testu dobré shody
α	Hladina významnosti
σ	Směrodatná odchylka
σ^2	Rozptyl
Φ	Distribuční funkce normovaného normálního rozdělení

1 Úvod

V současné době je doprava součástí našeho života, bez které se jen stěží obejdeme. Stále oblíbenějším způsobem je letecká doprava. Hlavními důvody jsou zejména rychlost, komfort cestujících, ekonomika, hospodárnost a bezpečnost. Letecká doprava patří dokonce mezi nejbezpečnější způsob dopravy. Bohužel ani v dnešní době, není nic dokonalé a nehody se stávají. Ze statistik vyplývá, že téměř 70 % leteckých nehod je zapříčiněno chybou právě lidského činitele.

Velkým faktorem je únava, kterou tahle bakalářská práce více popisuje a také reakční čas, který je únavou ovlivněn.

Únava v letectví je v dnešní době jeden z nejprobíranějších a nejnebezpečnějších faktorů. Ovlivňuje přesnost, správné rozhodování, a také reakční dobu pilota. Všechny tyto faktory nám ovlivňují bezpečnost letu. V současné době je snaha o neustále navyšování bezpečnosti v letecké dopravě.

Hlavním způsobem vyvarování se únavě je v podobě norem. Ty ovšem neřeší veškeré problémy, protože každý je jiný, a každé tělo funguje trochu jinak. Tenhle problém, z určité části řeší FRMS (Fatigue Risk Management System), který nahlíží na problém jako na problém jednotlivce a ne celé skupiny.

Jelikož jsem sám studentem ČVUT FD oboru Profesionální pilot, problematika mě velice zajímala. Aby měl experiment určitou váhu, tak všichni, kdo se zúčastnili, jsou také piloty ve výcviku. Chtěl jsem tímto experimentem nahlédnout do problému z větší blízkosti a zjistit tak, jakou vahou nám může únava reakční čas ovlivnit.

2 Uvedení do problematiky

2.1 Únava

Únava je univerzální příznak spojený s akutními a chronickými nemocemi, ale také se zdravým uvažováním a každodenním životem. Je to jeden z nejvíce běžných problémů primární zdravotní péče u lidí. Únava je převládající a tíživá u těch, kteří trpí například artritidou, roztroušenou sklerózou, cukrovkou, AIDS a ti, kteří podstupují ozařování nebo chemoterapii. Je to také primární porucha u lidí s chronickým únavovým syndromem. ^[1]

Díky komplexním interakcím biologických procesů, psychosociálních fenoménů a také projevů chování, lámalo definování únavy hlavu vědcům po mnoho let. Zatímco někteří rozlišují normální únavu od psychologické a patologické, ostatní vidí normální únavu jako akutní, a patologickou jako chronickou. Z čistě fyziologického hlediska, únava je definována jako funkční selhání orgánů. Takové selhání orgánu má většinou na svědomí velká spotřeba lidské energie a může se projevit například ztrátou hormonů. Únavu také spojujeme s horečkami, infekcemi a poruchami spánku. Únava byla podle některých vědců rozdělena na centrální a periferní druh. Centrální model zahrnoval problémy centrální nervové soustavy (CNS) a periferní model například poškození neuromuskulárního přenosu. ^[1]

Únava byla obecně rozdělena na psychickou a fyzickou a dále na krátkodobou a dlouhodobou.

- Psychická únava – U psychické únavy jde o pocit, který lidé mohou zažít anebo zažívají po dlouho dobu. Jsou to pocity, které zažívá velká spousta lidí a objevují se v každodenním životě. Obecně je to únava, ale může to vést i k vyčerpání a averzi pokračovat za dosažením určitého cíle. Je také spojována se zhoršující se kognitivní a behaviorální činností. ^[2]
- Fyzická únava je způsobena vypotřebováním energetických zásob a uvolňováním kyseliny mléčné do organismu. Obecně jde o pokles síly ve svalech. Když zátěž skončí, tak se cukry v těle začnou obnovovat a dochází k nabírání energie. ^[2]
- Krátkodobá únava – provází nás každým dnem. Jako lék proti krátkodobé únavě patří dostatek kvalitního spánku. ^[3]
- Dlouhodobá – hrozí v případě, kdy se člověk zcela neodstane z vlivů krátkodobé únavy. Může vést až ke zhroucení organismu. ^[3]

2.1.1 Únava u pilota

Definice únavy dle ICAO: „Fyziologický stav snížené duševní nebo fyzické způsobilosti vykonávat své povinnosti, vyplývající z úbytku spánku nebo delší nespavosti, denní fáze nebo pracovního zatížení (duševní a/nebo tělesné aktivity), který může narušit bdělost členů posádky a jejich schopnosti zajistit bezpečný provoz letadla nebo vykonávat své povinnosti související s bezpečností“ ^[4]

Ačkoliv je letecká doprava jednou z nejrychlejších a nejbezpečnějších metod cestování tak při nehodě dochází k obrovské ztrátě, jak na životech, tak z hlediska financí. Únava u posádky je jednou z hlavních příčin leteckých nehod. Je to velmi významný faktor ovlivňující bezpečnost letu, často ale nebývá brán moc vážně jak už v civilním, tak ve vojenském letectví. Podle oficiálních statistik se tento faktor podílí nejméně na 4-8 % leteckých katastrof. Průzkumy prováděné u pilotů a členů posádek ukazují, že únava je obrovský problém u dnešní letové provozní doby 24/7. A to je i důvodem snahy o regulaci a vzniku norem, aby byl zajištěn optimální odpočinek pro posádky a tím byla únava zmírněna. [5]

Je tu spousta faktorů, kvůli kterým vzniká a prohlubuje se únava u pilotů, a tak ovlivňuje jejich výkonnost jak na dlouhou trať, tak na krátkou. Je jasné, že se tyto problémy musí řešit, avšak to i v dnešní moderní době není snadné.

2.1.2 Faktory

Piloti a členové posádky jsou neustále konfrontováni s dlouhými pracovními dny, předčasnými odjezdy, pozdními příjezdy a nestandardními pracovními hodinami, které zahrnují noční službu a rotující jízdní řády. Dopravní piloti na dlouhé vzdálenosti a řada vojenských pilotů také dělají časté přechody napříč velkým množstvím časových pásem, které přispívají k cirkadiánním poruchám a problémům se spánkem. [2]

2.1.3 Příčiny vzniku

Únava může být způsobená několika faktory z čehož hlavními můžou být právě:

- Pásmová nemoc (Jet Leg) – odborně taky známe jako Desynchronóza. Je to porucha spánku, která nastává z narušení biorytmů, když překonáme rychle více časových pásem. Symptomy jsou většinou závažnější při cestování východním směrem, kdy u člověka nastává problém usnout. Při cestách na západ je problém opačný a člověk se budí časně z rána. Typickými příznaky je nevolnost, dezorientace, bolesti hlavy a únava. [2]
- Plánovací faktory – Správné plánování je v letectví jedna z nejdůležitějších věcí. Je to jedna ze základních věcí, na kterou si musíme dát pozor. Špatné plánování si můžeme představit jako kratší odpočinek pro pilota, neplánované směny a tím i delší čas ve službě. [3]
- Více úsekové lety – Tyhle lety nejsou závažné ze strany velkých vzdáleností a dlouhého času ve vzduchu, ale právě kvůli menším vzdálenostem a více přistáním a vzletům, kdy pilot musí být neustále ve střehu. [3]

2.1.4 Nehody

Národní rada pro bezpečnost dopravy (NTSB) – studie závažných havárií u vnitrostátních leteckých společností od roku 1978 do roku 1990 částečně dospěla k závěru, že posádka zahrnující kapitány a první důstojníky jejichž čas od doby probuzení byl nad průměrnou hodnotou pro jejich pozici, posádka dělala celkově více chyb, a to jak taktických, tak procesních chyb v rozhodování. Je odhadováno, že únava může být zapojena do 4-8 % nehod

v civilním letectví, a data amerického centra pro bezpečnost armády přepokládá, že únava je zahrnuta v 4 % nehod ve vojenském letectví. ^[6]

Na první pohled, některé z těchto procent vypadají poněkud bezvýznamně, nicméně je třeba poznamenat, že náklady na jednu z civilních nehod mohou přesáhnout stovky miliónů dolarů, a z hlediska osobního utrpení je neocenitelné. Přestože nejsou žádná konkrétní čísla k dispozici, je pravděpodobné, že hlavní úpadky vztahů společnosti s lidmi vyplývají z událostí jako nehoda Korean Air let 801 ve které zahrnulo 228 lidí (12) a nehoda American Airlines let 1420 ve které zemřelo 11 lidí. V každém z těchto případů figurovala únava posádky. ^[6]

2.1.5 Názory pilotů ohledně únavy

Průzkumy členů posádek jak v dopravním, tak vojenském letectví se shodují, že z leteckého hlediska, je únava velmi vážný problém. Výsledky u posádek, které byly zkoumány naznačovali, že ospalost a problémy s koncentrací byly častými příznaky únavy posádky. V dálkové mezinárodní dopravě, piloti často připisují únavu spánkové deprivaci a cirkadiánním poruchám s přechodem časových zón. Ačkoliv, je pilotům na dlouhé tratě, které trvají 12 nebo více hodin dovolen spánek, výzkumy ukazují, že je mnohem méně účinnější než spánek doma, nejvíce kvůli hluku, turbulencím, teplotě, osvětlení a dalším komfortním faktorům. Piloti, kteří létají krátké vzdálenosti (vnitrostátní) dávají za vinu vzniku únavy spánkové deprivaci a velkému pracovnímu zatížení. Jak piloti na dlouho vzdálenost, tak piloti na krátkou vzdálenost běžně spojují jejich únavu s nočními lety, jet lag, brzkému vstávání, časovému presu a po sobě jdoucích letů bez dostatečných pauz na zotavení. Soukromí piloti mají podobné problémy, které hlásily jejich obchodní protějšky, o čemž svědčí skutečnost, že nejčastější problémy s únavou vznikají v důsledku špatného plánování letu. Počasí a turbulence v kombinaci s po sobě jdoucími dlouhými dny ve službě, změnami časových zón a nedostatečnými dobami pro odpočinek jsou taky na vině. Tři čtvrtiny soukromých pilotů si myslí, že únava je středně závažným nebo vážným znepokojením a 71 % těchto pilotů uvedlo, že v určitém okamžiku se nachytá v pozici lehkého spánku. Podobné výsledky byly zjištěny i u pilotů regionálních leteckých dopravců, kde většina leteckých dopravců uvedla, že únava je středně závažný nebo vážný problém. ^[6]

2.1.6 Neurofyziologické důkazy únavy v letectví

Podle výše popsaných průzkumů, údaje studií poskytly objektivní důkaz, že únava a ospalost je vážným problémem na palubě, který je založen na fyziologických faktorech. Elektroencefalografická aktivita u posádky byla sledována v několika studiích s cílem určit biologické náklady (ztráty) u dálkových a nočních letů. Tyto studie určily přítomnost pomalé vlny EEG (která může být shromažďována bez zásahu do primárních povinností pilota), od čeho se odvíjí známý ukazatel pro únavu. Fáze, zvýšené mozkové aktivity pomalých vln (často

uváděné jako mikrospánek) byly spojeny se všeobecným snížením kognitivních vlastností, stejně jako sníženou rychlost reagovat na příchozí podněty. Několik testů během letu ukázalo, že se mikrospánek skutečně vyskytuje u posádky v kokpitu. Bylo dokázáno, že piloti na dlouhé trasy jsou obzvláště náchylní k mikrospánku a nízké bdělosti během fází letu, kdy nemusí udržovat maximální ostražitost. Také bylo zjištěno, že se tenhle problém může objevit u obou členů posádky současně. U jedné posádky, která byla hodnocena se ukázalo zvýšení pomalé vlny EEG jak u pilota, tak u co-pilota během čtvrté a páté hodiny letu z Paříže do Winnipegu. Podobná situace nastala během přibližně stejného času po cestě zpátky domů. Wright McGownd zjistili, že se mikrospánek objevuje až 9x tolik během nočních letů ve srovnání s lety ve dne. Zvláštní zájem se týkal skutečnosti, že tyhle "výpadky" nebyly zjištěny posádkou. Pilot se může domnívat, že se úspěšně vyvaroval skutečností závažné únavy, ikdyž opakovaně usnul.^[6]

Během dne se průměrný počet mikrospánku na jednoho pilota za hodinu výrazně zvýšil od 8-h. (0.5 mikro spánku na hodinu). Do konce letu (1.2 mikrospánku na hodinu), zatímco v noci, průměrný počet mikro spánku dosáhl již 0.4 za hodinu a během třetí hodiny letu se navýšil na 1.9 mikro spánku na pilota.^[6]

Studie ukázali, že příhody EEG související s ospalostí se vyskytují během dlouhých tak i krátkých nočních letů. Bylo dokázáno významné zvýšení pomalých očních pohybů a pomalé aktivity EEG zejména během pozdější části simulovaného letu B 747. Mezi ranními hodinami 0540 a 0640 došlo k fyziologickému prokázání ospalosti během 11-15% stanovených period a při pozdější části byly pozorovány přímé epizody spánku u 9 ze 14 subjektů.^[6]

2.1.7 Prevence únavy

Prostý, ale také nejlepší lék na boj proti únavě je kvalitní spánek. Rozhodně bychom neměli potlačovat symptomy únavy pomocí káv a různých nápojů na energii. Můžeme je požit pouze, než se únava projeví. Ovšem konzumace, již při projevení prvních příznaků únavy může být zdraví nebezpečná. Jde o to, že i když příznaky únavy stimulanty potlačíme, tak se sice dostaneme do stavu, ve kterém jsme schopni pokračovat v dané činnosti, ale po vymizení účinků těchto látek se začne únava projevovat v mnohem větší míře než předtím a dochází tak k úplnému vyčerpání. Také to může dojít až k selhání organismu.^[7]

