



ČVUT

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

F6

**Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy**

Bakalářská práce

Aplikace pro výpočet výkonnostních charakteristik letounů General Aviation

Zbyšek Petřík

**Technika a technologie v dopravě a spojích
Profesionální pilot**

**Vedoucí práce: Ing. Vladislav Pružina, Ph.D.
doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**

Praha 2019

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):

Zbyšek Petřík

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Aplikace pro výpočet výkonnostních charakteristik letounů General Aviation**

Název tématu (anglicky): Application for Calculation of Performance Characteristics of GA Airplanes

Zásady pro vypracování

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

- Výkonnostní charakteristiky výcvikových letounů všeobecného letectví
- Běžný způsob výpočtu výkonnostních charakteristik
- Tvorba elektronické aplikace
- Ověření aplikace v provozu letecké školy a zpětná vazba




- 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: POH a AFM letounů všeobecného letectví: Tecnam, Cessna, Piper
Úřad pro civilní letectví: Předpis L8168, L6
Jeppesen: EASA ATPL Training - Performance Aeroplanes

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Pružina, Ph.D.**
doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**
(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: **26. srpna 2019**
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

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



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Zbyšek Petřík
jméno a podpis studenta

V Praze dne 19. října 2018

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu práce panu Ing. Vladislavu Pružinovi, Ph.D. za skvělé vedení a cenné rady do letecké profese. Panu doc. Ing. Jakubu Hospodkovi, Ph.D. děkuji za korekce a přístup během celého studia na ČVUT. Velice vděčný jsem také panu Bc. Filipu Bartůnkovi, který mi byl nápomocen při řešení technické stránky práce a orientaci ve společnosti F AIR. S problematikou regresní analýzy mě ochotně seznámil pan doc. Ing. Vladimír Socha, Ph.D., za což mu děkuji.

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání 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).

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

V Praze dne 26. srpna 2019



Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem, implementací a testováním kompletního řešení multiplatformní aplikace, pro výpočet výkonnostních charakteristik letounů všeobecného letectví používaných během leteckého výcviku.

Bakalářská práce vznikla ve spolupráci s F AIR spol. s r. o. Leteckou školou, která je partnerem Fakulty dopravní a v rámci bakalářského studia zajišťuje praktický výcvik na letounech.

Vývoj aplikace je založen na aktuálních nařízeních EU a je v souladu s provozní příručkou a standardními provozními postupy společnosti F AIR.

Klíčová slova: výkonnost letounu, webová aplikace, HTML, Java-Script, regrese, implementace, testování, uživatelské prostředí.

Abstract

The subject of this thesis is design, implementation and testing of complete multi-platform application solution for calculation of performance characteristics of general aviation aeroplanes used within flight training.

The bachelor thesis was created in cooperation with F AIR Ltd. flight school, which is a partner of Faculty of Transport Sciences and provides practical training on aeroplanes within bachelor's studies.

Development of the application is based on current EU regulation and reflects Operational Manual as well as Standard Operating Procedures of F AIR company.

Keywords: aeroplane performance, web application, HTML, Java-Script, regression, implementation, testing, user interface.

Title translation: Application for Calculation of Performance Characteristics of GA Airplanes

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Motivace	1
1.2 Cíle	2
2 Výkonnostní charakteristiky letounů	3
2.1 Letecké předpisy, nařízení a definice	3
2.1.1 ICAO	3
2.1.2 EASA	4
2.1.3 EASA AIR OPS	6
2.1.4 Letadlo a letoun	6
2.1.5 Druhy provozu	7
2.1.6 Složitě motorové letadlo ..	7
2.1.7 Výkonnostní třídy letounů	7
2.2 Působnost AIR OPS v provozu F AIR	8
2.2.1 Klasifikace výcvikových letounů	8
2.2.2 Druhy provozu v F AIR ...	8
2.3 Základní pojmy pro výpočty výkonnosti	9
2.3.1 Prvky dráhových systémů	9
2.3.2 Vyhlášené délky	9
2.4 Analýza výkonnosti dle fází letu	10
2.4.1 Vzletová výkonnost	10
2.4.2 Výkonnost na trati	10
2.4.3 Výkonnost pro přistání ..	11
2.5 Faktory ovlivňující výkonnost ..	11
2.5.1 Hustota vzduchu	11
2.5.2 Teplota vzduchu	11
2.5.3 Vítr	11
2.5.4 Povrch a stav RWY	11
2.5.5 Sklon RWY	11
2.5.6 Hmotnost letounu	12
2.5.7 Konfigurace letounu	12
2.6 Letová příručka letadla	12
3 Metody a nástroje pro výpočet výkonnosti	13
3.1 Standardní metody dle AFM ..	13
3.1.1 Grafy	13
3.1.2 Tabulky	14
3.2 Softwarové nástroje	16
3.2.1 Elektronická letová aktovka	16
3.2.2 Systémy v komerční letecké dopravě	17
3.2.3 Systémy pro všeobecné letectví	18
4 Realizace aplikace	20
4.1 Požadavky na aplikaci	20
4.2 Architektura aplikace	20
4.3 Volba technologií	21
4.3.1 Excel	21
4.3.2 Nativní aplikace	22
4.3.3 Progresivní webová aplikace	22
4.4 Front-end	24
4.4.1 Uživatelské rozhraní	24
4.4.2 Grafický design	25
4.4.3 Dark mode	27
4.4.4 Export výsledků	27
4.4.5 Barevné kódování	29
4.5 Back-end	30
4.5.1 Implementace PWA	30
4.5.2 Manifest	31
4.5.3 Databáze letounů	33
4.5.4 Databáze letišť	34
4.5.5 Výpočetní modul	34
4.5.6 Výpočet složek větru	40
4.5.7 Výpočet tlakové výšky ..	41
4.5.8 Výpočet teploty ISA	41
4.5.9 Výpočet sklonu dráhy ..	41
4.5.10 Časové údaje	41
5 Uživatelské testování	43
5.1 Testování UX	43
5.1.1 System Usability Scale ..	43
5.1.2 Dotazník	44
5.1.3 Vyhodnocení	44
5.2 Testování výpočtů	44
5.2.1 Zvolená metoda	44
5.2.2 Dotazník	44
5.2.3 Vyhodnocení	44
6 Nedostatky a další směřování	46
6.1 Vyřešené nedostatky	46
6.1.1 Úprava GUI	46
6.1.2 Úprava volby RWY	46
6.2 Nevyřešené nedostatky	46
6.2.1 Export PDF na iOS	46

6.3	Další směřování	47
6.3.1	Kompletizace	47
6.3.2	Rozšíření informací o letounech	47
6.3.3	Implementace databá- zového systému	47
6.3.4	Risk analýza	47
6.3.5	Implementace do SOP a OM	47
7	Závěr	48
	Shrnutí	48
	Literatura	50
	Zkratky a symboly	54
A	Zdrojové kódy aplikace	57
B	Korespondence se spol. Gyro- nimo	58
C	Snímky z uživatelského pro- středí	59
D	Průvodní zpráva uživatelského testování	63
E	Dotazník uživatelské přívěti- vosti	64
F	Výsledky System Usability Scale	67
G	Testování přesnosti a rychlosti výpočtů	68

Tabulky

3.1. Tabulka výkonnosti Cruise	14
3.2. Tabulka TOD	15
4.1. Poplatky Google Play, App Store	23
4.2. Data pro regresi	38
4.3. Výsledky regrese	40
5.1. Likertova škála	43

Obrázky

2.1. Schéma legislativy a dokumentů EASA	5
2.2. Vyhlášené délky	10
3.1. CAP 698 nomogram	14
3.2. Graf TOD	15
3.3. EFB v kokpitu A350	16
3.4. Boeing OPT	17
3.5. Airbus Flysmart+	18
3.6. Aplikace	18
3.7. Aplikace Gyronimo	19
4.1. Architektura aplikace	21
4.2. Přehled technologií	23
4.3. Vývojový diagram	25
4.4. Program Illustrator	26
4.5. Logo aplikace	26
4.6. Ikona hangáru	26
4.7. Ikona W&B	26
4.8. Ikona Vzlet	26
4.9. Ikona En-route	26
4.10. Ikona Přistání	26
4.11. Barevné kódování SOP	30
4.12. Barevné kódování AFM	30
4.13. PWA Lighthouse audit	31
4.14. Splashscreen aplikace	32
4.15. Graf TOD	37
4.16. Prokládání křivkou	39
4.17. Excel Solver GRG	39

Kapitola 1

Úvod

Bakalářská práce *Aplikace pro výpočet výkonnostních charakteristik letounů General Aviation*¹ je dílo prezentované v závěru studia bakalářského oboru Profesionální pilot vyučovaného na Fakultě dopravní ČVUT v Praze. Primární částí celé práce je tvorba pomocného výukového software pro využití v provozu letecké školy a sekundární část, čili tato publikace, představuje vypracování dokumentace pro průběh návrhu, implementace a testování této aplikace.

Vzhledem k mezinárodnímu prostředí v letecké škole a letectví jako takovém je předmětný software realizován v anglickém jazyce a s lokalizací do českého jazyka počítáno není. Ukázky z uživatelského prostředí prezentované aplikace, či výpisky zdrojového kódu jsou tedy z tohoto důvodu uvedeny v anglickém jazyce.

Publikace je strukturována chronologicky dle postupu autora od seznámení se s legislativou, tematikou výkonnosti a analýzou současných metod a nástrojů pro výpočty výkonnosti. Následující kapitoly se věnují prezentaci požadavků a implementaci samotné aplikace. Realizace aplikace je členěna na dvě dílčí části dle rozdělení na tvorbu uživatelského prostředí (front-end) a část s metodami pro výpočty a převody spolu s regresní analýzou (back-end).

Po implementační části následuje kapitola věnovaná uživatelskému testování mezi žáky a instruktory letecké školy a vyhodnocení získané zpětné vazby. V návaznosti na provedené testování jsou pak závěrečné části práce věnovány celkovému zhodnocení výsledku bakalářské práce, jejím nedostatkům a případnému budoucímu rozvoji.

1.1 Motivace

Analýza výkonnosti spolu s výpočty hmotnosti a vyvážení utváří jeden z pilířů předletové přípravy a velkou měrou se podílí na bezpečnosti už od počátku každého letu. Velitel letadla je za správnost těchto údajů přímo odpovědný a případná pochybení, či nedbalost mohou velice snadno vyústit v nehodu. Je tedy důležité výše zmíněné úkony provádět s poctivostí a nepodceňovat za žádných okolností i v případě „malého“ všeobecného létání.

V dnešní době soustředěné na časovou a ekonomickou efektivitu, se stále více spoléháme na elektronická zařízení, která nám usnadňují práci. V průběhu let byla tato zařízení vyvinuta na takovou úroveň, kdy umožňují integraci dříve složitých, oddělených systémů a mnohdy je též plně nahrazují. Příkladem v letectví může být filozofie *Paperless Cockpit*, kdy dochází k eliminaci tištěných podob manuálů, příruček a dalších dokumentů na palubě letadla. Reakcí leteckého světa na takový vývoj je snaha o sjednocení a normalizaci elektronických zařízení. Za tímto účelem, tak vznikají ucelené publikace, které definují názvosloví a požadavky v tomto rychle se měnícím odvětví.

Rozšíření těchto systémů do kokpitů především dopravních letounů znamená nutnost se s takovými platformami naučit efektivně pracovat, tak aby přinášely skutečný pokrok

¹ Běžně užívaný termín označující všeobecné letectví.

Kapitola 2

Výkonnostní charakteristiky letounů

Tato kapitola slouží jako úvod do problematiky výkonnostních charakteristik. Její obsah by měl přiblížit teoretické základy a také uplatňující se předpisy a nařízení jak na mezinárodní (světové) úrovni, tak i v regionu Evropské unie. I čtenář, který se jinak letecké tematice příliš nevěnuje, by tak na konci této kapitoly měl mít přehled dostatečný na to, aby pro něj byly navazující části práce bez problému srozumitelné.

Letectví je odvětví, ve kterém je jako málokde jinde tolik pozornosti věnováno bezpečnosti. I vzhledem ke značnému zájmu veřejnosti vyskytujícímu se při téměř libovolné události týkající se leteckého provozu je však takový přístup pochopitelný.

Častým předmětem diskuze je rizikovitost jednotlivých fází letu, kdy je za kritickou fází označováno přistání spolu s podobně hodnoceným vzletem. Takový závěr je téměř v souladu s definicí, kterou uvádí nařízení Komise Evropské unie č. 965/2012, regulující letový provoz, známé také jako EASA AIR OPS. Toto nařízení uvádí: „*Kritickou fází letu se v případě letounů rozumí rozjezd, dráha letu při vzletu, konečné přiblížení, nezdařené přiblížení, přistání, včetně dojezdu a všechny ostatní fáze letu podle rozhodnutí velícího pilota nebo velitele letadla*“. Nařízení dále uvádí definici pro vrtulníky, která do kritické fáze zahrnuje i pojíždění a visení. Je tedy důležité myslet na všechna specifika uvažovaného provozu. V práci se, ale dále budeme zabývat výhradně malými letouny všeobecného letectví a jejich náležitými předpisy. [1]

Výše zmíněná fáze vzletu a přistání je dílčí součástí analýzy a výpočtů výkonnosti, kterou se tato práce zabývá. Pokud uvážíme zmíněnou rizikovitost je zřejmé, že je nutné se na potlačení těchto rizik zaměřit při stanovení vhodných pravidel.

2.1 Letecké předpisy, nařízení a definice

Definice a předpisy zaměřené na ukotvení jednotlivých odvětví letectví, včetně zmíněných fází letu zajišťují organizace k tomu pověřené.

2.1.1 ICAO

Mezinárodní organizace pro civilní letectví je mezivládní organizace přidružená pod Organizaci spojených národů – OSN. Zřízena byla na základě Chicágské úmluvy o mezinárodním civilním letectví v prosinci roku 1944. V současné době zastřešuje spolupráci se všemi 193 státy OSN a zřízenými pracovními skupinami. [2]

Založení této organizace za účelem sjednocení leteckých pravidel má jednoduché opodstatnění. Létání je aktivita, při které je běžné překonávat velké vzdálenosti a tedy i hranice států a kontinentů. Je tedy vhodné definovat sjednocená pravidla pokrývající co největší oblast, tak aby mohl být letecký provoz definovaný ve všech zemích podobně, byl přehledný a bezpečný.

Tato pravidla mají v případě ICAO podobu *annexů* (příloh) k Mezinárodní úmluvě o civilním letectví a dokumentů (ICAO Docs), které však samy o sobě nejsou závazné a představují spíše poradní materiál s doporučeními oficiálně označovaný jako SARP – Standardy a doporučené postupy. [2]

■ 2.1.2 EASA

Dne 28. 9. 2003 byla nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1592/2002 přijata společná pravidla v oblasti civilního letectví a Článkem 12 tohoto nařízení zřízena Evropská agentura pro bezpečnost letectví – EASA. EASA je nápomocna Evropské komisi při přípravě opatření, která mají být přijata pro provedení nařízení č. 1592/2002. Sídlem EASA je od 3. listopadu 2004 Kolín nad Rýnem. V současné době má EASA 32 členských států: 28 zemí Evropské unie a dále Švýcarsko, Norsko, Island a Lichtenštejnsko. Vrcholným představitelem organizace je výkonný ředitel EASA. [3]

Mezi konkrétní činnosti agentury patří především dohled nad implementací a dodržováním legislativních požadavků ve členských státech. Dále pak certifikace letadel, pohonných jednotek a dohled nad výrobci a organizacemi pro údržbu. EASA od svého založení přijala několik rozšíření kompetencí. První rozšíření (Nařízením (ES) č. 216/2008) se týkalo oblasti způsobilosti leteckého personálu a leteckého provozu. V souvislosti s tím došlo i ke změně struktury prováděcích pravidel související s nárůstem regulovaných oblastí. Toto nařízení nahradilo nařízení zmíněné v předchozím odstavci. Druhé rozšíření pokrývá oblasti (nařízením (ES) č. 1108/2009) uspořádání letového provozu, letových navigačních služeb a letišť. [3]

Z hlediska tvorby Evropské legislativy pro letectví rozlišujeme tři subjekty: Evropský parlament, Evropskou komisi a výkonného ředitele EASA. Nejprve je vydáno nařízení Evropského parlamentu, k němuž jsou prostřednictvím Evropské komise zveřejněna konkrétní prováděcí pravidla – Implementing rules (IR). Po vyhlášení v Úředním listu EU je nařízení závazné ve všech svých částech a bezprostředně použitelné (tj. přímo aplikovatelné) v každém členském státě – tzv. *Hard Law*. Nařízení má aplikační přednost před národními právními předpisy. [3]

Výkonným ředitelem EASA jsou uveřejňovány přijatelné způsoby průkazu AMC, výkladové materiály GM a certifikační specifikace CS. Tyto materiály již nemají závazný charakter – tzv. *Soft Law* a představují souhrn pravidel sloužící ke snadnější orientaci v požadavcích. [3]

Náhled na strukturu legislativy nabízí infografika 2.1. Na jejím samotném vrcholu si všimněme Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139. Tento dokument, známý též jako *Základní nařízení* (Basic regulation) o společných pravidlech v oblasti civilního letectví a o zřízení Agentury Evropské unie pro bezpečnost letectví nahradil předchozí Nařízení (ES) č. 216/2008. Nařízení uvádí: „*Hlavním cílem tohoto nařízení je dosažení a udržení vysoké a jednotné úrovně bezpečnosti civilního letectví v Unii.*“ [4]

Mezi další cíle patří například:

- Přispívat k širší politice a výkonnosti civilního letectví v Unii.
- Za účelem konkurenceschopnosti usnadnit volný pohyb zboží, osob, služeb a kapitálu a zajistit rovné podmínky.
- Přispívat k vysoké a jednotné úrovni ochrany životního prostředí.
- Podporovat výzkum a inovace, mimo jiné i v rámci procesů regulace, osvědčování a dozoru.
- Návázat spolupráci s třetími zeměmi a jejich leteckými úřady.
- Podporovat důvěru cestujících v bezpečné civilní letectví. [4]

■ 2.1.3 EASA AIR OPS

Nyní se opět zaměříme na schéma 2.1, konkrétně na opticky nejobsáhlejší část „Air Operations“. Jedná se o nařízení Komise (EU) č. 965/2012¹, o kterém jsme se již krátce zmínili v úvodu kapitoly 2. Toto nařízení stanovuje technické požadavky a správní postupy týkající se letového provozu podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008. Konkrétně nařízení uvádí podrobná pravidla pro provoz letounů a vrtulníků v obchodní letecké dopravě (CAT) a provoz se zvláštním oprávněním (SPA). [1]

Častým, avšak chybným předpokladem je, že se AIR OPS nevztahují na neobchodní provoz. Toto byla pravda pouze na přechodné období před uveřejněním pozměňovacího nařízení Komise (EU) č. 800/2013. Tímto krokem se požadavky AIR OPS rozšiřují o podrobná pravidla pro neobchodní provoz a podmínky a postupy pro prohlášení provozovatelů zabývajících se neobchodním provozem složitých motorových letadel (NCC) a letadel jiných než složitých motorových letadel (NCO). Začlenění pravidel pro zvláštní provoz letounů, vrtulníků, balonů a kluzáků (SPO) do AIR OPS přineslo nařízení Komise (EU) č. 379/2014. [1]

AIR OPS jsou vzhledem k rozsáhlé působnosti nařízením se značnou důležitostí a orientace v tomto nařízení by tak měla být samozřejmostí každého zodpovědného letce. Při vypracování této studentské práce tedy na toto nařízení bude kladen velký důraz.

Klíčové je vzhledem k několika skutečnostem:

- Určuje pravidla podle složitosti letadla.
- Uvádí kategorizaci letounů dle výkonnostních tříd.
- Dále určuje pravidla dle jednotlivých druhů provozu.
- Definuje pravidla pro vážení a výpočty hmotnosti a vyvážení.
- Určuje požadavky na výkonnost letounů v jednotlivých fázích letu. [1]

■ 2.1.4 Letadlo a letoun

Pro základní orientaci v předpisech a nařízeních je nutné si ujasnit, jakými létajícími prostředky se budeme zabývat. Definic můžeme čerpat například z Annex 2 – Pravidla létání, či Annex 6 – Provoz letadel.

- **Letadlo** (Aircraft) – je zařízení schopné vyvozovat síly nesoucí jej v atmosféře z reakcí vzduchu, které nejsou reakcemi vůči zemskému povrchu. [6]
- **Letoun** (Aeroplane) – je letadlo těžší než vzduch s pohonem, vyvozující vztlak za letu hlavně z aerodynamických sil na plochách, které za daných podmínek letu zůstávají vůči letadlu nepohyblivé. [6]

Jak je již uvedeno v titulku této práce, zabývat se budeme výkonnostními charakteristikami **letounů**. Pro letecký výcvik jsou používány právě výhradně leteouny a definice dalších létajících prostředků tedy není třeba uvádět.

¹ Oficiálně označované IR-OPS, v práci dále jako AIR OPS dle terminologie užívané v materiálech EASA.

■ 2.1.5 Druhy provozu

AIR OPS svá pravidla kategorizují mimo jiné dle charakteru prováděných letů.

- Obchodním provozem je jakýkoliv provoz letadla za úplatu nebo jinou protihodnotu, jenž je přístupný veřejnosti, nebo pokud není přístupný veřejnosti, jenž je prováděn na základě smlouvy mezi provozovatelem a zákazníkem, přičemž zákazník nemá nad provozovatelem kontrolu. [1]
- Provozem v obchodní letecké dopravě (CAT) je provoz letadel pro přepravu cestujících, nákladu nebo pošty za úplatu nebo jiné hodnotné protiplnění. [1]
- Zvláštním obchodním provozem je jakýkoliv provoz mimo obchodní leteckou dopravu, kdy je letadlo použito pro zvláštní činnost, jako je zemědělství, výstavba, snímkování, průzkum, pozorování a hlídkování a letecká reklama. [1]
- Neobchodním provozem rozumíme jakýkoliv provoz nespádající pod definici obchodního provozu. [1]

■ 2.1.6 Složitě motorové letadlo

Za účelem stanovení vhodných pravidel pro provoz letounů jednoduchých, a oproti tomu letounů značně odlišných svou komplexností a velikostí byla zavedena klasifikace na složitý a nesložitý letoun. Tuto definici stanovuje Nařízení (ES) č. 216/2008, na které nutno referovat i přes platnost nového Základního Nařízení 2018/1139.