2.2 Spánek

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu o únavě, spánek je její nejlepší prevencí. Patří mezi elementární biologické mechanismy, které ovlivňují kvalitu života. Je to protipól ostražitosti. Spánek, ale není stav při, kterém dojde k vypnutí funkcí organismu, je to přesně naopak;

spánek je aktivně řízen z mozkového ústředí. V odborných publikacích se nejčastěji zmiňuje, že pro zdravý spánek u dospělého člověka potřebujeme 8 hodin. Tenhle údaj je pouze přibližný a orientační. Každý člověk má různou potřebu spánku. V průměru se můžeme bavit o 6–10 hodinách spánku. Jak může být jasné, potřeba spánku u dětí je větší a s navyšujícím věkem se snižuje. [2]

Pokud chceme mít opravdu kvalitní spánek, rozhodně bychom se měli budit přirozenou cestou a ne pomocí různých budíků. Při přirozeném vzbuzení zabere člověku asi 10-15 minut, než se zcela zorientuje a může plnit správná rozhodnutí. [2]

2.2.1 Stádia spánku

Spánek probíhá v pěti, cyklicky se střídajících stádiích. Pro zdraví jedince a pocit kvalitního vyspání je zapotřebí všech pěti. Ponětí o hlavních dějích, které jsou sdružené s usínáním, spánkem a probouzením je pro piloty velmi podstatné. [8]

Stádia 1-4 tvoří dílčí fáze synchronizovaného spánku. 5. stádium má pouze jednu fázi a je pojmenováno jako desynchronizovaný. Ve fázi synchronizovaného spánku dochází k obnově energetických složek organismu. A u desynchronizovaného dochází ke srovnání informací v paměťových vrstvách mozku. [8]

Obecně se bavíme od dvou fází spánku, a to je fáze REM (rapid eye movement – rychlé oční pohyby) a NREM (non-REM – opak REM), během spánku se pravidelně střídají. Fáze NREM je spojena s tlumením mozkové činnosti a dělí se na 4 stádia, které se dále dělí podle hloubky spánku. Ve fázi REM je mozková aktivita jako ve stádiu bdělého stavu, rychlé oční pohyby pod zavřenými víčky, živé sny a ztráta svalového napětí. [8]

2.3 Na začátku spánku dochází ke střídání NREM stadií od prvního do čtvrtého. Tahle fáze bývá někdy přerušena fyzickými pohyby, může dojít i ke krátkému probuzení. Délka od prvního stádia NREM až po ukončení REM je asi 100 minut. Tento cyklus se může opakovat čtyřikrát až šestkrát za noc, kdy se v každém následujícím cyklu NREM zkracuje a fáze REM prodlužuje. [8]

2.3.1 NREM fáze spánku

Na začátku spánku dochází ke střídání NREM stadií od prvního do čtvrtého. Tahle fáze bývá někdy přerušena fyzickými pohyby, může dojít i ke krátkému probuzení. Ve fázi NREM je činnost neuronů velice nízká, a to také zapříčiňuje nízkou hladinu metabolismu. Dochází zde také k regeneraci. [9]

1.stádium

Je to nejkratší stádium NREM fáze. Trvá pouze pár minut a jde o přechod mezi bděním k začátku spánku. V tomhle stádiu lze člověka ještě jednoduše probudit a nemusí mít ani tušení, že už usínal. ^[9]

2.stádium:

Jedinec ve druhém stádiu, již spí lehkým spánkem. Tohle stádium je asi dvakrát delší než první stádium. Uvádí se, že jedinec zde stráví průměrně polovinu celkové doby spánku. ^[9]

3. stádium

Člověk je již v hlubokém spánku a je těžké ho vzbudit například hlukem, ale je to možné například voláním jeho jména. ^[10]

4.stádium

Podobně jako ve třetím stádiu člověk hluboce sní a zdají se mu sny. 4. stádium je někdy označované za pomalovlnný spánek. ^[10]

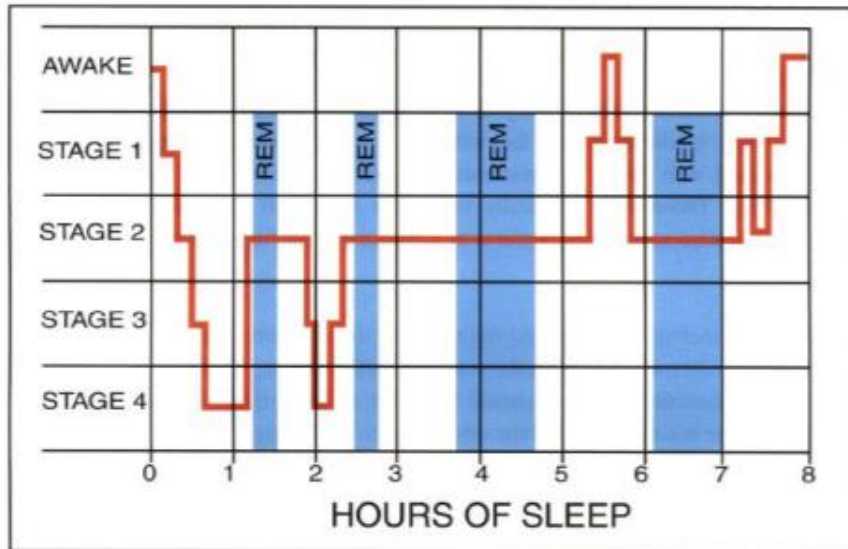
Doba, jakou člověk stráví v následující spánkové periodě záleží na době, jak je dlouho člověk vzhůru. V hlubokém spánku je mozková činnost asi kolem 80 procent, a to je důvod, proč je hluboký spánek tak důležitý v procesu učení. ^[10]

2.3.2 REM fáze spánku

Takzvané Rapid Eye Movement Sleep. Je to nejhlubší část spánku u člověka. Dochází zde k očním pohybům, které trvají asi 20 sekund. Také dochází k nepravidelnému dýchání a srdeční frekvence se zvýší na hodnoty rovné jako při bdělém stavu. ^[10]

Vzbudit jedince v REM spánku je složitější než v jiných stádiích. V průběhu REM fáze dochází k velkému množství snů, které jsou velice výrazné až živé. ^[10]

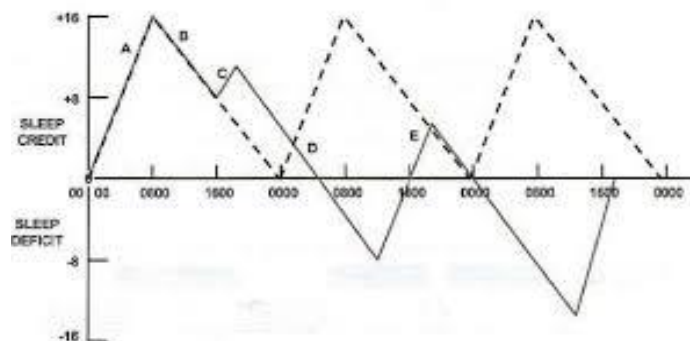
Když vědci porovnávali REM a NREM spánek, přestali považovat stádium REM za spánek a označují ho za třetí stav mimo bdění a NREM spánek. Někdy popisován jako paradoxní spánek ^[10]. Průběh spánku je vyobrazen na Obrázku 1.



Obrázek 1. Stádia spánku [11]

2.3.3 Spánkové kredity

Když hovoříme o spánku, existuje tu určitý způsob, podle kterého se dá zjistit, zda je spánku dostatek anebo nikoliv. Jedna prospaná hodina se rovná 2 bodům a jedna hodina vzhůru se rovná ztrátě 1 bodu. V průměru by člověk měl za 8 hodin spánku dostat 16 bodů. ^[3]



Obrázek 2. Spánkové kredity [11]

Na obrázku 2 je čárkovane zvýrazněn ideální stav. Plnou čarou je pak znázorněn jiný než ideální případ:

- pilot spí 0000-0800 (16 kreditů),
- den tráví doma se svou rodinou 0800-1600 (16-8=8 kreditů),
- před službou jde na chvíli spát 1600-1800 (8+4=12 kreditů),
- poté odjíždí do práce, ze které se vrací v 0600, avšak usíná až v 1200 (12-18=-6 kreditů),
- spí 1200-1800 (-6+12=6 kreditů),

- poté opět odchází do služby a znovu do postele se dostává až v 1200 následujícího dne (6-18=-12 kreditů),
- spí 1200-1800 (-12+12=0 kreditů).

Tímhle způsobem se dostaneme do stavu, kdy je biorytmus pilota rozladěný. Proto, jak bylo zmíněno dříve, je plánovací faktor jeden z nejdůležitějších, který nám výrazným způsobem ovlivňuje únavu. ^[11]

2.3.4 Spánkové poruchy

Spánek, stejně jako každá jiná činnost organismu, může trpět různými druhy poruch, které zhoršují kvalitu spánku. Základními problémy jsou:

- Spánková apnoe
- Náměšičnost
- Nespavost ^[9]

Spánková apnoe

Jde o problém, při kterém člověk přestane na určitou dobu dýchat. Vyskytuje se nejčastěji u lidí, kteří trpí nadváhou. Pokud je porucha příliš vážná a brání jedinci v dýchání na delší dobu. Začíná být ohrožen život jedince a je potřeba spávat s kyslíkovou maskou. ^[3]

Náměšičnost

Jedna z nejznámějších poruch spánku. Jedinec se chová jako v bdělém stavu, zvládne se hýbat a povídat si. Touto poruch je postiženo spíše více dětí než dospělých. Může být vyvolána stresem anebo nemocí. ^[9]

Nespavost

Známa pod odborným názvem Insomnie a dělí se na dvě skupiny, i.e. klinická a situační.

Klinická nastává, když má jedinec problém usnout, ale cítí, že jeho organizmus je unavený a připravený na spaní. Bývá většinou spojována s jinou nemocí. Rozhodně ji není doporučeno zahánět různými léky na spaní.

Naopak situační, je opakem klinické nespavosti. Kdy se jedinec unavený necítí, ale spát chce. Mozek ani tělo, ale není ve stádiu, kdy by potřebovali spát. Tento problém se hodně často vyskytuje v letectví. Je zapříčiněn překračováním více pásem a také nepravidelným pracovním rytmem. ^[9]

2.3.5 Mikrospánek

Je to časová pauza, kdy jedinec upadne do spánku. Doba, kdy se člověk nachází v mikrospánku se pohybuje od desetin vteřiny po několik sekund. Většinou si jedinec ani nevšimne, nepostřehne, že se nacházel v mikrospánku. Zajisté jde mikrospánek rozpoznat pouze pomocí EEG. ^[9]

Tento časový úsek, nám nijak nepomůže v oddálení únavy. Je to velmi nebezpečný jev v kritických částech letu jako je například vzlet a přistání. Když se člověk probudí z mikrospánku, nastane u něj jev uleknutí. Tento jev bývá častou příčinou nehod, protože se člověk snaží opožděně a zbrkle reagovat, aby vykompenzoval například změnu směru. ^[9]

2.3.6 Kumulovaná únava

Nastává tehdy, kdy má člověk sice kvalitní spánek, ale pouze v malé míře, nebo také může nastat při nekvalitním spánku ať už je kratší nebo klidně delší. Pokud má člověk nekvalitní spánek několik nocí po sobě, dochází ke zhoršení jeho reakčních schopností a schopnosti správně vyhodnocovat dané situace. Hrozí například při několika nočních letech za sebou. ^[10]

Pilot, který je postižen kumulovanou únavou je mnohem pravděpodobnější, že udělá nějakou chybu, než člověk odpočatý a také snadněji upadne do mikrospánku. Tento typ únavy nelze odstranit během jednoho kvalitního spánku, spíše jde o dlouhodobou regeneraci. U každého subjektu je to samozřejmě rozlišné a nedá se jednoznačně určit. ^[10]

Abychom s jistotou zabránili kumulované únavě, museli bychom prodloužit zotavovací odpočinky, než je stanovené minimum. A to nejen při pracovních dnech, ale i o dnech volna. Například z jednoho dne volna udělat dva, aby si člověk mohl odpočinout jako po fyzické, tak po psychické stránce života. ^[12]

2.4 FRMS – Fatigue Risk Management System

Definice FRMS: „Na údajích založené prostředky průběžného sledování a řízení bezpečnostních rizik spojených s únavou na základě vědeckých principů a znalostí, stejně jako provozních zkušeností, které směřují k zajištění toho, že příslušný personál vykonává své úkoly s odpovídající úrovní bdělosti.“ ^[4]

FRMS slouží jako přídavek k normám, které pracují s únavou. Postupy FRMS by měli zabraňovat únavě anebo zmenšovat únavu v letectví. FRMS se vždy musí aktualizovat z důvodu dynamiky leteckého provozu. ^[13]

2.4.1 Rozlišení FRMS

Je to program, který byl vytvořen za účelem prevence únavy u pilotů. Hlavní cíl je udržet členy letové posádky v bdělosti, aby mohli pracovat s určitou úrovní bezpečnosti. [14]

Za FRMS se nepovažuje:

- náhrada normativních dob letové služby a omezení
- prostředek řízení časů letů a služeb v pláncích členů posádky
- software pro analýzu plánek členů posádky, k zjištění míry únavy. [14]

Normy jsou pevně a všeobecně dané a nelze si je jenom tak měnit. Dají se upravovat pouze pokud dostaneme výjimku od UCL. Normy jsou povinné a platí pro všechny, to ovšem neznamená, že s nimi všichni souhlasí a všem vyhovují. Systém FRMS je spíše založen na individuálním přístupu k prevenci únavy. [10]

2.4.2 Spolupráce společnosti a FRMS

FRMS dává společnosti:

- větší bezpečnost provozu
- informace únavy u posádky
- spolupráci s SMS
- navýšení efektivity plánování služeb letové posádky [14]

Společnost pro systém FRMS musí dávat následující informace:

- identifikační proces spojený s únavou
- zaškolení personálu, kterého se FRMS týká
- vytvoření anonymního programu pro nahlašování únavy, která ovlivňuje bezpečnost letu [14]

FRMS je složka SMS a její struktura je vyobrazena na obrázku 4. [10]

2.4.3 Politika FRMS

Když dojde k začlenění FRMS do SMS, musíme si dávat pozor na to, aby byla politika SMS a FRMS zřetelně rozlišitelná. Musí být spolehlivě uznána a podepsána odpovědnou osobou. [10]

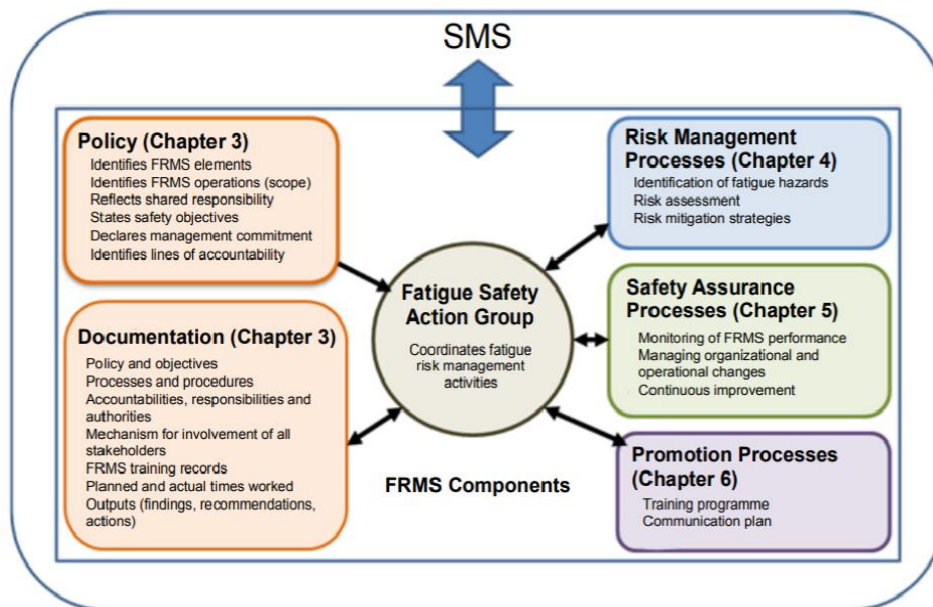
Zahrnuje:

- Jasně bezpečnostní cíle
- Účinný přenos informací mezi posádkou a vedením
- Financování
- Zdokonalování

- Zřetelně rozdělené hranice odpovědnosti vedení, posádky a zaměstnanců [10]

Odpovědnost v poli FRMS:

- Odpovědný manažér – Založení FRMS
- Vedení – celkové řízení FRMS
- Posádka – minimalizaci únavy a nahlášení, když je neslučitelná s bezpečným provedením letu [14]



Obrázek 3. Struktura FRMS [11]

2.4.4 Postupy řízení rizik

Jsou velmi podobné jako jsou postupy SMS. Hlavní rozdíl je, že u postupů pro řízení rizik FRMS, jde hlavně o zkoumání rizik, které jsou v určitém spojení s únavou. Správná identifikace vychází z posouzení a eliminace rizika. [10]

2.4.4.1 Identifikace

Hlavním úkolem je se soustředit na určité procesy FRM a získat a zhodnotit informace, které máme k dispozici. Postupy se dělí na tři části. [10]

Prediktivní – zhodnocuje se zkoumáním plánování s určitým přihlédnutím k faktorům, které ovlivňují výkonost daného jedince. [10]

Proaktivní – zkoumá riziko provozu, pomocí:

- Záznamů od posádek

- Různých průzkumů
- Vědeckých studií
- Analýz plánovaného a skutečného vytížení ^[10]

Reaktivní – Identifikuje poměr reportů od posádek a negativní vlivy na bezpečnost, aby se tak mohlo zjistit, jak zmenšit únavu. Identifikace pomocí:

- Záznamů od posádky
- Nehod
- Vyhodnocení letových dat ^[10]

2.4.4.2 Zhodnocení rizik

Je založené na principu zhodnocení rizika pro bezpečný let. Dále musí nastat rozdělení jaká rizika se musí minimalizovat. Daná rizika se zhodnocují pomocí:

- Provozních postupů
- Možnými následky
- Podle aktuálních opatření ^[10]

2.4.4.3 Minimalizování rizik

Provozovatel musí zavést metody pro nejlepší minimalizaci únavy. Metody jsou potřeba prokonzultovat se všemi subjekty, co se podíleli na výzkumu, podle následujících bodů:

- Určení postupu
- Zavedení postupu
- Monitorování
- Vyhodnocování závažnosti rizik ^[10]

Na zhodnocení vážnosti rizika můžeme použít tabulku závislosti pravděpodobnosti vzniku rizika. Tento způsob, ale není pro provozovatele nijak závazný. Je na každém z provozovatelů, jakým způsobem si zvolí své podmínky pro zhodnocování vážnosti rizika. Tabulka je zobrazena na obrázku 4. ^[11]

		Fatigue risk				
		Risk severity				
Risk probability		Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent	5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional	4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote	3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable	2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely Improbable	1	1A	1B	1C	1D	1E

Obrázek 4. Tabulka vyhodnocení vážnosti [11]

Červenou barvou jsou zvýrazněna rizika, která jsou nepřijatelná a potřebují být ihned řešená a minimalizovaná. Žlutou barvou jsou rizika, která už jsou přijatelná, ale je předpokládán podniknutí kroků a řešení daného problému. Zelenou barvou jsou rizika přijatelná. Ke správnému rozdělení se používají tabulky, které jsou na obrázku 5. a 6.^[11]

Pravděpodobnost vzniku	Definice	Hodnota
frequent	dějí se velmi často	5
occasional	dějí se občas	4
remote	nepřavděpodobné, ale možné	3
improbable	velice nepřavděpodobné	2
extremely improbable	skoro nemožné	1

Obrázek 5. Pravděpodobnost vzniku únavy [11]

Charakter rizika	Definice	Hodnota
catastrophic	mnoho mrtvých, zničený majetek	A
hazardous	vážná zranění, silně poškozený majetek	B
major	vážný incident, zraněné osoby	C
minor	nepříjemnost, omezení provozu, využití nouzového postupu, menší incident	D
negligible	zanedbatelné, bez podstatných důsledků	E

Obrázek 6. Charakterizace rizik [11]

2.4.5 Propagační procesy

Jde o z jakési udržení postupů o FRMS v podvědomí společnosti. Na prvním místě je školení jedinců, kteří jsou zúčastněni. Důležité je správně a důkladně proškolení členy posádek, dispečery a také všechny zúčastněné v projektu boje na eliminaci únavy.^[10]

Hlavním programem školení je:

- Stanovení odpovědnosti ve FRMS
- Politika FRMS

- Komunikace v rámci FRMS ^[10]

2.4.6 Schvalovací proces

Když se stát rozhodne nějakým způsobem usměrňovat FRMS, je nutné, aby jasně a zřetelně formulovat proces schvalování programu u společnosti. Schvalovací proces se tak dělí do čtyř částí. ^[10]

Fáze 1 – plánování

V téhle části procesu, je hlavním úkolem připravit plán, jak bude celý systém u společnosti fungovat. Je potřeba určit, kdo bude nést odpovědnost za správné zavedení FRMS. Základem je vznik analýzy GAP, jde o nastavení záměrů a způsobů, jak jich dosáhnout, také porovnáváme nynější a budoucí stav. Následně se dostáváme ke vzniku politiky a jasné dokumentace. ^[10]

Fáze 2 – zavedení reaktivních FRM postupů

Při zavádění reaktivních postupů, nám jde o získání a zhodnocení současných informací a dat ke vzniku FRMS. Tyhle data získáváme od hlášení posádek a z provozních zkušeností. ^[10]

Fáze 3 – zavedení proaktivních a prediktivních FRM postupů

Tahle část je především založena na získaných datech z fáze druhé. K tomu se ještě navíc přidávají proaktivní a prediktivní postupy identifikace rizika. ^[10]

Fáze 4 – zavedení FRMS bezpečnostních postupů

Při téhle fázi dochází k aplikaci bezpečnostních postupů na eliminaci únavy, systém sledování FRMS a jeho zdokonalování. ^[10]

2.5 Předpisy sloužící k plánování posádek

Předpis, který se zabývá únavou se nazývá L6.

Všichni provozovatelé jsou povinni začlenit kapitolu Omezení doby letu do svého OM-A. Vyhází z národního předpisu a musí být akceptována úřadem civilního letectví. V téhle kapitole jsou povinně vypsány omezení doby služby, letové služby a zavedené minimální odpočinky. ^[4]

2.5.1 Definice pojmů

Předpis L6 zahrnuje pojmy a definice, které jsou nutné pro porozumění problematice omezení doby letu. ^[4]

Služba – Duty

„Každý úkol, jehož vykonání požaduje provozovatel po členech letové posádky nebo palubních průvodčích, zahrnující například dobu služby, administrativní práce, výcvik a přemístění.“^[4]

Doba služby – Duty period

„Doba, která začíná okamžikem, ke kterému provozovatel od člena letové posádky požaduje, aby nastoupil do služby nebo jí začal vykonávat, a končí, jakmile tato osoba nemá žádné další povinnosti.“^[4]

Doba letové služby (Flight duty period)

„Doba začínající okamžikem, ke kterému provozovatel od člena letové posádky požaduje, aby se přihlásil do služby, která zahrnuje let nebo sérii letů, a která končí v okamžiku, kdy letoun zastaví a motory jsou vypnuty na konci posledního letu, během něhož dotyčná osoba pracuje jako člen posádky.“^[4]

Doba odpočinku (Rest period)

„Jakýkoliv časový úsek, během kterého je člen letové posádky zproštěn na zemi všech povinností ukládaných mu provozovatelem.“^[4]

Letová záloha (Standby)

„Stanovená doba, během níž provozovatel od člena posádky požaduje, aby byl k dispozici pro přidělení na let, umístění nebo jinou službu bez předchozí doby odpočinku.“^[4]

Mateřské letiště (Home base)

„Místo, které provozovatel určí členu posádky, v němž člen posádky obvykle začíná a končí dobu služby nebo sérii dob služby.“^[4]

Základní rozlišení mezi home base a non-home base, je v trvání odpočinku. Na tzv. domácí bázi je odpočinek vždy delší než mimo. Je to kvůli tomu, že na domácí bázi zajišťuje ubytování a všechny věci s tím spojené, jako je například doprava, provozovatel, a tak má posádka na odpočinek více času.^[4]

Čas hlášení do služby (Reporting time)

„Čas, v kterém provozovatel od členů posádky požaduje, aby se hlásili do služby.“^[4]

Rozpis služeb (Roster)

„Seznam poskytnutý provozovatelem, který uvádí, kdy je po členu posádky požadováno, aby vykonával své povinnosti.“^[4]

2.5.2 Odpovědnost

Úkolem daných omezení je zajistit maximální míry pozornosti pilotů, a tím také bezpečnosti. Hlavní faktor bezpečného letu je, aby posádka byla perfektně odpočínutá a připravena na službu.^[4]

Provozovatel musí do svého OM-A začlenit kapitolu, které se zabývá předcházením vzniku únavy o svých členů letových posádek. Tahle část musí být založená na předpisu L6.^[4]

Letová posádka má povinnost přijít do služby vždy pořádně odpočatá a pracovat co možná s maximální úrovní bezpečnosti. Po čas odpočinku musí letová posádka odpočívat a striktně dodržovat správnou životosprávu.^[4]

2.6 Reakční doba

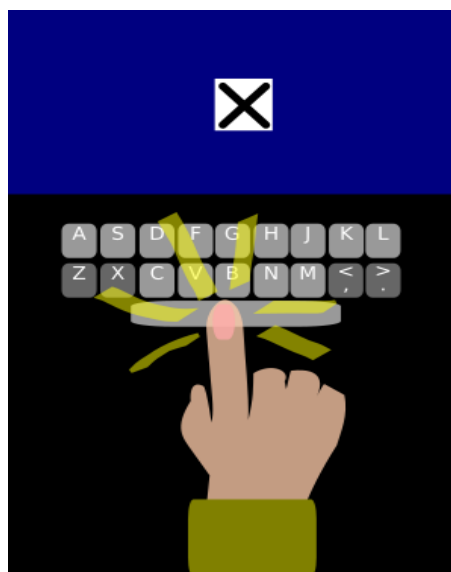
Reakční čas je chápán jako doba (latence), od začátku působení podnětu do zahájení pohybové činnosti.^[15]

V experimentální psychologii se bavím o prosté (jednoduché) a složité (výběrové) metodě. Tyhle termíny jsou požitý v mnoha studiích o kognitivní psychologii.^[15]

- Prostá metoda – Existuje pouze jeden podnět, a pokud se objeví, musíme odpovědět jednou odpovědí, kterou v experimentu máme.