Složitým rozumíme letoun:

- s maximální certifikovanou vzletovou hmotností vyšší než 5 700 kg nebo
- s osvědčením pro maximální počet sedadel pro cestující vyšší než devatenáct nebo
- s osvědčením pro provoz s posádkou složenou nejméně ze dvou pilotů nebo
- vybavený proudovým motorem, či proudovými motory nebo více než jedním turboprotulovým motorem.

Nesložitým je letoun nespádající do této definice. [7]

■ 2.1.7 Výkonnostní třídy letounů

V rámci analýzy výkonnosti je třeba rozlišovat tři kategorie, tak jak jsou definovány v AIR OPS:

- Letouny třídy výkonnosti **A** se rozumějí vícemotorové letouny poháněné turboprotulovými motory s MOPSC větší než 9 nebo s maximální vzletovou hmotností větší než 5 700 kg a dále všechny vícemotorové proudové letouny. [1]
- Letouny třídy výkonnosti **B** se rozumějí letouny poháněné vrtulovými motory s MOPSC 9 nebo méně a maximální vzletovou hmotností 5 700 kg nebo méně. [1]

- Letouny třídy výkonnosti **C** se rozumějí letouny poháněné pístovými motory s MOPSC větší než 9 nebo s maximální vzletovou hmotností větší než 5 700 kg. [1]

2.2 Působnost AIR OPS v provozu F AIR

Je zřejmé, že společnost F AIR jakožto provozovatel letadel podléhá regulaci AIR OPS. Pro správnou implementaci všech pravidel a nařízení do zamýšleného softwarového nástroje, je nutné uvažovat správný druh provozu a k němu se uplatňující pravidla dle AIR OPS. V této kapitole budou shrnuta aplikující se části nařízení dle určeného druhu provozu a typů provozovaných letounů.

2.2.1 Klasifikace výcvikových letounů

Z hlediska složitosti a výkonnostních tříd letounů používaných v F AIR je nejjednodušší nejdříve určit provozovaný letoun s nejvyššími specifikacemi. Společnost F AIR provozuje letoun Piper Seneca, což je jednopilotní dvoumotorový vrtulový letoun s pístovými motory, MOPSC rovné pěti a **MTOW** 2 155 kg (7 750 lb).

Pokud tedy nyní chceme určit správné části AIR OPS, které se aplikují na lety s tímto letounem, musíme shrnout poznatky uvedené výše. Charakter letů v rámci praktického výcviku i přezkušování se řídí pravidly pro nekomerční provoz. Samotný let totiž není proveden za úplaty. Jedná se tedy o nekomerční provoz s letouny a pokud porovnáme specifikaci pro nás „kritického letounu“ s definicemi uvedenými v kapitole 2.1.6 a 2.1.7, dojdeme k závěru, že je tento typ klasifikován jako nesložitý letoun výkonnostní kategorie B. Do této „nejnižší“ klasifikace spadají i ostatní letouny ve flotile. Ze znalostí požadavků na výcvik mimo jiné vyplývá, že jiný než nesložitý letoun pro výcvikové lety užít není. Na výcvikový provoz všech letounů v ATO F AIR, se tedy aplikují AIR OPS v části NCO – nekomerční provoz jiných než složitých motorových letadel a dále případná specifika pro výkonnostní třídu B.

2.2.2 Druhy provozu v F AIR

Výcvikové lety na letounech tedy, jak jsme si uvedli, spadají pod druh provozu NCO. Dalším typem provozu, který je v F AIR aplikován je SPO – zvláštní provoz. V souladu s AIR OPS Úřad pro civilní letectví (ÚCL) České republiky potvrdil přijetí prohlášení pro tyto činnosti v rámci provozu SPO:

- reklamní lety
- hlídkové, pozorovací, měřicí a kontrolní lety
- lety pro letecké snímkování

Vyvíjená aplikace je určena pro použití v rámci výcviku, tedy musí respektovat požadavky části NCO. Dále se tak budeme zabývat pouze tímto druhem provozu.

2.3 Základní pojmy pro výpočty výkonnosti

Problematika výkonnosti letadel je jedním z nejdůležitějších oborů letectví. Pro její pochopení je třeba základních znalostí aerodynamiky, hmotnosti a vyvážení a také například designu letišť a postupů pro přístrojové létání – konstrukce letových cest a zajištění rozstupu od překážek.

2.3.1 Prvky dráhových systémů

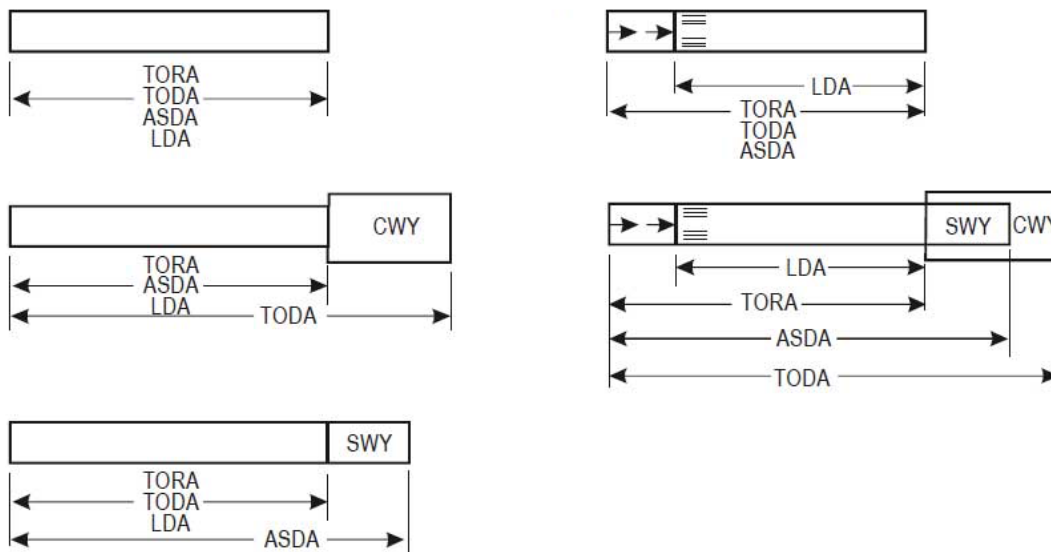
Z předpisu L14 – letiště, můžeme čerpat definic pro jednotlivé prvky konstrukce dráhových systémů.

- Dráha **RWY** – vymezená pravoúhlá plocha na pozemním letišti upravená pro přistání a vzlety letadel. [8]
- Práh dráhy **THR** – začátek té části **RWY**, která je použitelná pro přistání. [8]
- Předpolí **CWY** – pravoúhlá plocha na zemi nebo na vodě, vymezená pod dohledem ÚCL, vybraná nebo upravená jako použitelná plocha, nad níž může letoun provést část svého počátečního stoupání do předepsané výšky. [8]
- Dojezdová dráha **SWY** – vymezená pravoúhlá plocha na zemi navazující na konec použitelné délky rozjezdu upravená tak, aby na ní mohlo letadlo zastavit při přerušném vzletu. [8]
- Posunutý práh dráhy **DTHR** – práh umístěný jinde než na začátku **RWY**. [8]

2.3.2 Vyhlášené délky

Délky dráhových systémů jsou pro analýzu výkonnosti klíčové, jejich definice opět uvání předpis L14. Názorně jsou vyhlášené délky pro dráhovou analýzu vyobrazeny na obrázku 2.2.

- Použitelná délka rozjezdu **TORA** – délka **RWY**, která je vyhlášena za použitelnou a vhodnou pro rozjezd letounu při vzletu. [8]
- Použitelná délka vzletu **TODA** – použitelná délka rozjezdu zvětšená o délku předpolí, pokud je zřízeno. [8]
- Použitelná délka přerušného vzletu **ASDA** – použitelná délka rozjezdu zvětšená o délku dojezdové dráhy, pokud je zřízena. [8]
- Použitelná délka přistání **LDA** – délka **RWY**, která je vyhlášena za použitelnou a vhodnou pro dosednutí a dojezd přistávajícího letounu. [8]



Obrázek 2.2. Vyhlášené délky pro vzlet a přistání – operace zleva doprava. [8]

2.4 Analýza výkonosti dle fází letu

V kapitole jsou přiblíženy definice a požadavky dílčích částí analýzy výkonosti. Použito je především AIR OPS, části NCO. V ustanoveních „Výkonnost letadla a provozní omezení“ pro NCO, AIR OPS uvádí: „V každé fázi provozu musí naložení, hmotnost a poloha těžiště letadla (s výjimkou balonů), vyhovovat všem omezením stanoveným v letové příručce letadla (AFM) nebo v rovnocenném dokumentu.“ [1]

Obečná ustanovení pro výkonost dále uvádějí: „Velící pilot smí provozovat letadlo jen tehdy, pokud je výkonost letadla přiměřená pro dodržení příslušných pravidel létání a jakýchkoli jiných omezení týkajících se letu, vzdušného prostoru nebo používaných letišť nebo provozních míst, přičemž vezme v úvahu přesnost všech používaných map.“ [1]

2.4.1 Vzletová výkonost

Délka vzletu je vzdálenost od bodu uvolnění brzd do bodu, kdy letadlo dosáhne předepsané výšky 50 ft. Musí být prokázáno, že skutečná délka vzletu nepřesáhne použitelnou délku vzletu TODA. Délka rozjezdu, tedy část délky vzletu, kdy letoun akceleruje na dráze pro dosažení rychlosti, kdy dochází k odpoutání, nesmí přesáhnout použitelnou délku rozjezdu TORA. Část NCO.POL dále nespecifikuje další požadavky, tedy například ke skutečné délce rozjezdu a vzletu připočítá bezpečnostní přídatky, tak jako je tomu u kategorie B provozované v obchodní letecké dopravě. [1, 9]

2.4.2 Výkonnost na trati

Po ukončení fáze vzletu je nutné zajistit výkonost pro stoupání, tedy stoupavost a související gradient stoupání. Tato fáze nepodléhá specifickým nárokům ze strany AIR OPS, ale je zásadní pro dodržování publikovaných tratí a bezpečný odstup od překážek. [1, 9]

Další charakteristiky, které jsou důležité především pro plánování letu jsou spotřeba paliva, specifický dolet, celkový dolet a vytrvalost. Pro účely navigačních výpočtů je dále nutné znát pravou vzdušnou rychlost TAS.

■ 2.4.3 Výkonnost pro přistání

Délka přistání je délka měřená od přeletu bodu v definované výšce (screen height) do doteku a úplného zastavení. Počítáno je s výškou přistání z 50 ft. Je to minimální výška, kterou musí mít letoun na prahem dráhy. AIR OPS opět nedefinují přídatky pro délku přistání, tedy letoun musí v rámci provozu NCO přeletět práh dráhy minimálně v 50 ft a přistávací manévry ukončit zastavením v mezi použitelné délky přistání LDA. [1, 9]

■ 2.5 Faktory ovlivňující výkonnost

Výkonnost letounu je závislá na mnoha faktorech, které se týkají vnějšího prostředí, tedy atmosféry a fyzikálních vlastností dráhy nebo samotného letounu v podobě jiné konfigurace či hmotnosti letounu.

■ 2.5.1 Hustota vzduchu

Hustota negativně ovlivňuje výkon pohonné jednotky, protože nižší obsah kyslíku (méně molekul) v jednotce objemu vzduchu způsobuje horší spalování směsi ve spalovací komoře. Dalším efektem je snížené obtékání nosných ploch a tedy nižší vztlak. [10]

■ 2.5.2 Teplota vzduchu

Teplota je faktorem, který může být velice proměnlivý a je tedy velice důležité dbát na její, převážně negativní vliv. Vysoká teplota způsobuje rozpínání plynů, tedy i vzduchu a snižuje tak jeho hustotu se všemi následky zmíněnými výše. [10]

■ 2.5.3 Vítr

Vítr ovlivňuje parametry, které se týkají pohybu letounu relativně k zemi. Charakteristiky vztažené k zemskému povrchu jsou délky přistání a vzletu a také gradient stoupání vůči zemi (flight path gradient) důležitý pro odstup od překážek. Vzhledem k proměnlivosti větru je dle všech předpisů a certifikací pro výpočet výkonnosti na vzletu a přistání uvažováno maximálně 50% hlášené složky čelního větru (headwind – HW) a pro složku zadního větru (tailwind – TW) je nutné uvažovat 150% hlášeného větru. [10]

■ 2.5.4 Povrch a stav RWY

Většina dat pro výkonnost publikovaných v příručkách je počítána pro zpevněné dráhy a pro provoz na travnatých površích je nutné aplikovat koeficienty, které degradují výkonnostní charakteristiky. Nezpevněný, většinou travnatý povrch dráhy totiž snižuje koeficient tření mezi kolem a povrchem, což má negativní vliv na brzdný účinek. Vysoká tráva působí značný odpor pohybu letounu a působí tak brzdícím účinkem, ale snížená efektivita brzd letounu stále převažuje. Podobný efekt jako tráva má také povrch s hustým kontaminantem jako je bláto, sníh nebo břečka a tedy zvětšují potřebné délky. Tyto kontaminanty spolu se stojatou vodou také mohou při překročení určité rychlosti způsobit úplnou ztrátu kontaktu pláště s povrchem, kdy je účinek brzd nulový – aquaplaning. [10]

■ 2.5.5 Sklon RWY

Pro dosažení rychlosti potřebné pro vzlet je nutné dostatečné akcelerace. Vzlet na stoupající RWY tak má za následek nižší akceleraci neboť část tahu a tedy síly způsobující zrychlení působí proti tíze letounu. Je tedy nutné aplikovat publikované koeficienty

pro korekci a zvýšení potřebné délky vzletu. Při vzletu ze svažující se RWY fakticky dochází ke zkrácení potřebných vzdáleností, avšak pokud není faktorizace obsažena v certifikované příručce, není možné délky nijak zkracovat. [10]

■ 2.5.6 Hmotnost letounu

Hmotnost (tíha) letounu působí proti složce vztlaku a při jejím zvýšení tak zvyšuje též potřebný vztlak. Vyššího vztlaku je většinou dosaženo vyšším úhlem náběhu nebo mechanizací letounu (klapky), které zvyšují odpor a degradují výkonnostní charakteristiky. [10]

■ 2.5.7 Konfigurace letounu

Mechanizace křídla sloužící pro snížení potřebných rychlostí při vzletu či přistání (nižší pádová rychlost) způsobují vyšší odpor letounu a zhoršují výkonnost. Stejně se na výkonnosti projevuje také vysunutý podvozek. [10]

■ 2.6 Letová příručka letadla

Pokud uvážíme předchozí poznatky o vlivu různých faktorů na výkonnost letounu je jasné, že mimo jiné musí být stanoveno, jak velký vliv na konkrétní typ letounu mají. Za tímto účelem má každý certifikovaný letoun svou letovou příručku (AFM) obsahující data a informace pro bezpečný provoz a především pro tuto práci zásadní informace o výkonnosti.

Letový manuál je úzce spojený s certifikátem o letové způsobilosti a jako takový obsahuje omezení a další přesně definované informace. U určitých typů letounů se můžeme setkat s označením POH, tedy Provozní příručka pilota, která obsahuje část s certifikovaným AFM a dodatečné informace jako elektrická nebo hydraulická schémata a další pro samotný let již nezásadní data. S POH se můžeme setkat například u výcvikových letounů Cessna. V úvodu takové příručky však musí být informace, že je její součástí také certifikované AFM. [11–12]

Typická struktura AFM se skládá z devíti sekcí: Obecné informace, Provozní omezení, Nouzové postupy, Normální postupy, Výkonnost, Hmotnost a vyvážení + seznam vybavení, Popis systémů, Handling + Servis + Údržba a také Dodatky (suplementy). V případě, že je výrobcem publikována revize AFM či došlo k modifikaci letounu, je provozovatel zodpovědný za aktualizaci AFM konkrétního letounu a vložení případných dodatků. [11, 13]

Pokud se zaměříme na Annex 8 a požadavky na informace o výkonnosti, tento dokument uvádí, že publikovaná data musí zajistit dostatek informací pro bezpečný provoz letounu v rámci provozních podmínek a omezení. Je navíc důležité, aby pro dosažení publikovaných hodnot výkonnostních charakteristik nebylo zapotřebí nadprůměrných schopností posádky. [11]

Kapitola 3

Metody a nástroje pro výpočet výkonnosti

Existuje několik přístupů jak v letových příručkách prezentovat data určující výkonnost pro jednotlivé fáze letu. S postupem času byly navíc, především v komerční dopravě, zavedeny elektronické systémy pro výpočet výkonnosti.

3.1 Standardní metody dle AFM

Data publikovaná v tištěných příručkách mají společný jmenovatel a to potřebu manuálních výpočtů či vynášení čar, které velice ovlivňují přesnost výsledné výkonnostní charakteristiky. Je tak nutné dbát pokynů pro tyto metody a výpočty provádět pečlivě. I malá odchylka na začátku výpočtu může způsobit značně zkreslený či dokonce úplně nepoužitelný výsledek. [13]

3.1.1 Grafy

Graficky prezentovaná data obsahují jednoduché grafy závislostí veličin, či složené rozsáhlé grafy. Tyto na první pohled komplikované grafy se odborně nazývají nomogramy a pro účely rozmanitých výpočtů byly využívány již od počátku vývoje výpočetních nástrojů. Příkladem těchto analogových pomůcek mohou být již téměř nepoužívaná logaritmická pravítka. Nomogramy užívané v letectví jsou v podstatě soustavou několika provázaných graficky prezentovaných funkcí. Příklad nomogramu pro vzletové charakteristiky jednomotorového pístového (SEP) letounu je uveden na obrázku 3.1. [13]

Pro tento nomogram můžeme psát rovnici o několika funkcích představujících vstupní veličiny ovlivňující výkonnost.

$$f(t) + g(p) + h(m) + i(w) = j(TOR)$$

t ... teplota

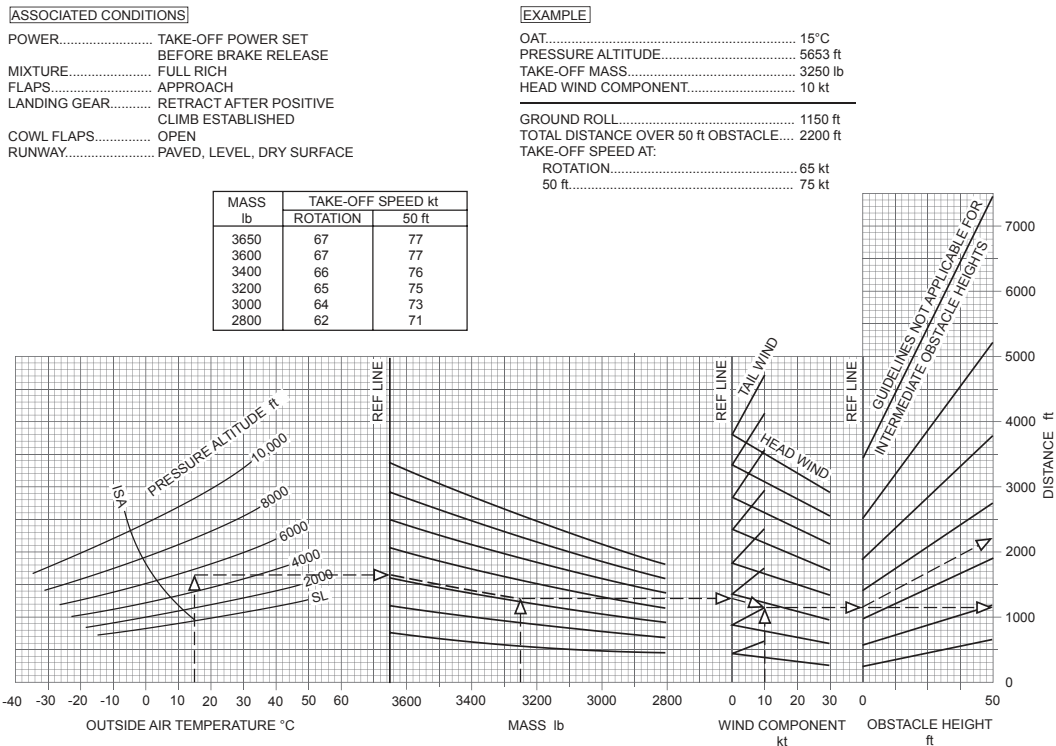
p ... tlaková výška

m ... hmotnost

w ... vítr

TOR ... délka rozjezdu

Nevýhodou této analogové početní pomůcky je chyba způsobená například poškozením či špatnou kvalitou tištěného nomogramu. Značnou chybu také může vnášet nepřesnost při interpolaci linií. Výstup této metody je tak velice závislý na zručnosti uživatele.