Příklad: Pokaždé, když se rozsvítí světlo, musíme v co nejkratší době zmáčknout mezerník na klávesnici od počítače. Nebo když běžec vyběhne po výstřelu startovní zbraně.^[16]

Jednoduchá metoda je zobrazena na Obrázku 7.

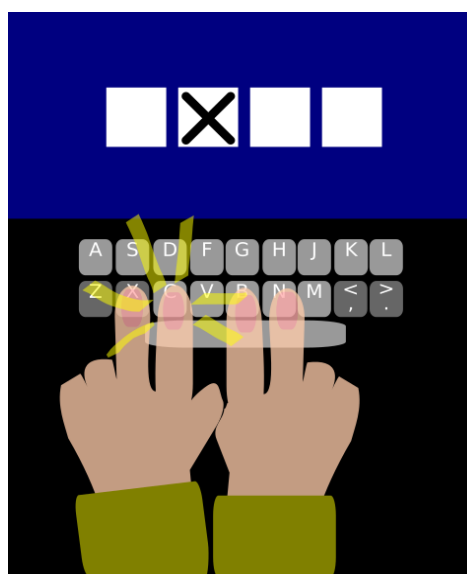


Obrázek 7. Prostá metoda [15]

- Složitá metoda – Je zde více podnětů, a každý z nich vyžaduje jinou odpověď. Zpoždění oproti prosté metodě zde zapříčiňuje proces rozhodování.

Příklad: Máme na výběr z 10 písmen a pokaždé, když se jedno z nich objeví, musíme zmáčknout přiřazené tlačítko k tomuhle písmenu. ^[16]

Obrázek 8. vyobrazuje výběrovou metodu.



Obrázek 8. Výběrová metoda [15]

Lidé umí reagovat mnohem rychleji pokud mají pouze jeden podnět a jeden typ odpovědi. Z čehož vyplívá, čím více podnětů, tím pomalejší reakce. Tenhle fakt je také známý jako Hicks law. ^[16]

Obecně řečeno, pokud máme prostou metodu, většina lidí dokáže reagovat pod 200ms, což je méně než 1/5 sekundy. Ve výběrové metodě, při použití dvou podnětů a dvou odpovědí (nejjednodušší verze), nám již zabere nejméně 250ms, ale většinou to lidem zabere v průměru 350 až 450ms. Jak už bylo řečeno dříve, čím více podnětů, tím větší reakční doba. ^[16]^[15]

Je známo, že rychlost odpovědi u člověka je ovlivněna věkem a základní inteligencí. Tohle ovšem nejsou jediné faktory, které ovlivňují reakční dobu. Čas reakce je také ovlivněn například podmínkami, při kterých výzkum provádíme, jestli jsme unaveni anebo nemocni. Také závisí na tom, jak přesní (rychlý) se snažíme být. Pokud nechceme dělat chyby, budeme pomalejší. Je to tzv. kompenzace přesnosti rychlosti. ^[16]^[15]. Je důležité si uvědomit, že doba odezvy hraje rozhodující roli v experimentální kognitivní psychologii. Základní myšlenka spočívá v tom, že časy odezvy odrážejí čas potřebný k interpretaci podnětu, získávání informací z paměti, iniciování svalové odezvy apod. Proto lze odezníváním času zjistit, jak dlouho trvají základní myšlenkové procesy. ^[16]^[15]

Tabulka 1. Faktory ovlivňující reakční čas

Faktor	Účinek	Popis
Věk	±	Reakční doba se zkracuje u mužů i žen do 20 let, poté pomalu roste do 50 let, a pak se rychle prodlužuje do 70 let.
Aktivace	±	Reakční doba nejkratší při střední aktivitě, a prodlužuje se, pokud je člověk moc napjatý nebo naopak relaxovaný.
Distrakce	+	Rušení prodlužuje reakční dobu.
Pohlaví	±	Muži mají kratší reakční čas než ženy.
Trénink	-	Zkracuje reakční dobu.
Chyby	+	Při chybě ve výkonu, se reakční doba prodlouží, z důvodu větší opatrnosti.
Únava	+	Prodlužuje se s únavou.
Trest	-	Elektrický podnět, po dlouhé reakční době zkracuje reakční čas.
Léky	±	Stimulanty zkracují a tlumivé léky prodlužují reakční dobu.

3 Experimentální část

3.1 Metodika měření

Tato kapitola popisuje způsob a průběh získávání dat, popis využitých zařízení a testovaných osob, tedy metodika celého experimentu, jehož cílem je zjistit, jak moc únava ovlivňuje reakční dobu u člena posádky.

3.1.1 Průběh experimentu

Měření se skládalo z čtyř částí:

- Přesnost pilotáže
- Psychotesty
- Reakční čas
- EKG

Přesnost pilotáže probíhala zároveň s měřením EKG. Všechny lety byly dopředu naplánované s určitými úkoly po dobu délky tratě. Vše se konalo v budově CVUT na leteckém simulátoru letounu beechcraft.

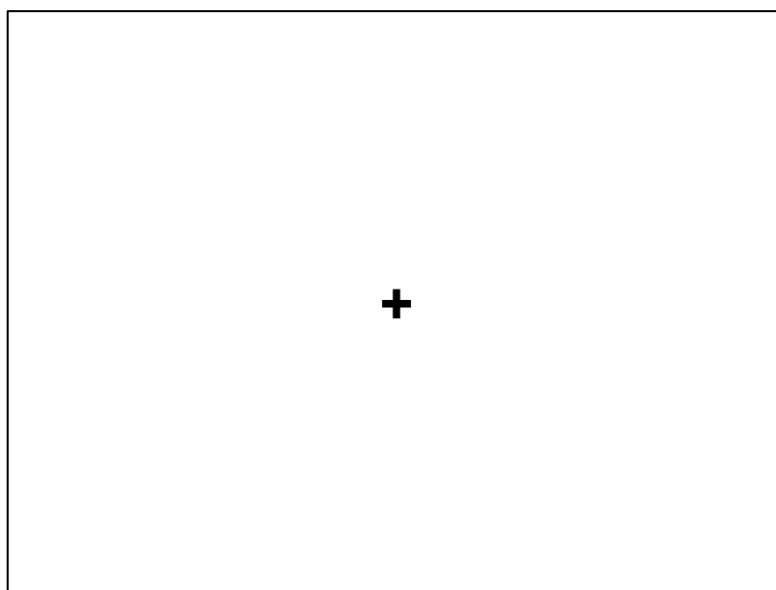
Simulátor je vybaven základními radionavigačními přístroji. Pro kontrolu správnosti letěné tratě, byl použit počítač instruktora, kde byl sledován průběh letu. Každý let trval přibližně 60 minut, při kterém byl kladen důraz na přesnost, správné provedení všech postupů a také komunikaci.

Měření EKG probíhalo, jak bylo zmíněno výše, během letu pomocí přístroje Byla provedena variabilita srdečního rytmu.

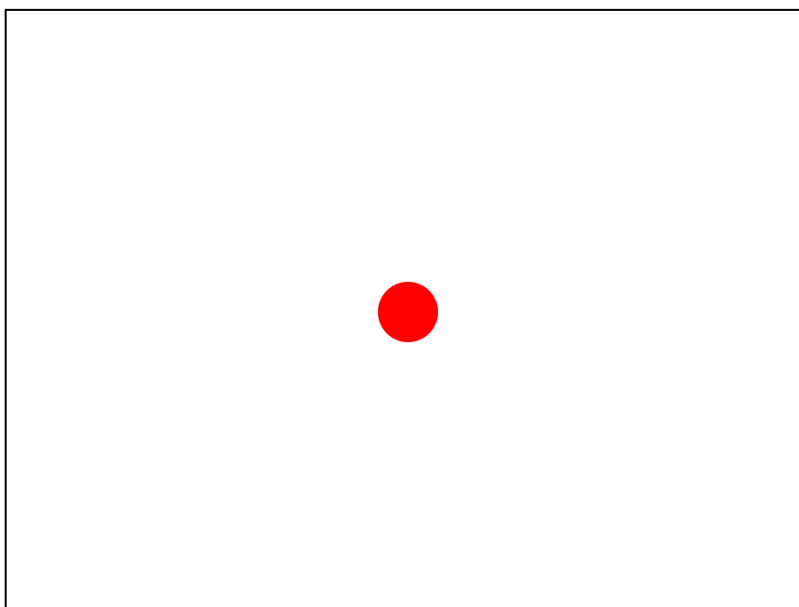
Po ukončení letu se subjekt přemístil do druhé místnosti, kde na něj čekali psychotesty a dva testy na měření reakčního času.

Psychotesty se skládali z klasického Or test Probíhali na počítači, kde se nám vždy zobrazily kombinace písmen a čísel a my je museli poté správně zaznačit v dané tabulce. Na každý krok byl zvolen časový limit.

Na testy reakčního času byl použit vytvořený program od Katja Borchet. Testy proběhli na klasickém stolním počítači. První test byl tzv. SRT (prostý), kdy měl jedinec před sebou obrazovku s bílým pozadím a černým \pm uprostřed, když se objevil červený kruh, musel být stlačen mezerník, čím rychleji, tím lépe. Po každém testu se zobrazil nejrychlejší, nejpomalejší a průměrný čas stisknutí dané klávesy. Na Obrázku 9. a 10. je zobrazena prostá metoda. Kdy na Obrázku 9. subjekt zůstává v klidu a na Obrázku 10. stlačuje mezerník.

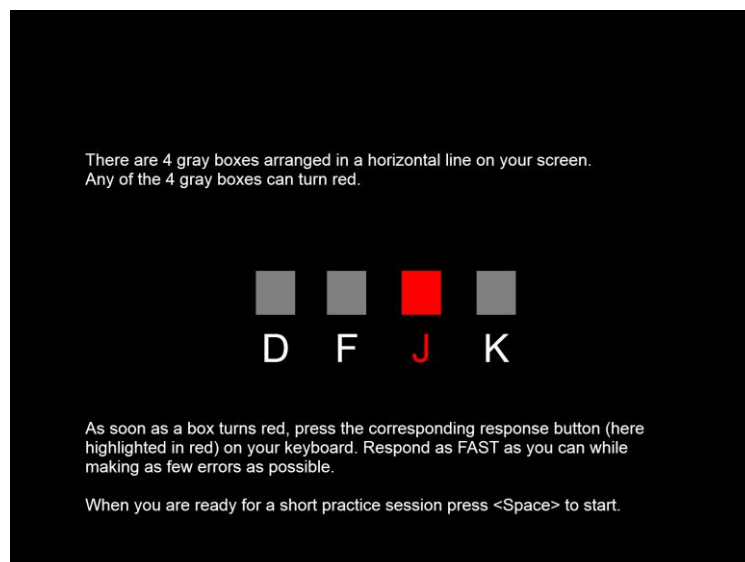


Obrázek 9. Metoda prostá [vlastní]



Obrázek 10. Metoda prostá [vlastní]

Druhý test byl tzv. výběrový (složitý), kde se nám na obrazovce zobrazili čtyři čtverečky vedle sebe, každý z nich měl k sobě přiřazené písmeno na klávesnici počítače. Pokud se jedno rozsvítilo červeně museli jsme zmáčknout přiřazené tlačítko k danému čtverečku. V tomhle testu už nešlo pouze o rychlost, ale také o přesnost subjektu. Obrázek 11. zobrazuje měření pomocí výběrové metody.



Obrázek 11. Výběrová metoda [vlastní]

Dále následovala minimální pauza a subjekt se opět přesouval na simulátor a čekala ho další trať. Celkem proběhlo 8 letů a také 8 měření reakčního času a 8krát psychotesty. Měření vždy začínalo v 18:00 a skončilo následující den v 18:00.

3.1.2 Subjekty

Jedinci, kteří se zúčastnili měření jsou studenty CVUT na fakultě dopravní v oboru profesionální pilot ve věku 22 až 23 let. Skupina se skládala ze sedmy mužů a jedné ženy. Všichni byli během měření zhruba ve stejné fázi výcviku jak praktického, tak teoretického. Měřeno bylo celkem 8 subjektů po 24 hodinách po dvojicích.

3.1.3 Psychohygiena před a při měření

Každý ze subjektů musel celý den před začátkem měření odpočívat anebo se snažit spotřebovat co nejméně energie přes den. Příprava na měření také zahrnovala žádný alkohol ani jiné omamné látky před měření a samozřejmě v den měření. Všichni byli dopředu seznámeni, jak celé měření bude probíhat, jediná věc, co nebyla zpřístupněna dopředu byla informace o naplánovaných letových tratích, aby se na ně nikdo nemohl připravit a každý tak začínal na stejném bodě.

Po čas měření bylo zakázáno užívání jakýchkoliv energetických nápojů anebo jiných stimulantů. Také byl zakázán jakýkoliv spánek, během malých pauz při měření.

4 Hodnocení dat

4.1 Normální rozdělení

Je to jedno z nejčastějších a nejdůležitějších spojitých rozdělení pravděpodobnosti. Taky ho můžeme znát pod názvem Gaussovo rozdělení. Normální rozdělení modeluje obrovské kvantum chování náhodných veličin, které jsou jak ve společnosti, tak přírodě. ^[17]

Veličiny řídící se tímhle rozdělením, jsou třeba výška lidí v populaci, IQ populace, velikost chyby měření. ^[17]

Normální rozdělení bylo zpočátku definováno pro hodnocení chyb měření, které bylo vyvoláno velkým počtem vzájemně nezávislých a neznámých příčin. Poté se, ale zjistilo, že v určitých podmínkách rozdělení aproximuje spoustu jiných pravděpodobnostních rozdělení, jak spojitých, tak diskrétních. ^[17]

Pokud má náhodná veličina X normální rozdělení, zapíšeme to jako $X \sim N(\mu; \sigma^2)$, kde μ je střední hodnota a σ^2 je rozptyl. ^[19]

- Střední hodnota – je definována jako součet všech hodnot náhodné proměnné x_i dělený počtem hodnot. Vypočtený průměr pak udává, jaká stejná část z úhrnu hodnot sledované číselné proměnné připadá na jednu jednotku souboru (jednoho jedince).