Obrázek 3.1. Nomogram vzletové výkonnosti pro SEP letoun [14]

3.1.2 Tabulky

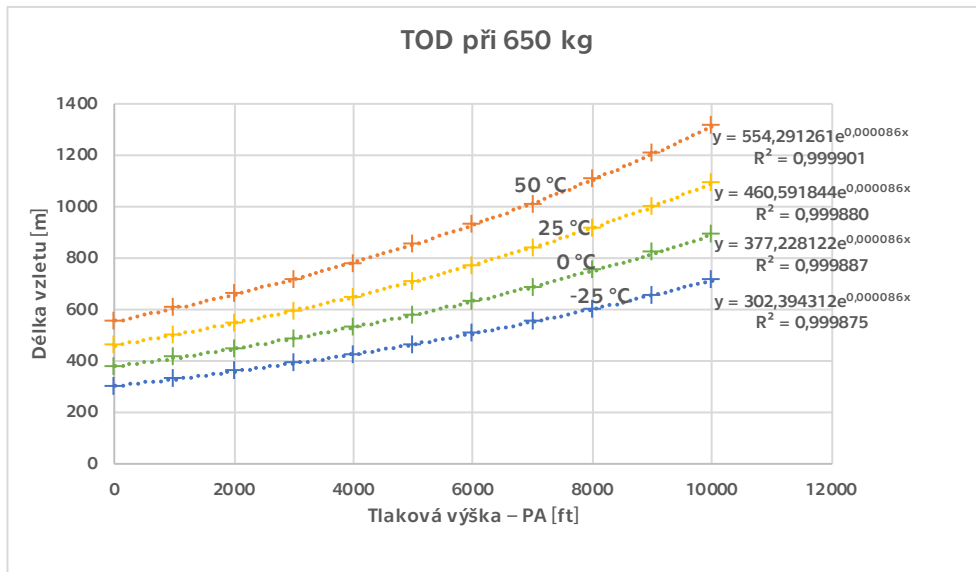
Modernějším přístupem je publikování již předpočítaných tabulovaných hodnot výkonnostních charakteristik. Tato data jsou v AFM publikována pro několik vybraných hodnot vstupních veličin typicky ohraničených provozním rozsahem letounu. Výhodou metody je poměrně rychlý zřejmý přehled o výkonnosti letounu. Nevýhodou je pro přesnější výsledky nutná často nekolikanásobná interpolace mezi hodnotami. Tuto interpolaci je možné provést pomocí mentálního výpočtu, či s využitím kalkulačtoru. Takové operace jsou však poměrně časově náročné a určité typy grafů z důvodu nelinearity interpolaci ani nepřipouští. Některá data k interpolaci nejsou vhodná, například hodnoty pro výkonnost v cestovním režimu, které jsou publikovány pro určitý režim s otáčkami vrtule (RPM) a plnicím tlakem (MAP), viz 3.1. Příklad již vhodných tabulovaných hodnot pro interpolaci je uveden v tabulce 3.2 a mírná nelinearita těchto hodnot prezentována vykreslením v grafu a proložení exponenciální funkcí na obrázku 3.2. Graf vykresluje hodnoty pro délku vzletu (TOD – at 50 ft AGL) pro čtyři publikované teploty. [13]

Weight: 1150 kg Pressure Altitude: 3000 ft											
RPM*	MAP [inHg]	ISA – 30°C (-21°C)			ISA (9°C)			ISA + 30°C (39°C)			
		PWR	KTAS	F.C.** [lt/hr]	PWR	TCAS	F.C.** [lt/hr]	PWR	KTAS	F.C.** [lt/hr]	
2388	26.4	92%	141	25.7	87%	143	24.3	83%	144	23.1	
2250	26.4	89%	139	25	85%	141	23.6	80%	143	22.4	
2250	26	85%	137	23.9	81%	138	22.6	77%	140	21.5	
2250	24	72%	128	20	68%	129	18.9	64%	130	18	
2250	22	57%	116	16	54%	117	15.1	51%	118	14.3	

Tabulka 3.1. Hodnoty výkonnosti v cestovním režimu letounu P2006T – data z: [15]

Weight = 650 kg Flaps: T/O Speed at Lift-Off = 50 KIAS Speed Over 50ft Obstacle = 61 KIAS Throttle Levers: Full Forward Runway: Grass		Corrections Headwind: - 5 m for each kt (16 ft/kt) Tailwind: + 15 m for each kt (49 ft/kt) Paved Runway: - 10% to Ground Roll Runway slope: + 7% to Ground Roll for each +1%				
Pressure Altitude	Distance [m]	Temperature [°C]				ISA
		-25	0	25	50	
[ft]						
S.L.	Ground Roll	144	182	224	272	207
	At 50 ft AGL	304	379	463	557	428
1000	Ground Roll	157	198	245	297	222
	At 50 ft AGL	330	412	503	605	458
2000	Ground Roll	172	216	267	324	238
	At 50 ft AGL	359	448	547	658	490
3000	Ground Roll	188	236	292	354	256
	At 50 ft AGL	391	487	595	717	525
4000	Ground Roll	205	258	319	387	275
	At 50 ft AGL	425	530	648	780	562
5000	Ground Roll	224	283	349	423	295
	At 50 ft AGL	463	578	706	850	603
6000	Ground Roll	246	309	381	463	318
	At 50 ft AGL	505	630	770	927	646
7000	Ground Roll	269	339	418	507	342
	At 50 ft AGL	551	687	840	1011	693
8000	Ground Roll	295	371	458	555	368
	At 50 ft AGL	601	750	917	1104	744
9000	Ground Roll	323	407	502	609	397
	At 50 ft AGL	657	819	1002	1205	800
10000	Ground Roll	354	446	551	668	428
	At 50 ft AGL	718	895	1095	1318	859

Tabulka 3.2. Tabulované hodnoty vzletové výkonnosti letounu P2008JC – data z: [16]



Obrázek 3.2. Závislost délky vzletu na tlakové výšce letounu P2008JC – data z: [16]

3.2 Softwarové nástroje

Elektronická zařízení mají nespočet využití a postupem času tak začala nahrazovat původní metody a tištěné manuály s grafy a tabulkami. V komerční dopravě jsou taková řešení často vyvíjena již výrobcem letounu. Rozšíření tabletů a dalších snadno dostupných platform však tyto vymoženosti přinesly i do všeobecného sportovního letectví.

3.2.1 Elektronická letová aktovka

Vzhledem k rychlému vývoji elektronických zařízení a jejich poměrně značnému vlivu na provoz letounů bylo zavedeno několik definic a pravidel. AIR OPS uvádí: *Elektronickou letovou aktovkou (electronic flight bag, EFB) se rozumí elektronický informační systém sestávající z vybavení a aplikací pro letovou posádku, jenž umožňuje uchovávat, aktualizovat, zobrazovat a zpracovávat funkce EFB na podporu letového provozu či letové služby.* Tyto systémy mohou být přenosné, či instalované, kdy jsou již součástí certifikované přístrojové výbavy letounu. [1]

Dále je definován pojem EFB aplikace: *Aplikací EFB se rozumí softwarová aplikace, která je nainstalována na hostingové platformě EFB, jež zastává jednu nebo více specifických provozních funkcí, jež podporují letový provoz.* EFB aplikace jsou dále děleny na tři typy. Aplikace typu A jsou ty, u kterých nesprávná činnost nebo nesprávné použití nemají žádné dopady na bezpečnost letu, například digitalizované letové manuály. Tyto aplikace nesmí sloužit jako náhrada tištěných verzí. U typu B je již nesprávná činnost považována jako nezávažný poruchový stav. Tyto aplikaci už mohou nahrazovat tištěné manuály a sloužit pro výpočty výkonnosti nebo hmotnosti a vyvážení. Typ C již umožňuje zobrazovat polohu vlastního letounu na mapových podkladech a dále zahrnuje všechny funkce typu A a také typu B. [1, 17]

Veškerá elektronická zařízení, která nejsou součástí přístrojového vybavení letounu jsou dle AIR OPS klasifikována jako přenosná elektronická zařízení (PED). Mezi tato zařízení tedy patří i přenosné EFB. Nejmodernější letouny jsou již od prvotního návrhu určené pro provoz s elektronickými aktovkami. Airbus A380 nebo A330 umožňuje konfiguraci s instalovaným EFB, které poskytuje mimo jiné výpočty výkonnosti. Takové EFB je již propojené se systémy letounu, a umožňuje tak výměnu dat například s FMC. Ještě modernější letoun A350 oproti tomu využívá konfiguraci, kdy je součástí přístrojové výbavy pouze palubní informační systém (OIS), zobrazující standardní a nouzové postupy, checklisty a dále například provozní letový plán. Pro účely výpočtu výkonnosti a dalších úkonů je v kokpitu již od výroby příprava pro instalaci přenosného EFB, viz obrázek 3.3. [1, 18–19]

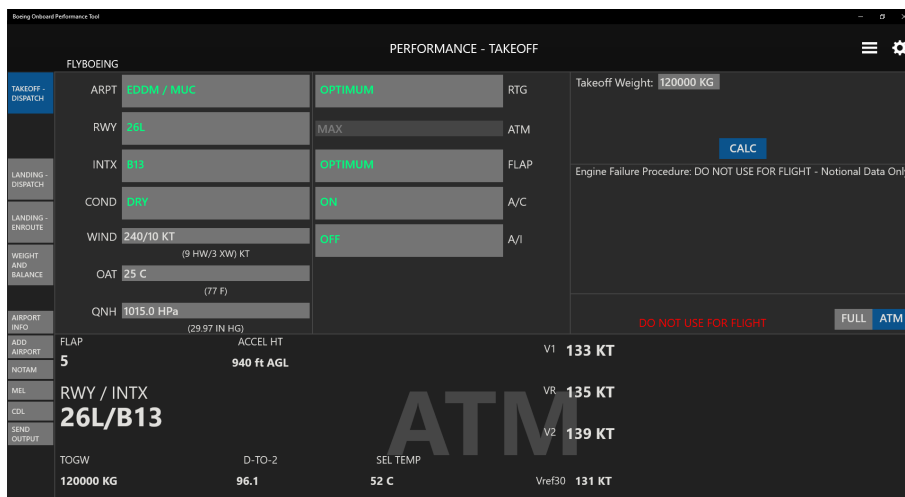


Obrázek 3.3. EFB na platformě Thales v kokpitu letounu Airbus A350 (v pozadí OIS) [18]

■ 3.2.2 Systémy v komerční letecké dopravě

Velké dopravní letouny jsou systémy EFB vybaveny již od výroby, nebo jimi mohou být dovybaveny. Elektronické aplikace pro výpočet výkonnosti jsou většinou vyvíjeny přímo výrobcem letounu, respektive jeho divizí, která se zaměřuje na vývoj software řešení pro konkrétní typy letounů. Takové systémy jsou buďto již součástí typové certifikace letounu, či podléhají dodatečnému schválení pro provoz dle požadavků konkrétních autorit.

- **Boeing OPT** je řešení vyvíjené pro letouny tohoto výrobce. O implementaci se stará dceřinná společnost Jeppesen, která tuto aplikaci pro přenosná zařízení poskytuje ve verzi pro iOS či pro systém Windows, viz 3.4. Aplikace je též na určitých typech letounů Boeing součástí instalovaného EFB. Tento nástroj je vzhledem k rozšíření letounů Boeing velice často používán a v rámci EASA byl publikovanými dokumenty vyhodnocen pro provoz dle AIR OPS [20]. Zajímavostí může být, že dle této zprávy neplní všechny požadavky na EFB (ošetření neaktuální databáze), což zpráva doporučuje řešit vhodnými SOP provozovatele. [21]



Obrázek 3.4. EFB aplikace Boeing OPT pro Windows [22]

- **Flysmart+** je softwarové řešení určené pro letouny spadající pod výrobce Airbus. Toto EFB řešení je distribuováno a vyvíjeno společností NAVBLUE. Podobně jako Boeing OPT je dostupné pro systémy iOS a Windows. Podobnost je možné spatřit také v uživatelském prostředí aplikace. Toto je způsobeno snahou výrobců o podobné vizuální zpracování a ovládání, jako má přístrojové vybavení samotného letounu a jeho glass cockpit displejů. Flysmart+ oproti řešení Boeingu nabízí také integraci dalších systémů, jako jsou nouzové a standardní postupy či komunikace s operačním střediskem dopravce. Tyto funkce jsou implementovány na základě zakázky mezi dopravcem a společností NAVBLUE, která spadá pod samotný Airbus. Uživatelské rozhraní je prezentováno na obrázku 3.5. [23]

- **Gyronimo** je placená aplikace výhradně pro platformu iPad. Oproti výše zmíněnému řešení ProFlite nabízí varianty pro mnohem více typů letounů a také kvalitnější zpracování uživatelského prostředí. Každý specifický letoun je nutno zakoupit a nainstalovat jako samostatnou aplikaci. Nabízené letouny jsou dle webových stránek různé typy výrobce Cessna, Piper, Cirrus a dalších. Společnost se pak výrazněji orientuje na vrtulníky a celosvětově poskytuje profesionální řešení pro různé druhy operací. Využití nalézá v extrémních podmínkách, jako jsou například lety do základního tábora Mt. Everest, kde jsou vzhledem k řídkému vzduchu zvýšené nároky na důkladnou analýzu výkonnosti. [25]

Hodnocení uvedená na portálu App Store jsou převážně kladná, jedinou výraznější výtkou je nepřesné zadávání konkrétních vstupních hodnot pomocí posuvníku. Podstatnou celkovou nevýhodou je však kompatibilita pouze s tablety iPad a také cenová hladina okolo 20 \$ a více. V případě zakázkového vývoje dle specifických požadavků provozovatele by náklady byly jistě mnohem vyšší. [25]

Společnost Gyronimo byla během vývoje aplikace kontaktována pro získání doplňujících informací a případných poznatků využitelných v této práci. V odpovědi nebyly z komerčních důvodů uvedeny žádné hodnotné informace pro vývoj zamýšlené aplikace a bylo pouze informováno o zanedlouho dostupné nové aplikaci **Flight Pad**, která již bude zahrnovat i letouny výrobce Tecnam. Komunikace se společností je k dispozici v příloze B.



Obrázek 3.7. Aplikace Gyronimo [25]

Kapitola 4

Realizace aplikace

Tato kapitola popisuje samotný návrh a implementaci aplikace dle požadavků ATO F AIR a příslušných předpisů a nařízení. Vzhledem k faktu, že se autor práce nepovažuje za odborníka na vývoj software, je kapitola psána velice obecně a nemá představovat ideální postup řešení, který by naopak použil v oboru zkušený jedinec. Samotné dělení na Front-end a Back-end je použito pro zjednodušení orientace v postupu řešení, neboť se správně z hlediska terminologie v informatice celá práce zabývá pouze částí Front-end, tedy veškerý chod aplikace probíhá u uživatele bez jakékoliv interakce se serverem.

4.1 Požadavky na aplikaci

Abychom mohli dosáhnout výsledků zmíněných v kapitole [1.2](#) je nutné určit konkrétní požadavky na funkci aplikace. Na základě konzultací s vedoucím práce v rámci ATO F AIR i osobních poznatků byly určeny tyto požadavky:

- Přesné a rychlé výpočty
- Spojité zadávání vstupních veličin
- Soulad s leteckými předpisy
- Respektování SOP a [OM](#)
- Export výsledků
- Předvolby konfigurací
- Multiplatformní funkčnost
- Spolehlivost
- Udržitelnost a aktuálnost
- Uživatelská přívětivost
- Příjemný grafický design
- Rozšiřitelnost o nové funkcionality

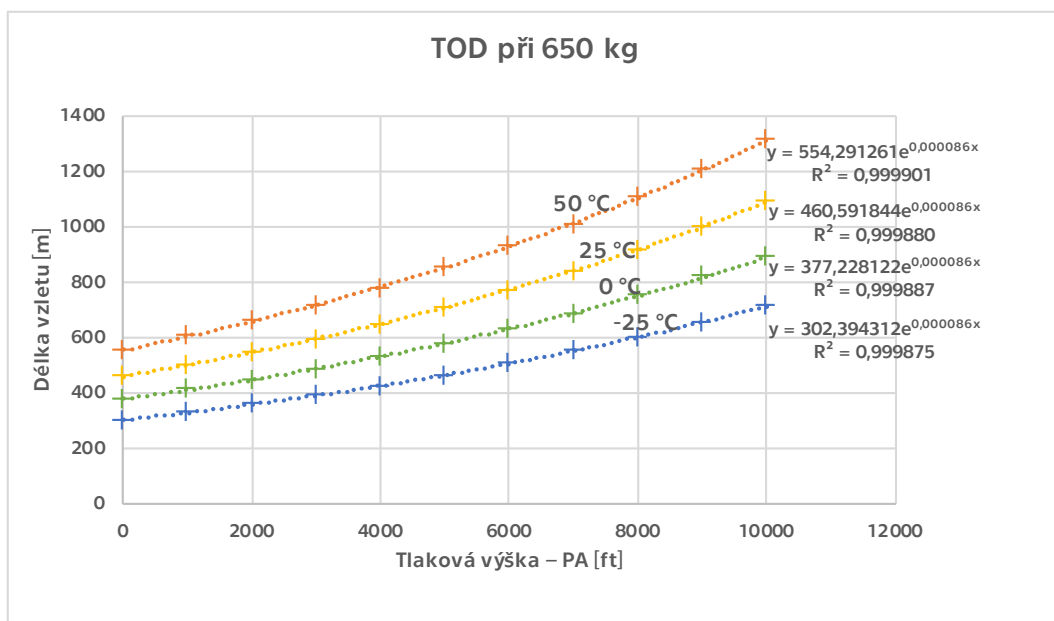
Zcela všechny uvedené požadavky nesplňuje ani jedna aplikace pro malé letouny uvedená v kapitole [3.2.3](#). Pro jejich splnění je tak nutné použít vhodné technologie a poučit se z nedostatků popisovaných aplikací.

4.2 Architektura aplikace

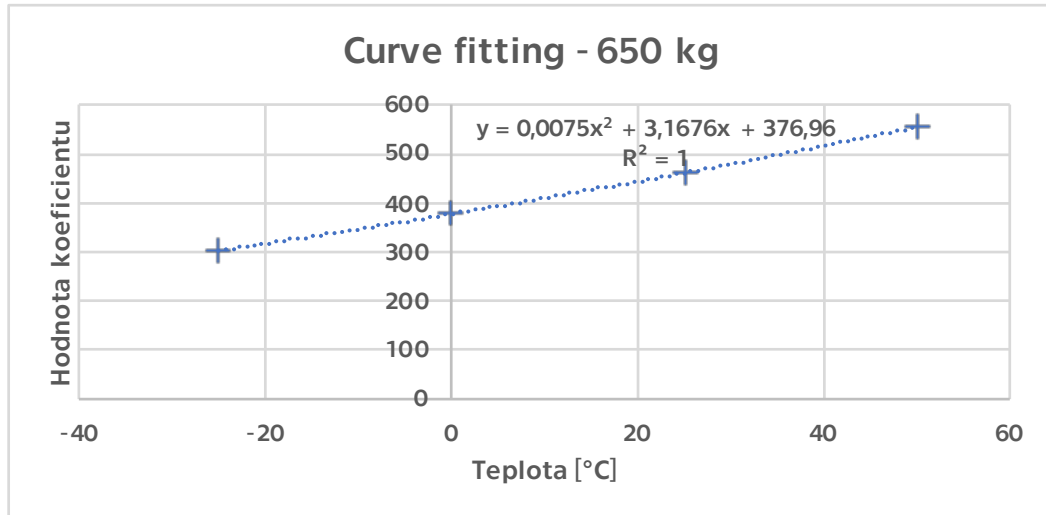
Každý software musí mít definovaný rámec nebo filozofii, kterou je nahlíženo na celkovou stavbu aplikace, tedy architekturu. Pro tyto účely je vhodné využívat již existující příručky a návody. Vzhledem k určení vyvíjeného nástroje je nejvhodnější příručkou ICAO Doc 10020 – *Manual of Electronic Flight Bags (EFBs)*. Tato příručka obsahuje soubor základních požadavků a postupů pro elektronické letové aktovky a jejich vývoj. Vzhledem k tomu, že se jedná o materiály sestavované odborníky, je příručka logicky


```

hoffmannConfig.TO.TOD = function (TOW, AD_ELEV, OAT, QNH) {
  let TOD = ((2.92965580990723E-08 * Math.pow(TOW, 2)
+ -0.0000103820582444141 * TOW - -0.00199725637541149)
* Math.pow(OAT, 2) + (0.0000105588277819935 *
Math.pow(TOW, 2)- 0.00258854784247653 *TOW+ 0.386833998337983)*
OAT+(0.00125614991837811 * Math.pow(TOW, 2)- 0.309636247292158*
TOW+ 46.4552360611659)) * Math.exp(0.0000864591237314215 *
FlyCalc.pressureAltitude(AD_ELEV, QNH))
return TOD;
}
    
```



Obrázek 4.15. Závislost délky vzletu na tlakové výšce a teplotě při 650 kg



Koeficient	Teplota [°C]
554,291261	50
460,591844	25
377,228122	0
302,394312	-25

Obrázek 4.16. Prokládání křivkou pro zjištění počátečních odhadů regrese.

		650 kg		550 kg		450 kg	
		predikce	čtverec rezidua	predikce	čtverec rezidua	predikce	čtverec rezidua
a2	2,93E-08	301,5471	6,016491193	205,429531	2,46637174	129,522	2,185347645
a1	-1,038E-05	328,7789	1,491075715	223,981215	1,037923309	141,218	0,610900565
a0	-0,0019973	358,4699	0,281033236				
b2	1,0559E-05	390,8421	0,024919383				
b1	0,00258855	426,1378	1,294688967				
b0	0,386834	464,621	2,627604303				
c2	0,00125615	506,5794	2,494576946				
c1	0,30963625	552,327	1,76090027				
c0	46,4552361	602,2059	1,454126417				
d	8,6459E-05	656,5892	0,168792522				
SSE	265,873569	715,8836	4,47905845				
průměrný SE	1,51064528	375,915	9,517127292				
směr. odchylka SE	3,02636566	409,8627	4,568061283				
průměrná absolutní chyba [m]	1,22908311	446,8761	1,263182742				
		487,232	0,053840197				
		531,2324	1,518810779				
		579,2063	1,455155083				
		631,5126	2,287852604				
		688,5424	2,379131205				
		750,7225	0,522016909				
		818,5179	0,232464712				
		892,4356	6,576242304				
		459,8163	10,1360842				
		501,3408	2,752896439				
		546,6153	0,147995044				
		595,9784	0,957221062				
		649,7993	3,237395222				
		708,4806	6,1532227				
		772,4612	6,057414201				
		842,2197	4,926971388				
		918,2778	1,632878961				
		1001,205	0,632702351				
		1091,62	11,42335579				
		553,2509	14,05549924				
		603,2133	3,192459564				
		657,6875	0,097648323				
		717,0812	0,006588047				
		781,8385	3,3799781				
		852,4438	5,972165729				
		929,4253	5,881947403				
		1013,359	5,563437628				
		1104,872	0,76016442				
		1204,649	0,122978927				
		1313,437	20,81786321	894,709603	5,245916898	564,169	3,351313608

Obrázek 4.17. Nastavení nástroje Excel Solver – GRG regrese

Kapitola 5

Uživatelské testování

Testování vyvíjené aplikace bylo rozděleno do dvou fází. První fáze, provedená za účelem testování uživatelského prostředí sestávala z dotazníku obsahujícího otázky pro určení použitelnosti systému – SUS. Druhá část testování, již obsáhlejší, se zaměřila na porovnání výpočtu provedeného standardně z AFM oproti identickému výpočtu v aplikaci. Porovnána byla nejen přesnost kalkulací, ale také uplynulý čas potřebný pro jednotlivé výpočty.