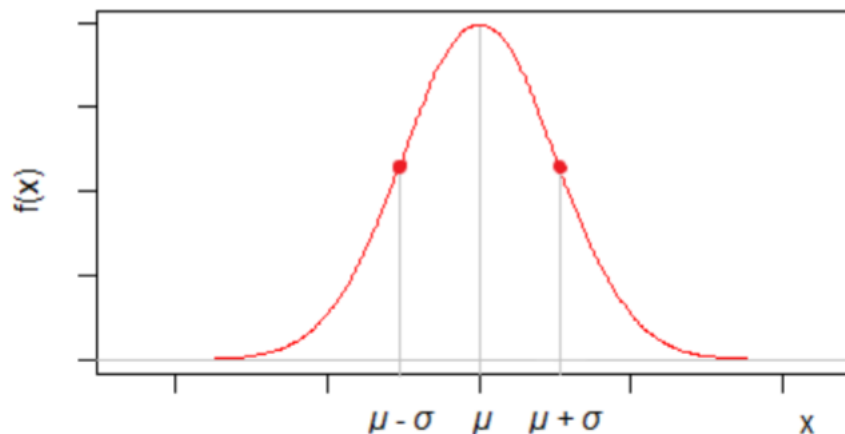
$$M = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (1)$$

- Rozptyl – je definován jako střední hodnota kvadrátů odchylek od střední hodnoty. Odchylku od střední hodnoty, která má rozměr stejný jako náhodná veličina, zachycuje směrodatná odchylka σ . ^[19]

Všechny spojitě náhodné veličiny lze definovat hustotou pravděpodobnosti, distribuční funkcí, anebo charakteristickou funkcí. ^[19]

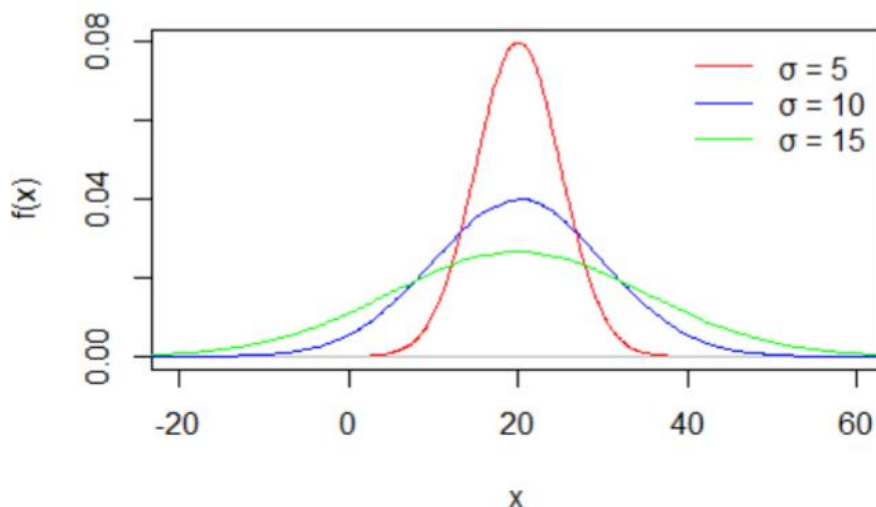
Hustota pravděpodobnosti je dána vztahem:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{|x - \mu|^2}{2\sigma^2}}, \text{ pro } -\infty < x < \infty \quad (2)$$



Obrázek 12. Gaussova křivka [17]

Na Obrázku 12. je zobrazena Gaussova křivka, která je grafickým vyjádřením hustoty pravděpodobnosti, Tvar křivky nám popisuje skutečnost, že nejčastější hodnoty, které nám budou vycházet při opakování náhodného pokusu jsou ty hodnoty, které se nachází v okolí střední hodnoty. Maximum funkce je v bodě, kde $x = \mu$ a odchylka σ nám říká, kde a v jaké vzdálenosti od střední hodnoty se nacházejí inflexní body. [17]



Obrázek 13. Mění se tvar Gaussovy křivky [17]

Na Obrázku 13. je zobrazen měnící se tvar Gaussovy křivky, který zapříčiňuje změna směrodatné odchylky. S rostoucí směrodatnou odchylkou křivka klesá a roztahuje se. Naopak, čím menší σ , tak tím je křivka širší a větší. [17]

4.2 Testy normality

Výše jsme si ukázali, jak pomocí grafických metod určíme, zda jsou data normálního rozdělení. I tak, ale potřebujeme testy, které mají za úkol nám poskytnout údaje o tom, jestli je možné zamítnout nulovou hypotézu o normalitě. ^[18]

Chí-kvadrát test dobré shody

Je to nejstarší test shody výběru s hypotetickým rozdělením, takže i test normality. Zpočátku to byl velice oblíbený a používaný test. Postupně s příchodem nových a nových testů normality, začal Chí-kvadrát test dobré shody postupně upadat, protože nebyl moc přesný. Byl vytvořen na principu porovnávání rozdílu mezi skutečnými a očekávanými četnostmi hodnot.

Nejčastěji se používá v případě, kde je pomocí nulové hypotézy dán typ rozdělení a jeho vlastnosti. Také je možné ho použít, pokud nemáme úplně všechny parametry, ale máme typ rozdělení. ^[18]

Shapirův- Wilkův test

Jeden z nejvíce používaných testů pro malé výběry, až pro výběry o velikosti $n \leq 50$ je předepisován i normou ČSN 01 0225. Je založen na principu regresivní analýzy. Testová statistika je definována vztahem ^[18]:

$$w = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Test založený na šikmosti

Jde o test, při kterém ověřujeme nulovou hypotézu H_0 , a ta nám říká, zda jde o normální rozdělení. V opačném případě hypotéze H_1 , nám oznamuje, že se jedná o jiné rozdělení. ^[18]

Test založený na špičatosti

Podobně jako u pokusu šikmosti, tím způsobem pro test založený na výběrové špičatosti, myslíme nulovou a alternativní hypotézu. Zde je H_0 o normalitě proti alternativě H_1 , že volba vychází z odlišení, jež je odlišné než normální a výběr se liší špičatostí. ^[18]

Kuiperův test

Je založen na kombinaci veličin D^+ a D^- , a tím pádem na délce vzdálenosti empirické a hypotetické distribuční funkce. Statistika není dána maximem, ale sečtením a je tak dána vztahem:

$$V = D^+ + D^- \quad (4)$$

V dnešní době se jako test normality už nepoužívá, má uplatnění pouze v případě, když ověřujeme, zda jsou určitá sledování rovnoměrně rozvrhnutá na kružnici. [18]

4.3 Neparametrický test

Neparametrické testy se používají pro porovnání statistických údajů, kde není možné očekávat normální rozdělení pravděpodobností sledované vlastnosti. Veličina má neznámé rozdělení, které nemůžeme definovat podle $\underline{\mu}$ a $\underline{\sigma}$. Neparametrické testy ověřují nulovou hypotézu, která se zajímá jen o obecné vlastnosti rozdělení sledované veličiny. [20]

Wilcoxonův test

Uplatňuje se při hodnocení párových pokusů, kdy pozorovaná veličina neodpovídá Gaussovu normálnímu rozdělení. Funguje tak, že srovnává 2 měření, která byla provedena u jedné výběrové složky. Vlastně, ověřuje hypotézu rovnosti distribučních funkcí na bázi potvrzení souměrného rozprostření pozorované náhodné veličiny. [20]

Výsledek testu dostaneme z párových hodnot dvou měření na jednom výběrovém souboru: veličiny X a X'

Průběh

- Určíme rozdíly mezi párovými hodnotami (veličina Z) – část bude kladná, druhá část bude záporná. Pokud dojde ke shodnosti párových hodnot vznikají nulové rozdíly, které vyřazujeme.
- Rozdíly, které jsou nenulové seřadíme vzestupně bez zřetele na znaménko:
Př.: $|+z_3| < |+z_1| < |-z_5| < |-z_4| < |+z_6| < \dots$
- Přidružíme pořadí každému rozdílu.
1. 2. 3. 4. 5. ...n.

Ověřujeme hypotézu, že rozdílnosti jsou rozprostřeny symetricky kolem 0, tzn., že součet záporných a kladných hodnot bude rovno 0.

- Označíme:
 W_+ - součet pro kladné rozdíly
 W_- - součet pro záporné rozdíly
- Platí:

$$w_+ + w_- = \frac{n \cdot (n + 1)}{2} \quad (5)$$

- Drobnější z obou součtů využijeme jako testovací kritérium.

$$w = \min(w_+, w_-) \quad (6)$$

- Srovnáme testovací kritérium s tabelovanou kritickou hodnotou pro příslušné n a zvolenou hladinu významnosti α (viz příloha).

Pokud je $W < W_{(\alpha, n)} \Rightarrow$ zamítáme hypotézu o shodnosti rozdělení veličiny

Pokud je $W > W_{(\alpha, n)} \Rightarrow$ nemůžeme zamítnout hypotézu o shodnosti [20]

4.4 Parametrický test

Skupiny odpovídající Gaussovu normálnímu rozdělení ověřujeme hypotézy o parametrech $\underline{\mu}$ a $\underline{\sigma}$ tohoto rozdělení prostřednictvím parametrických testů. Základním úkolem parametrických testů je zjistit, zdali se shodují ve svém průměru, anebo jestli má pozorovaný výběr určitou hodnotu průměru. [20]

F-test

Také označovaný jako test shody dvou rozptylů. Dále taky slouží k porovnání přesnosti dvou metod měření.

Testuje nulovou hypotézu, která je ve tvaru:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad (7)$$

Výsledek F-testu pochází ze dvou výběrových složek, které porovnáváme – většinou jeden experimentální soubor a jeden soubor pro kontrolu. Předpokládáme, že každý z těchto souborů je Gaussovým normálním rozdělením s veličinami μ a σ^2 :

Soubor 1: (n_1 členů) ze základního souboru s parametry μ_1 a σ_1^2

Soubor 2: (n_2 členů) ze základního souboru s parametry μ_2 a σ_2^2

Postup

Jako první vypočteme rozptyly σ_1^2 a σ_2^2 :

$$\sigma_1^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n_1}}{n_1 - 1} \quad (8)$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n_2}}{n_2 - 1} \quad (9)$$

Stanovíme množství stupňů volnosti u každého z výběrů: $v_1 = n_1 - 1$ (pro σ_1^2) a $v_2 = n_2 - 1$ (pro σ_2^2) a zjistíme testovací kritérium F pomocí vzorce:

$$F = \frac{\text{větší z rozptylů}(\sigma_1^2, \sigma_2^2)}{\text{menší z rozptylů}(\sigma_1^2, \sigma_2^2)} \quad (10)$$

V_V - počet stupňů volnosti většího z rozptylů

V_M - počet stupňů volnosti z menšího rozptylu

Dále určíme hladinu významnosti α a ve statistických tabulkách zjistíme odpovídající kritickou hodnotu: $F_{krit.} = 1 - \alpha/2$ kvantil F-rozdělení o (v_V, v_M) stupních volnosti

Vypočtenou F porovnáme s $F_{krit.}$:

- Je-li $F > F_{krit.} \Rightarrow$ zamítáme nulovou hypotézu $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$.

Závěr: rozptyly souborů se statisticky liší (výběry pocházejí ze dvou různých základních souborů s rozdílnými rozptyly σ_1^2 a σ_2^2).

- Je-li $F < F_{krit.} \Rightarrow$ nemůžeme zamítnout hypotézu H_0 .

Závěr: rozptyly souborů se statisticky neliší (výběry pochází ze stejného základního souboru se společným rozptylem σ^2). [20]

4.5 Kruskal wallis test

Kruskalův-Wallisův test je fakticky neparametrickou obdobou jednofaktorové analýzy rozptylu. Používá se hlavně u výběrů s menším rozsahem. Není podmínkou, že musí být splněn předpoklad normality, a tak budeme uvažovat, že k výběry jsou z rozdělení se spojitou distribuční funkcí a ověříme, jestli výběry pochází z totožného rozdělení.

Postup:

- Seřadíme všechny n prvky od nejmenšího po největší a přiřadíme prvkům jejich pořadí.
- Sečteme pořadí výběru T_i , kde $i=1, \dots, k$ a poté určíme veličinu Q pomocí vzorce:

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{T_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (11)$$

n_i je rozsah i -tého výběru, $i = 1, \dots, k$ a n je $\sum_{i=1}^k n_i$

- Pokud jsou výběry ze stejného rozdělení, veličina Q má asymptotické rozdělení χ^2 s počtem stupňů volnosti $k-1$.
- Hypotézu zamítáme pokud $|q| \geq \chi^2_{k-1}(1-\alpha)$, na základě hladiny významnosti α .

5 Výsledky

5.1 Výsledky 4 choice

V rámci post-hoc analýzy se zjistilo několik statisticky signifikantních rozdílů.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-610,9540, -112,2709), odhad rozdílu středních hodnot byl -361,6125, $p=0,000173$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-501,2607,-2,5776), odhad rozdílu středních hodnot byl -251,9191, $p= 0,044917$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-533,3690, -34,6859), odhad rozdílu středních hodnot byl -284,0275, $p= 0,01073$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (146,0234, 644,7066), odhad rozdílu středních hodnot byl 395,365, $p= 0,00002169$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (22,0526,520,7357), odhad rozdílu středních hodnot byl 271,3942, $p= 0,01923$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (181,9567, 680,6398), odhad rozdílu středních hodnot byl 431,2983, $p= 0,000001964$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (21,6676, 520,3507), odhad rozdílu středních hodnot byl 271,0091, $p= 0,01957$.

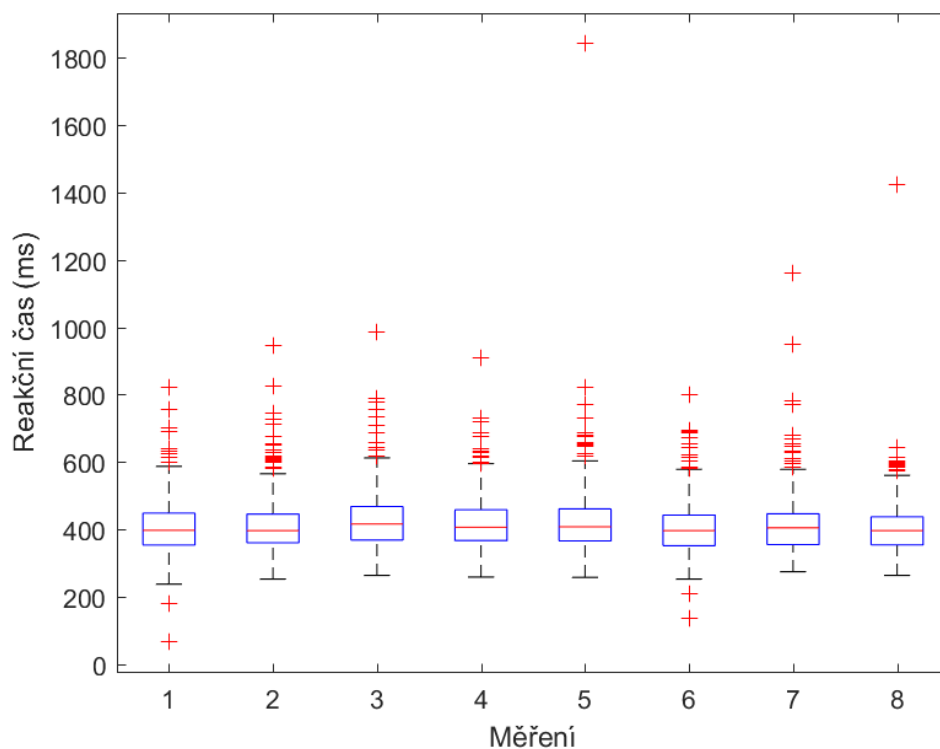
Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (57,6009, 556,2840), odhad rozdílu středních hodnot byl 306,9425, $p= 0,003489$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (36,3301, 535,01322), odhad rozdílu středních hodnot byl 285,6716, $p= 0,009926$.

Statisticky signifikantní rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (72,2634, 570,9465), odhad rozdílu středních hodnot byl 321,605, $p= 0,001630$.

Na Obrázku 14. je znázorněna, distribuce reakčního času při 4 choice testu během prvního až osmého měření pomocí boxplotů. Jde vidět, že hodnoty mediánu jsou v každém z 8 měření na stejné úrovni s minimálními odchylkami. Během pátého měření jde vidět, že subjekt

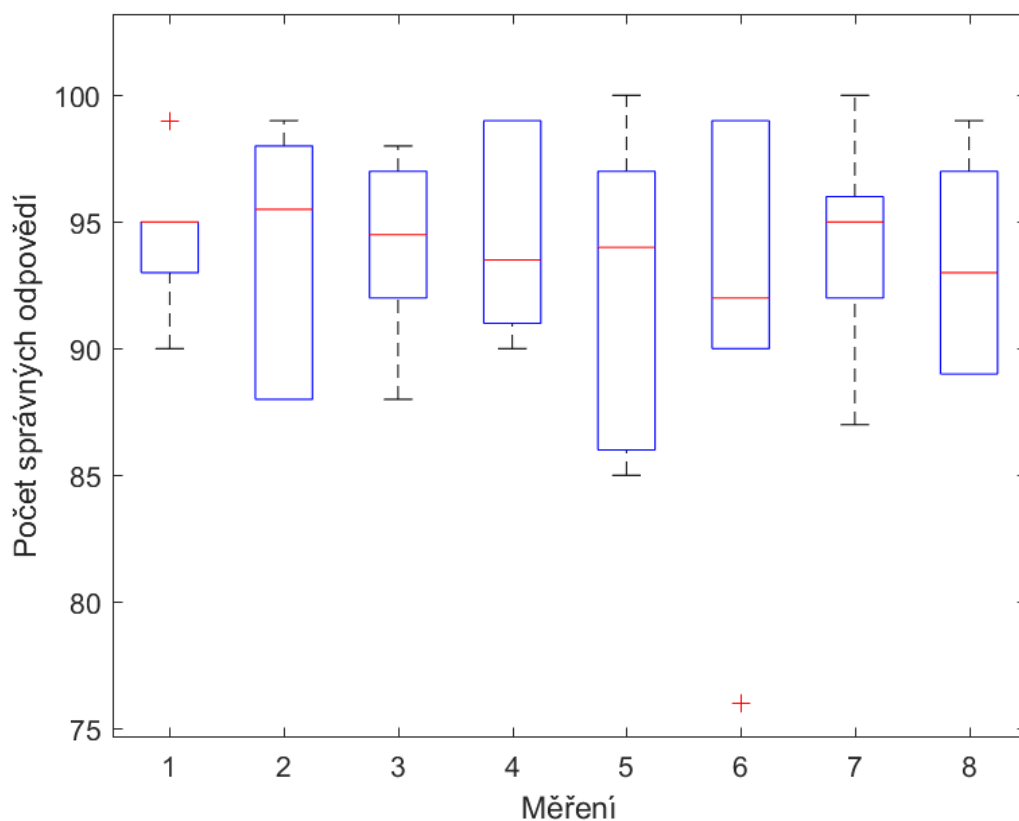
nejspíše zaspal, jelikož z úrovně reakčního času okolo 400ms zareagoval až po přibližně 1800ms.



Obrázek 14. Grafické zobrazení distribuce reakčního času pro 4choice test ve formě boxplotů.

5.2 Výsledky 4 choice correct

Na Obrázku 15. je zobrazena distribuce dat správnosti hodnocení 4 choice testu correct. Je vidět, že distribuce správných odpovědí mají stejný charakter a není pozorovatelný jednoznačný trend. Co podporuje výsledek statického Kruskal-Wallis testu, který nenašel žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými distribucemi měření.



Obrázek 15. Grafické zobrazení distribuce reakčního času správných odpovědí 4choice test ve formě boxplotů.

5.3 Výsledky SRT

V rámci post-hoc analýzy se zjistilo několik statisticky významných rozdílů.

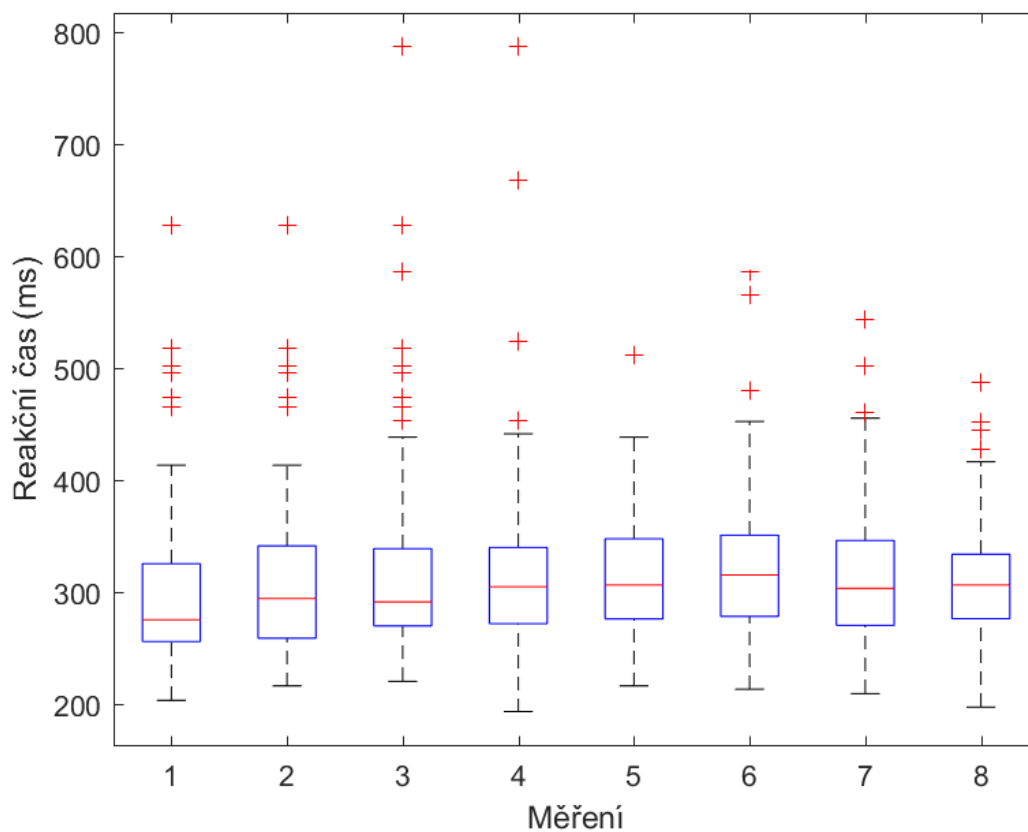
Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-235,1872, -12,0793), odhad rozdílu středních hodnot byl -123,633, $p=0,015354$.

Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-244,337, -21,2294), odhad rozdílu středních hodnot byl -132,783, $p=0,005797$.

Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi měřeními 1 a 3, konfidenční interval pro toto měření byl (-227,521, -4,41272), odhad rozdílu středních hodnot byl -115,967, $p=0,032961$.

Distribuce reakčního času pro SRT v průběhu měření testu je zobrazena pomocí boxplotů na obrázku 16. Během 1.-6. měření je pozorován mírný nárůst hodnoty reakčního času a poté

jeho pokles. Během 1. až 8. měření, ale není pozorován žádný statisticky signifikantní rozdíl pomocí Kruskal-Wallis testu.



Obrázek 16. Grafické zobrazení distribuce reakčního času pro SRT test ve formě boxplotů.

6 Diskuze

Výsledky 4-choice testu na Obrázku 14. ukazují několik signifikantních rozdílů mezi jednotlivými měřeními, avšak z příslušných hodnot je zřejmé, že nedochází k žádnému velkému úpadku pozornosti subjektů mezi prvním až osmým měřením. U pátého měření je viditelné, že jeden ze subjektů nejspíše upadl do krátkého mikrosnání. Během ostatních měření se reakční doba subjektů držela přibližně na stejné úrovni. Při posledním 8. měření je dokonce pozorováno nepatrné zlepšení reakční doby. Nejspíše z důvodu, že se jedná o poslední měření a subjekty už mají velkou motivaci jít domů a mít test rychle za sebou.

Grafické zobrazení distribuce reakčního času správných odpovědí 4-choice vypovídá o tom, že nárůst únavy nijak zvlášť neovlivňuje správné rozhodování. Není zde pozorován žádný signifikantní rozdíl mezi měřeními. Jediný větší rozdíl, i když stále nepatrný je vidět mezi prvním a šestým měřením. Následně se ke konci projevuje zase mírné zlepšení ve správnosti odpovídání. Malé rozdíly jsou nejspíše zapříčiněny malou únavou, která nebyla na tolik velká, aby se na chybovosti projevila. Podobné výsledky byli publikovány například v referenci ^[16], kde se v průběhu 24 hodinového lítání také snížení reakčního času markantně neprojevilo.

Distribuční data pro SRT test vypovídají o tom, že rychlost reagování při prosté metodě byla zhruba na stejné úrovni během všech měření. Jediné signifikantní rozdíly byly naměřeny během první a pátého, prvního a šestého, prvního a sedmého měření. Největší rozdíl je mezi prvním a šestým měřením, kde při 1. měření byla reakční doba okolo 250ms a při 6. měření dosáhla reakční doba až okolo 330ms. Během posledního osmého měření opět došlo ke snížení (zlepšení) reakční doby.

Ve všeobecnosti je na základě výsledku možné říci, že největší pokles reakční doby subjektu byl během 1. a 6. měření. Při šestém měření je vidět největší zhoršení jak přesnosti, tak reakčního času jedince. Časově 6. měření probíhalo asi okolo deváté hodiny ranní. Následně pak docházelo ke zlepšení reakčních vlastností.

7 Závěr

Cílem bakalářské práce „Hodnocení reakčního času jako ukazatele únavy pilota“ bylo zjistit, vliv únavy na reakční dobu pilota pomocí námi navrženého experimentu. V první části práce jsem se zabýval teoretickými poznatky. Mezi ně byla zařazena problematikou únavy nejen u pilotů, prevencí a různými regulacemi ke snížení únavy v letectví. Dále jsem se zabýval vytvořením experimentu a metodami pro jeho zrealizování a vyhodnocení.

Experiment se skládal ze dvou částí. První částí byl tzv. SRT (simple reaction time) test, kdy subjekt reaguje pouze na jeden vyvolaný podnět a získána je doba latence mezi vznikem podnětu a reakcí subjektu. Druhou částí byl 4 choice test, u kterého již byl brán ohled i na správnost. Subjekt tedy musel co nejrychleji reagovat, ale zároveň si dávat pozor, aby zvolil požadovanou reakci.