5.1 Testování UX

Za účelem otestování použitelnosti aplikace a kvality návrhu uživatelského prostředí byl vytvořen elektronický dotazník v online službě Google Docs. Dotazník obsahoval SUS testování a doplňující informace o respondentovi. Po sběru odpovědí následovalo vyhodnocení použitelnosti a určení možných úprav uživatelského rozhraní dle zpětné vazby.

5.1.1 System Usability Scale

Česky *škála použitelnosti systému* je metoda pro testování téměř libovolného systému, pro který potřebujeme zjistit, jak se uživatelům používá a jaký z něj mají pocit – User Experience (UX). Vytvořil ji v roce 1986 John Brook za účelem rychlého a robustního otestování použitelnosti. Původně nebyla určena k širokému použití, ale vzhledem ke své jednoduchosti se s ní stal standard. [41]

SUS definuje sadu těchto deseti otázek:

- Rád/a bych systém používal/a opakovaně.
- Systém je zbytečně složitý.
- Systém se snadno používá.
- Potřeboval/a bych pomoc z technické podpory, abych mohl/a systém používat.
- Různé funkce systému jsou dobře začleněny.
- Systém je příliš nekonzistentní.
- Řekl/a bych, že většina lidí se se systémem naučí pracovat rychle.
- Systém je příliš neohrabaný.
- Při práci se systémem se cítím jistě.
- Musel/a jsem se hodně naučit, než jsem se systémem dokázal/a pracovat.

K zaznamenání odpovědi na tato tvrzení je užito Likertovy škály, která se používá pro určení míry stupně souhlasu, či nesouhlasu. Podstata této škály je uvedena v tabulce 5.1

Tvrzení	1 – Rozhodně nesouhlasím	2	3	4	5 – Rozhodně souhlasím
---------	--------------------------	---	---	---	------------------------

Tabulka 5.1. Likertova škála [42]

Kapitola 6

Nedostatky a další směřování

6.1 Vyřešené nedostatky

6.1.1 Úprava GUI

Zpětná vazba v rámci testování přinesla návrhy na zlepšení a zpřehlednění především v navigaci uživatelským prostředím. Nejdůležitější byly poznatky týkající se návratu do seznamu letounů a návratu ze stránky výpočtů do stránky s informacemi o letounu a jeho ilustrační fotografií. Za tímto účelem byla přepracována ikona „Hangár“, která možnost návratu do výběru letounů indikuje šipkou umístěnou do ikony. Pro prvotní seznámení s nejdůležitějšími prvky bylo nově využito komponenty „snackbar“, která při prvním spuštění aplikace zobrazí vhodné instrukce k ovládacím prvkům uživatelského prostředí.

6.1.2 Úprava volby RWY

Nejpodstatnějším poznatkem ze zpětné vazby byl jistě komentář týkající se volby RWY při výpočtu výkonnosti na vzlet a přistání. Dle poznatku byl proveden re-design celého prvku a nově je tak naprosto zřejmá možnost definování vlastní uživatelské dráhy pomocí položky „Custom“ v rolovacím menu RWY. Po zvolení položky „Custom“ je uživateli zobrazeno nové textové pole do kterého navolí směr dráhy pomocí dvou číslic, či po kliknutí na symbol šipek pomocí tří číslic pro zvýšení přesnosti výpočtů složek větru a tedy i celkovou přesnost výpočtu.

6.2 Nevyřešené nedostatky

6.2.1 Export PDF na iOS

Nejpodstatnějším a v době psaní práce stále nevyřešeným problémem je špatná podpora exportu výsledků v PDF v systému iOS. Tento oficiálně nahlášený a společností Apple řešený problém se vyskytuje jen v standalone verzi, tedy pokud aplikaci spustíme nainstalovanou na ploše iOS zařízení. Pro aktuální informace a možnost testování opravy bude aplikace průběžně testována na zařízení s vývojářskou beta verzí nové aktualizace systému iOS 13. V této verzi by již dle předběžných informací měla být zvýšena podpora PWA a funkce stahování nebo sdílení PDF by tak již neměla představovat problém.

Kapitola 7

Závěr

Následující texty kapitoly obsahují shrnutí, poznatky a subjektivní názory autora. Kapitola je tedy na rozdíl od ostatních částí práce psána v první osobě. V žádném případě také text nemá vyjadřovat oficiální postoje a názory ATO F AIR spol. s r.o.

Shrnutí

Musím i ze své zkušenosti přiznat, že se při předletové přípravě občas zanedbá důkladnější analýza výkonnosti a někdy i výpočty hmotnosti a vyvážení. Mnohdy je to způsobeno rozptýlením, kdy se student soustředí na stav počasí, aktivované prostory, přípravu map, a také tráví čas vyřizováním různých povolení, koordinací letu s řízením provozu, či validací letového plánu. Zejména pokud se přidají ještě další neočekávané faktory, na které je letectví mimořádně štědré, může se stát, že student nevědomky zcela opomene výpočty provést. Opět samozřejmě čerpám i z vlastních chyb, zkušeností a ponaučení.

Aby se takové situace nestávaly, má letecká škola F AIR vypracované SOP tak, aby studenta vedly k bezpečnému a efektivnímu létání. Součástí je mimo jiné *matice přípravy* (matrix) s předletovými úkony, vedoucí k rozhodnutí o provedení, či neprovedení letu. Jednou z položek je provedení výpočtu hmotnosti a vyvážení, se zapsáním vypočítaných hodnot. Dále pak úkon výpočtu výkonnosti, který je nutné opět potvrdit jako provedený. Podpisem stvrzený štítek s maticí se před letem odevzdá dispečinku. Kopii výpočtů výkonnosti i hmotnosti a vyvážení si pak dle provozních postupů musí pilot vzít s sebou na palubu letounu.

I z dat získaných dotazníkovým šetřením však dále vyplývá, že alespoň stručná analýza výkonnosti pro každý let, není u všech z dotazovaných samozřejmá a nejedná se tak o jednorázové opomenutí. Toho jsem si byl vědom po celý praktický výcvik a v okamžiku, kdy jsem dostal příležitost přijít s něčím novým, situací měnícím, jsem neváhal.

Důvody častého opomíjení analýzy výkonnosti a mnohy i hmotnosti a vyvážení, mi byly od počátku jasné. Výpočty dle AFM jsou nepřehledné a často také zdlouhavé, unavující. Čas a mentální kapacitu, tak student raději věnuje předletovým činnostem, které pro něj mají alespoň z jeho pohledu větší důležitost.

Mým cílem tedy bylo poskytnout nástroj, který by proces několikanásobně urychlil a zpřehlednil. Určitě však nechci snižovat důležitost letové příručky. Student, či jakýkoliv letec, by se v letové příručce svého letadla měl vyznat a být schopen výpočty kvalitně provést. Myslím si však, že je na čase, aby se i výrobci sportovních a výcvikových letadel přeorientovali na řešení poplatná době a nebránili se interaktivním manuálům a aplikacím, které by již byly součástí certifikace letadla.

Další důvod, proč se výkonnosti sportovních a výcvikových letounů často neklade pozornost, je názor, že u takto malých letounů to nemá příliš velký význam, tedy aplikování přístupu „*ono to vždy vychází*“. Oproti velkým dopravním letounům, u kterých mohou být mezi jednotlivými lety obrovské rozdíly ve vzletové hmotnosti i časté změny vnějších podmínek při přeletech do různých podnebí, a tedy značně proměnlivé hodnoty

Literatura

- [1] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *Commission Regulation (EU) No 965/2012 on air operations and associated EASA Decisions* [online]. 1. vyd. European Aviation Safety Agency, 2019 [vid. 12. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/document-library/general-publications/easy-access-rules-air-operations>.
- [2] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. [online]. [vid. 15. 7. 2019]. Dostupné též na <https://icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>.
- [3] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. [online]. [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/the-agency/the-agency>.
- [4] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Narižení Evropského Parlamentu a Rady 2018/1139* [online]. 2018 [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1566420518927&uri=CELEX:32018R1139>.
- [5] EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY. *Regulations* [online]. [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://easa.europa.eu/regulations>.
- [6] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 2 – Rules of the Air*. 10. vyd. International Civil Aviation Organization, 2005 [vid. 29. 7. 2019]. ISBN 978-92-9231-459-0.
- [7] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Narižení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 2008/216* [online]. 2008 [vid. 16. 7. 2019]. Dostupné též na <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32008R0216>.
- [8] MINISTERSTVO DOPRAVY ČESKÉ REPUBLIKY – ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Letecký předpis L14 – Letiště* [online]. Letecká informační služba. [vid. 14. 7. 2019]. Dostupné též na <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>.
- [9] SKYBRARY. *Aircraft Performance* [online]. [vid. 17. 7. 2019]. Dostupné též na https://skybrary.aero/index.php/Aircraft_Performance.
- [10] CAE OXFORD AVIATION ACADEMY. *Mass and balance, Performance*. CAE Oxford Aviation Academy, 2014 [vid. 20. 7. 2019].
- [11] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 8 – Airworthiness of Aircraft*. 12. vyd. International Civil Aviation Organization, 2018 [vid. 22. 8. 2019]. ISBN 978-92-9258-472-6.
- [12] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. *Annex 6 – Operation of Aircraft, Part II – International General Aviation – Aeroplanes*. 10. vyd. International Civil Aviation Organization, 2018 [vid. 29. 7. 2019]. ISBN 978-92-9258-475-7.