Naměřená data byla zpracována pomocí Kruskal-Wallis testu a následné post-hoc analýzy (Dunn-Sidak). Ze získaných dat byl získán konfidenční interval, odhad rozdílu středních hodnot a p hodnota. Hladina významnosti pro dané testování byla $\alpha=0,05$. Distribuce jednotlivých parametrů byla prezentována pomocí boxplotů.

Výsledky ukazují, že reakční čas nebyl ve velké míře ovlivněn vyvolanou únavou. V určitých částech měření je viditelný nárůst reakční doby. Největší nárůst reakční doby byl kolem deváté hodiny ranní. Avšak v celkovém shrnutí u SRT testu byly zjištěny pouze 3 signifikantní rozdíly. U správnosti rozhodování při 4 choice testu nebyl prokázán ani jeden významný rozdíl a při sledování reakční doby 4 choice testu bylo nalezeno 7 signifikantních rozdílů z 28 možných.

Hlavní limitací studie je především nízký počet subjektů. Studie se zúčastnilo 8 studentů FD ČVUT. Takto nízký počet byl způsoben zejména časovou náročností studie. S přihlédnutím k výsledkům však lze tvrdit, že i při takto nízkém počtu subjektů může práce sloužit jako pilotní studie v dané oblasti a poskytnout tak podporu pro následný výzkum.

Hlavním přínosem práce je hlubší pochopení, vývoje únavy v leteckém provozu. Dále by práce mohla být použita pro další odborné práce a hlubší popis reakčního času v závislosti na únavě v letecké dopravě.

Téma reakčního času v závislosti na únavě v letecké dopravě není příliš probádané. Návrh metodiky představený v práci by mohl poskytnout hlubší náhled do zmiňované problematiky. Pro účely pokračování v představené studii je třeba změřit větší počet subjektů a také prodloužit dobu měření, aby byl subjekt únavou více postižen.

Seznam použité literatury

- [1] AARONSON, Lauren S., Cynthia S. TEEL, Virginia CASSMEYER, et al. Defining and Measuring Fatigue. Image: *the Journal of Nursing Scholarship* [online]. 1999, 31(1), 45-50 [cit. 2018-07-10]. DOI: 10.1111/j.1547-5069.1999.tb00420.x. ISSN 07435150. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1547-5069.1999.tb00420.x>
- [2] KELLER, Ladislav. *Učebnice pilota 2008: pro žáky a piloty všech druhů letounů a sportovních létajících zařízení, provozujících létání jako svou zájmovou činnost*. Cheb: Svět křídel, 2008. ISBN 978-80-86808-46-8.
- [3] JEPPESEN, *Human Performance and Limitations*. Frankfurt: Jeppesen,. ISBN 0-88487-63-3.
- [4] Úřad pro civilní letectví, ministerstvo dopravy České republiky, Předpis L6, 2013. Dostupné z <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [5] HALL, Randolph W. *Handbook of transportation science. 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, c2003. International series in operations research & management science, 56. ISBN 0-306-48058-1.*
- [6] CALDWELL, John A. Fatigue in aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease* [online]. 2005, 3(2), 85-96 [cit. 2018-07-20]. DOI: 10.1016/j.tmaid.2004.07.008. ISSN 14778939. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1477893904001012>
- [7] HÁČIK, Ľubomír. *Lidská výkonnost a omezení (040 00): dočasná učebnice: [učební texty dle předpisu JAR-FCL 1]*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-471-0.
- [8] IATA, ICAO, IFALPA. *Fatigue Risk Management System: Implementation Guide for Operators*. 2011. Dostupné z <https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/FRMS%20Implementation%20Guide%20for%20Operators%20July%202011.pdf>
- [9] OXFORD AVIATION SERVICES. *Human Performance and Limitations. Second edition*. Frankfurt: Jeppesen, 2001. ISBN 0-88487-285-8
- [10] ICAO. *Fatigue Risk Management System: Manual for Regulators, Doc 9966*. 2012.
- [11] BRATRŠOVSKÝ, David. *ÚNAVA - NEDOSTATEK ODPOČINKU U ČLENA LETOVÉ POSÁDKY* [online]. [cit. 2018-08-10].

- [12] DINGES, David. F., GRAEBER, R. Curtis., ROSEKIND, Mark. R., SAMEL, Alexander., WEGMANN, Hans. M., Principles and guidelines for duty and rest scheduling in Commercial Aviation, NASA Study, NASA Technical Memorandum 110404, USA, 1996.
- [13] Federal Aviation Administration USA, AC 120-100, 120-Basic of Aviation Fatigue, 2010.
- [14] Fatigue Resource Library – IFALPA, 10 things you should know about FRMS [online]. 2011 [cit. 2018-08-12].
- [15] KOSINSKI, Robert. A Literature Review on Reaction Time [online]. Clemson University [cit. 2018-08-15].
- [16] Reflexy a reakční doba [online]. In: s. 1-11 [cit. 2018-08-17]. Dostupné z:http://www.zsf.jcu.cz/cs/katedra/katedra-klinickyh-a-preklinickyh-oboru/import/manualfrvs/10_reflexy.pdf
- [17] ANDĚL, Jiří. *Základy matematické statistiky*. 2., opr. vyd. Praha: Matfyzpress, 2007. ISBN 80-7378-001-1
- [18] HOLICKÝ, Milan. *Aplikace teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05803-9.
- [19] FROBENSKÁ Marie, KOLÁČEK Jan, *Pravděpodobnost a statistika I* [online], Brno: Masarykova univerzita, 2013, dostupné na: is.muni.cz/elportal/?id=1130308, ISBN 978-80-210-6710-3.
- [20] NOVOVIČOVÁ, Jana. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Praha: České vysoké učení technické, 1999. ISBN 80-01-01980-2.
- [21] V. Socha, L. Hanáková, S. Stojíc a S. Kušmírek, A fatigue influence on pilot's reaction ability during 24 hours flight simulation: A case series study, ISBN 978-0-8153-7602-6.

Seznam Obrázků

Obrázek 1. Stádia spánku

Obrázek 2. Spánkové kredity

Obrázek 3. Struktura FRMS

Obrázek 4. Tabulka vyhodnocení vážnosti

Obrázek 5. Pravděpodobnost vzniku únavy

Obrázek 6. Charakterizace rizik

Obrázek 7. Prostá metoda

Obrázek 8. Výběrová metoda

Obrázek 9. Metoda prostá

Obrázek 10. Metoda prostá

Obrázek 11. Výběrová metoda

Obrázek 12. Gaussova křivka

Obrázek 13. Měnící se Gaussova křivka

Obrázek 14. Grafické zobrazení distribuce reakčního času pro 4choice test ve formě boxplotů.

Obrázek 15. Grafické zobrazení distribuce reakčního času spávných odpovědí 4choice test ve formě boxplotů.

Obrázek 16. Grafické zobrazení distribuce reakčního času pro SRT test ve formě boxplotů.

Přílohy

Příloha 1 - Zpracování a analýza dat v programu matlab

Příloha 1

Table of Contents

.....	1
4 choice	1
KW 4 choice	2
SRT	7
KW SRT	7

```
close all; clear all; clc;
```

4 choice

```
directory = uigetdir;
if directory~=0
    filenames = dir(directory);

if isempty(filenames)==0;

dataAll4=[];
correctAll4=[];
i=0;
j=1;
k=1;

for idir = 3:size(filenames,1)
%disp(['Filename: ' filenames(idir).name]);

filename = filenames(idir).name;

A=importdata([directory,'\ ',filename]);

i=i+1;

if i==9
    i=1;
    j=j+100;
    k=k+1;
end

data4=A.data(11:end,7); %% data RT - bez practice faze
correct4=sum(A.data(11:end,11));

dataAll4(j:j+99,i)=abs(data4(:,1));
correctAll4(k,i)=correct4(:,1);

clear A data4 correct 4
end
end
end
```

```
clear directory filenames idir filename;
```

KW 4 choice

```
data4KW=[];
correct4KW=[];
grp4=[];

for i=1:8
    data4KW((600*(i-1))+1:i*600,1)=dataAll4(:,i);
    correct4KW((6*(i-1))+1:i*6,1)=correctAll4(:,i);
    grp4((600*(i-1))+1:i*600,1)=i;
    grp4c((6*(i-1))+1:i*6,1)=i;

end

[p,tbl,stats] = kruskalwallis(data4KW,grp4,'off')

c=multcompare(stats,'CType','dunn-sidak')

saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choice'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choice'],'fig')

xlswrite('results.xlsx',tbl,'4 choice','A1')
xlswrite('results.xlsx','p','4 choice','A6')
xlswrite('results.xlsx',p,'4 choice','B6')
xlswrite('results.xlsx',c,'4 choice','A8')

figure
boxplot(data4KW,grp4)
xlabel('M##ení')
ylabel('Reak#ní #as (ms)')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceBox'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceBox'],'eps')

[p,tbl,stats] = kruskalwallis(correct4KW,grp4c,'off')

c=multcompare(stats,'CType','dunn-sidak')

saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceC'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceC'],'fig')

xlswrite('results.xlsx',tbl,'4 choice C','A1')
xlswrite('results.xlsx','p','4 choice C','A6')
xlswrite('results.xlsx',p,'4 choice C','B6')
xlswrite('results.xlsx',c,'4 choice C','A8')

figure
boxplot(correct4KW,grp4c)
xlabel('M##ení')
ylabel('Po#et správných odpov#dí')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceBoxC'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\4choiceBoxC'],'eps')
```

p =

6.2207e-09

tbl =

4x6 cell array

Columns 1 through 5

'Source'	'SS'	'df'	'MS'	'Chi-sq'
'Groups'	[9.9590e+07]	[7]	[1.4227e+07]	[51.8603]
'Error'	[9.1162e+09]	[4792]	[1.9024e+06]	[]
'Total'	[9.2158e+09]	[4799]	[]	[]

Column 6

'Prob>Chi-sq'
[6.2207e-09]
[]
[]

stats =

struct with fields:

gnames: {8x1 cell}
n: [600 600 600 600 600 600 600 600]
source: 'kruskalwallis'
meanranks: [1x8 double]
sumt: 2656086

Note: Intervals can be used for testing but are not simultaneous confidence intervals.

c =

1.0000	2.0000	-326.9266	-77.5850	171.7566	1.0000
1.0000	3.0000	-610.9541	-361.6125	-112.2709	0.0002
1.0000	4.0000	-486.5982	-237.2567	12.0849	0.0813
1.0000	5.0000	-501.2607	-251.9192	-2.5776	0.0449
1.0000	6.0000	-215.5891	33.7525	283.0941	1.0000
1.0000	7.0000	-339.5599	-90.2183	159.1232	0.9998
1.0000	8.0000	-179.6557	69.6858	319.0274	1.0000
2.0000	3.0000	-533.3691	-284.0275	-34.6859	0.0107
2.0000	4.0000	-409.0132	-159.6717	89.6699	0.7322
2.0000	5.0000	-423.6757	-174.3342	75.0074	0.5655
2.0000	6.0000	-138.0041	111.3375	360.6791	0.9934
2.0000	7.0000	-261.9749	-12.6333	236.7082	1.0000
2.0000	8.0000	-102.0707	147.2708	396.6124	0.8507
3.0000	4.0000	-124.9857	124.3558	373.6974	0.9722

```

3.0000    5.0000  -139.6482  109.6933  359.0349  0.9946
3.0000    6.0000   146.0234  395.3650  644.7066  0.0000
3.0000    7.0000   22.0526  271.3942  520.7357  0.0192
3.0000    8.0000  181.9568  431.2983  680.6399  0.0000
4.0000    5.0000 -264.0041  -14.6625  234.6791  1.0000
4.0000    6.0000   21.6676  271.0092  520.3507  0.0196
4.0000    7.0000 -102.3032  147.0383  396.3799  0.8526
4.0000    8.0000   57.6009  306.9425  556.2841  0.0035
5.0000    6.0000   36.3301  285.6717  535.0132  0.0099
5.0000    7.0000  -87.6407  161.7008  411.0424  0.7102
5.0000    8.0000   72.2634  321.6050  570.9466  0.0016
6.0000    7.0000 -373.3124 -123.9708  125.3707  0.9732
6.0000    8.0000 -213.4082   35.9333  285.2749  1.0000
7.0000    8.0000  -89.4374  159.9042  409.2457  0.7297

```

p =

```
0.9988
```

tbl =

```
4x6 cell array
```

```

'Source'    'SS'          'df'    'MS'          'Chi-sq'
'Prob>Chi-sq'
'Groups'    [ 124.1667]   [ 7]     [ 17.7381]   [0.6378]  [
0.9988]
'Error'     [9.0263e+03]  [40]     [225.6583]   []
[]
'Total'     [9.1505e+03]  [47]           []           []
[]

```

stats =

```
struct with fields:
```

```

gnames: {8x1 cell}
n: [6 6 6 6 6 6 6 6]
source: 'kruskalwallis'
meanranks: [26.4167 25.5000 24.6667 26 22.7500 22.0833 25.8333
22.7500]
sumt: 738

```

Note: Intervals can be used for testing but are not simultaneous confidence intervals.

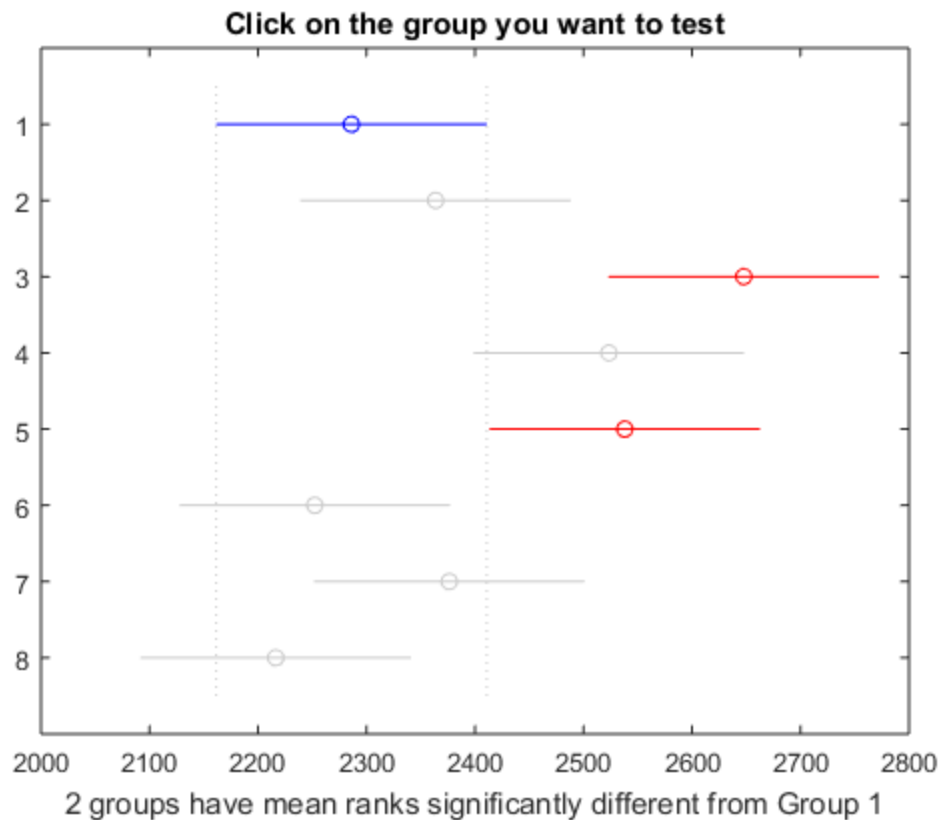
c =

```

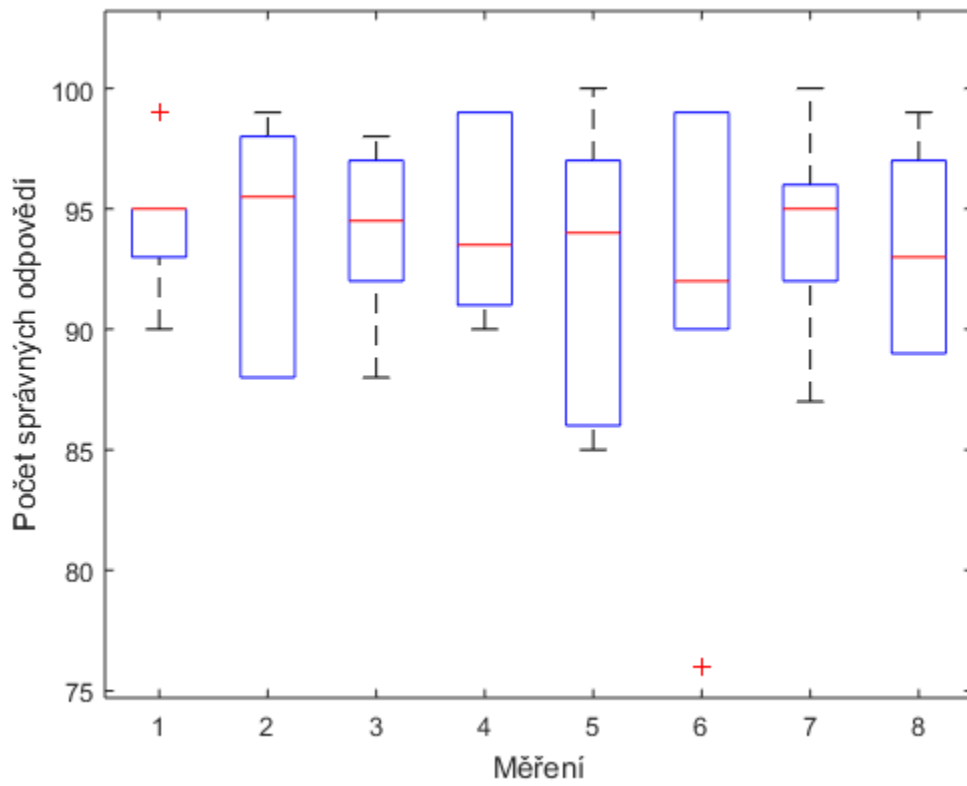
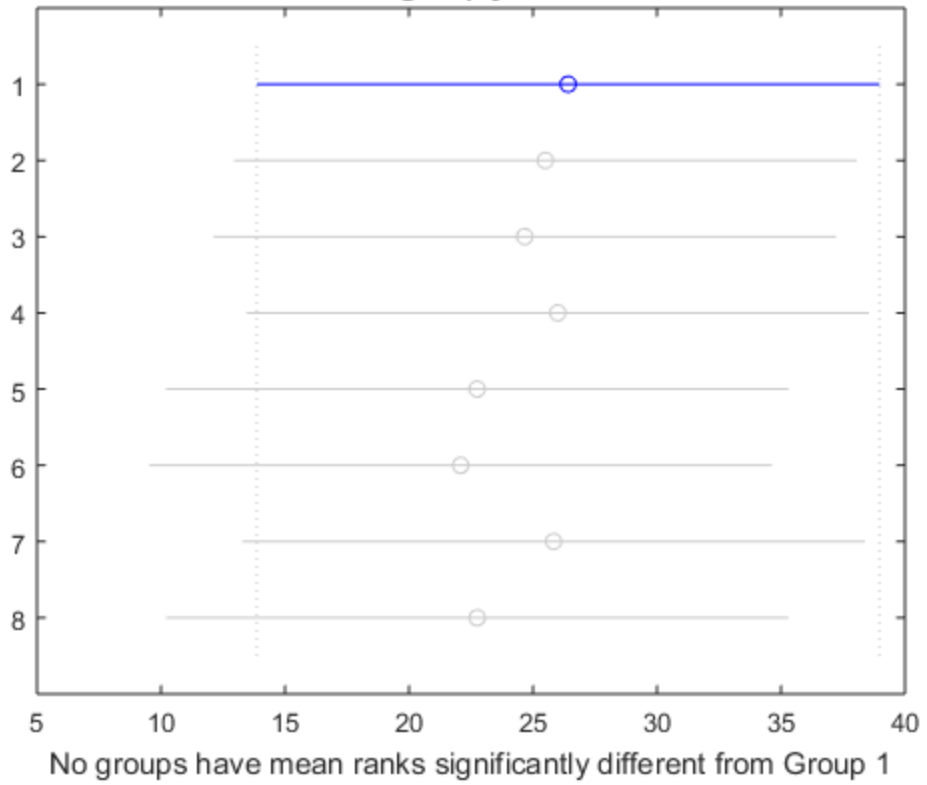
1.0000    2.0000  -24.1893   0.9167   26.0227   1.0000
1.0000    3.0000  -23.3560   1.7500   26.8560   1.0000
1.0000    4.0000  -24.6893   0.4167   25.5227   1.0000

```

1.0000	5.0000	-21.4393	3.6667	28.7727	1.0000
1.0000	6.0000	-20.7727	4.3333	29.4393	1.0000
1.0000	7.0000	-24.5227	0.5833	25.6893	1.0000
1.0000	8.0000	-21.4393	3.6667	28.7727	1.0000
2.0000	3.0000	-24.2727	0.8333	25.9393	1.0000
2.0000	4.0000	-25.6060	-0.5000	24.6060	1.0000
2.0000	5.0000	-22.3560	2.7500	27.8560	1.0000
2.0000	6.0000	-21.6893	3.4167	28.5227	1.0000
2.0000	7.0000	-25.4393	-0.3333	24.7727	1.0000
2.0000	8.0000	-22.3560	2.7500	27.8560	1.0000
3.0000	4.0000	-26.4393	-1.3333	23.7727	1.0000
3.0000	5.0000	-23.1893	1.9167	27.0227	1.0000
3.0000	6.0000	-22.5227	2.5833	27.6893	1.0000
3.0000	7.0000	-26.2727	-1.1667	23.9393	1.0000
3.0000	8.0000	-23.1893	1.9167	27.0227	1.0000
4.0000	5.0000	-21.8560	3.2500	28.3560	1.0000
4.0000	6.0000	-21.1893	3.9167	29.0227	1.0000
4.0000	7.0000	-24.9393	0.1667	25.2727	1.0000
4.0000	8.0000	-21.8560	3.2500	28.3560	1.0000
5.0000	6.0000	-24.4393	0.6667	25.7727	1.0000
5.0000	7.0000	-28.1893	-3.0833	22.0227	1.0000
5.0000	8.0000	-25.1060	0	25.1060	1.0000
6.0000	7.0000	-28.8560	-3.7500	21.3560	1.0000
6.0000	8.0000	-25.7727	-0.6667	24.4393	1.0000
7.0000	8.0000	-22.0227	3.0833	28.1893	1.0000



Click on the group you want to test



SRT

```
directory = uigetdir;
if directory~=0
    filenames = dir(directory);

    if isempty(filenames)==0;

dataAllSRT=[];
i=0;
j=1;

for idir = 3:size(filenames,1)
%disp(['Filename: ' filenames(idir).name]);

filename = filenames(idir).name;

A=xlsread([directory, '\',filename(1:end-5)]);

i=i+1;

if i==9
    i=1;
    j=j+20;
end

dataAllSRT(j:j+19,i)=abs(A(1:20,24));

end
end
end
```

KW SRT

```
dataSRTKW=[];
grpSRT=[];

for i=1:8
    dataSRTKW((120*(i-1))+1:i*120,1)=dataAllSRT(:,i);
    grpSRT((120*(i-1))+1:i*120,1)=i;

end

[p,tbl,stats] = kruskalwallis(dataSRTKW,grpSRT,'off')

c=multcompare(stats,'CType','dunn-sidak')

saveas(gcf,[pwd, '\pics\SRT'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\SRT'],'fig')

xlswrite('results.xlsx',tbl,'SRT','A1')
```

```

xlswrite('results.xlsx', 'p', 'SRT', 'A6')
xlswrite('results.xlsx', p, 'SRT', 'B6')
xlswrite('results.xlsx', c, 'SRT', 'A8')

boxplot(dataSRTKW,grpSRT)
xlabel('M##ení')
ylabel('Reak#ní #as (ms)')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\SRTBox'],'png')
saveas(gcf,[pwd, '\pics\SRTBox'],'eps')

close all

p =

    0.0066

tbl =

4x6 cell array

Columns 1 through 5

    'Source'    'SS'                'df'    'MS'                'Chi-sq'
    'Groups'    [1.4975e+06]        [ 7]    [2.1392e+05]        [19.5603]
    'Error'     [7.1767e+07]        [950]   [7.5544e+04]        []
    'Total'     [ 73264410]         [957]   []                   []

Column 6

    'Prob>Chi-sq'
    [    0.0066]
           []
           []

stats =

struct with fields:

    gnames: {8x1 cell}
           n: [120 120 120 120 119 120 119 120]
    source: 'kruskalwallis'
    meanranks: [1x8 double]
           sumt: 44034

Note: Intervals can be used for testing but are not simultaneous
confidence intervals.

c =

    1.0000    2.0000 -169.7550  -58.4333    52.8883    0.9506
    1.0000    3.0000 -198.2508  -86.9292    24.3925    0.3441

```

1.0000	4.0000	-208.4883	-97.1667	14.1550	0.1675
1.0000	5.0000	-231.4539	-119.8986	-8.3434	0.0224
1.0000	6.0000	-244.1050	-132.7833	-21.4617	0.0056
1.0000	7.0000	-223.7144	-112.1591	-0.6039	0.0473
1.0000	8.0000	-212.9091	-101.5875	9.7341	0.1175
2.0000	3.0000	-139.8175	-28.4958	82.8258	1.0000
2.0000	4.0000	-150.0550	-38.7333	72.5883	0.9999
2.0000	5.0000	-173.0206	-61.4653	50.0900	0.9193
2.0000	6.0000	-185.6716	-74.3500	36.9716	0.6560
2.0000	7.0000	-165.2811	-53.7258	57.8295	0.9818
2.0000	8.0000	-154.4758	-43.1542	68.1675	0.9993
3.0000	4.0000	-121.5591	-10.2375	101.0841	1.0000
3.0000	5.0000	-144.5247	-32.9695	78.5858	1.0000
3.0000	6.0000	-157.1758	-45.8542	65.4675	0.9980
3.0000	7.0000	-136.7852	-25.2300	86.3253	1.0000
3.0000	8.0000	-125.9800	-14.6583	96.6633	1.0000
4.0000	5.0000	-134.2872	-22.7320	88.8233	1.0000
4.0000	6.0000	-146.9383	-35.6167	75.7050	1.0000
4.0000	7.0000	-126.5477	-14.9925	96.5628	1.0000
4.0000	8.0000	-115.7425	-4.4208	106.9008	1.0000
5.0000	6.0000	-124.4400	-12.8847	98.6706	1.0000
5.0000	7.0000	-104.0489	7.7395	119.5279	1.0000
5.0000	8.0000	-93.2441	18.3111	129.8664	1.0000
6.0000	7.0000	-90.9311	20.6242	132.1795	1.0000
6.0000	8.0000	-80.1258	31.1958	142.5175	1.0000
7.0000	8.0000	-100.9836	10.5716	122.1269	1.0000

Published with MATLAB® R2017a