Zkratky a symboly

AD	■ Letiště, letištní – Aerodrome
AFM	■ Letová příručka letadla – Aircraft flight manual
AIP	■ Letecká informační příručka – Aeronautical information publication
AMC	■ Přijatelné způsoby průkazu – Acceptable means of compliance
AMSL	■ Nad střední hladinou moře – Above mean sea level
APP	■ Aplikace (mobilní) – Application (mobile)
ARP	■ Vztažný bod letiště – Aerodrome reference point
ASD	■ Délka přerušného vzletu – Accelerate-stop distance
ASDA	■ Použitelná délka přerušného vzletu – Accelerate-stop distance available
ATO	■ Schválená organizace pro výcvik – Approved training organisation
BEW	■ Základní prázdná hmotnost – Basic empty weight
CAT	■ Obchodní letecká doprava – Commercial air transport
CS	■ Certifikační specifikace – Certification specifications
CSS	■ Jazyk kaskádových stylů – Cascading style sheets
CSV	■ Hodnoty oddělené čárkami – Comma-separated values
CWY	■ Předpolí – Clearway
ČR	■ Česká republika – Czech Republic
ČVUT	■ České vysoké učení technické v Praze – Czech Technical University in Prague
DER	■ Odletový konec dráhy – Departure end of the runway
DTHR	■ Posunutý práh dráhy – Displaced threshold
EASA	■ Evropská agentura pro bezpečnost letectví – European aviation safety agency
EFB	■ Elektronická letová aktovka – Electronic flight bag
ELEV	■ Nadmořská výška – Elevation
ES	■ Evropské společenství – European communities
EU	■ Evropská unie – European union
FMC	■ Počítač pro řízení a optimalizaci letu – Flight management computer
FPM	■ Stopa za minutu – Feet per minute
ft	■ Stopa (měrová jednotka) – Feet (dimensional unit)
ft/min	■ Stopa za minutu – Feet per minute
GA	■ Všeobecné letectví – General aviation
GM	■ Poradenský materiál – Guidance material
GNSS	■ Globální navigační družicový systém – Global navigation satellite system
GUI	■ Grafické uživatelské rozhraní – Graphical user interface
GW	■ Celková hmotnost – Gross weight
HMI	■ Rozhraní člověk–stroj – Human-machine interface
hPA	■ Hektopascal – Hectopascal
HTML	■ Textový značkovací jazyk – Hypertext markup language
HW	■ Čelní vítr – Headwind
IAS	■ Indikovaná vzdušná rychlost – Indicated airspeed

Příloha **A**

Zdrojové kódy aplikace

- Příloha **A** obsahuje adresář se zdrojovými kódy a grafickými prvky aplikace.
- Přístup k aplikaci a celému adresáři je možný také v internetovém repozitáři GitHub:



Obrázek A.1. <https://github.com/zbyseketrik/F6-BP-2019-petrik-zbysek-repository>

Příloha B

Korespondence se spol. Gyronimo



Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

Performance, UNI thesis

Počet zpráv: 3

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>
Komu: info@gyronimo.com

15. července 2019 0:18

Dear Gyronimo,
I am a university atpl(a) student working on my bachelor thesis focused on performance calculations. My task is to develop simple tool for students, so they can do their m&b and perf calculations of Tecnam fleet we use. During my research for the thesis I've found your company and your great iPad solutions. The requirement for the tool though is multiplatform use as only minority of students can afford iPad device for the training here in CZ. I would like to kindly ask you if I can mention your company and apps in research section of my thesis. Also my big concern is whether there is a chance of obtaining tabulated perf data for Piper aircraft (we use one PA28 for IFR training) or this must be done in some kind of software graphical computing out of AFM charts.
Have a nice day!

Yours sincerely,

Zbysek Petrik
CTU in Prague

info@gyronimo.com <info@gyronimo.com>
Komu: Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

16. července 2019 16:53

Dear Zbysek,

Thank you very much for your email. Yes, you can mention us in your research, we would be delighted. Unfortunately we can not provide the requested performance data, since we keep them for our product exclusively.
We will soon launch a new app called 'Flight Pad' that also integrates Tecnam aircrafts (2006, 2008, 2010) Once our new Flight Pad is online we will send you a redeem code so you can test the app free of charge, it would be great to hear your feedback.

Thank you very much, all the best for your thesis
Stephanie

GYRONIMO, LLC
iPad & iPhone Apps for Weight & Balance and Performance

Stephanie Ahlen, Operations Manager
6424 E Greenway Pkwy
Suite 100
Scottsdale, AZ 85254
info@gyronimo.com
www.gyronimo.com
[Citovaný text byl skryt]

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>
Komu: "info@gyronimo.com" <info@gyronimo.com>

17. července 2019 11:09

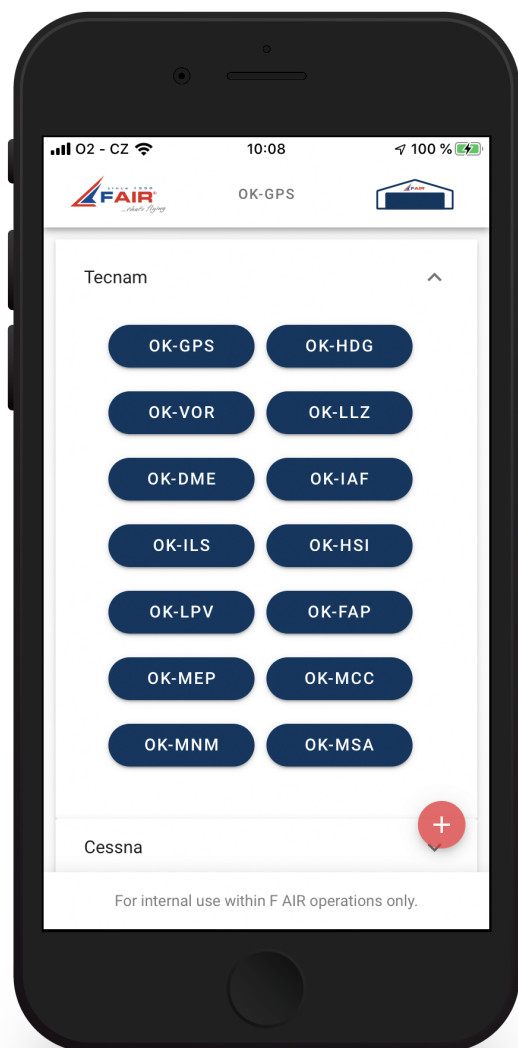
Dear Stephanie,
Thank you for your kind reply. I will mention you in the best meaning of course as a great product. I would be pleased to have the opportunity of testing your app.
Have a nice day and best wishes with your new products!

Yours Sincerely,

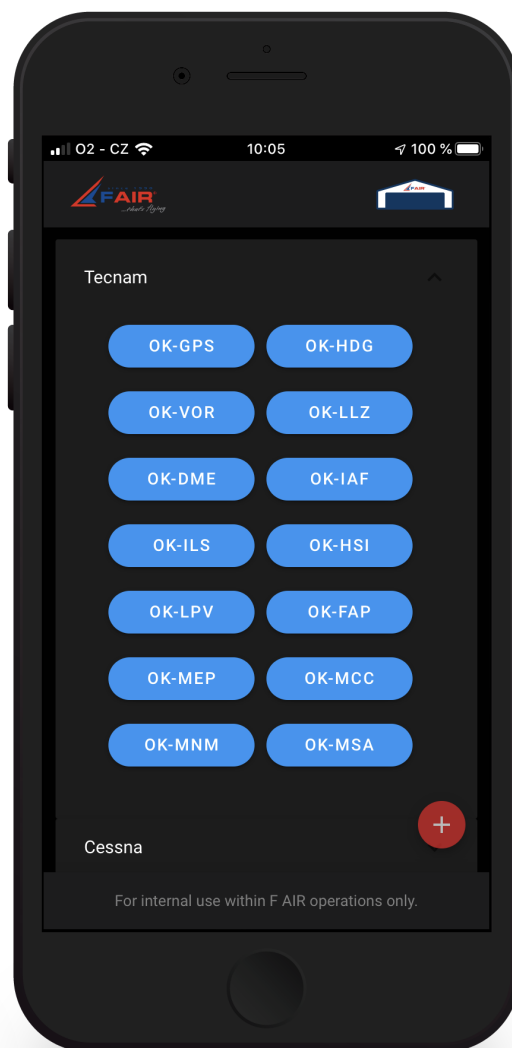
Zbysek Petrik

Příloha C

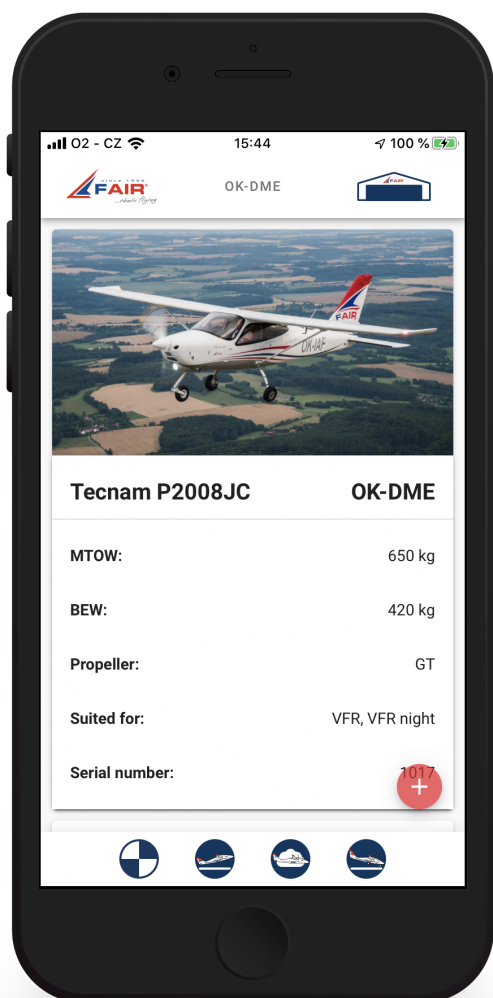
Snímky z uživatelského prostředí



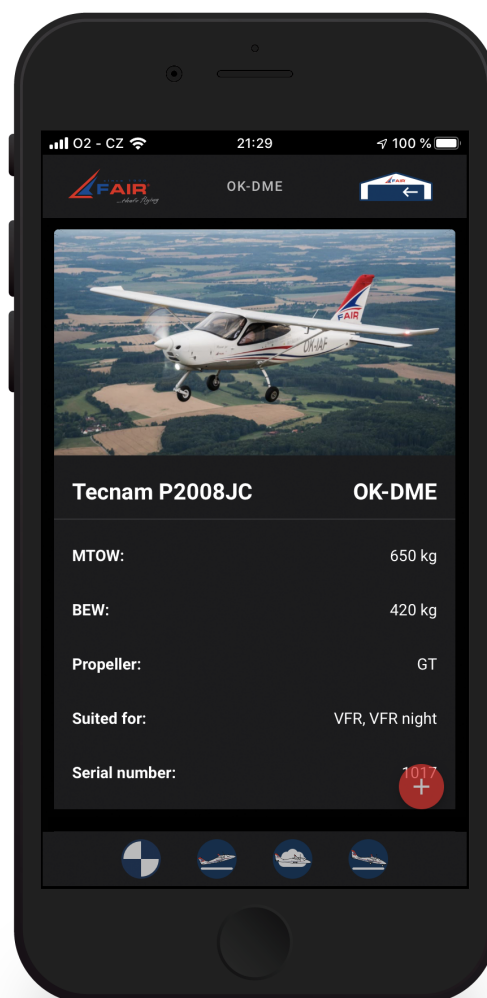
Obrázek C.2. Světlý režim



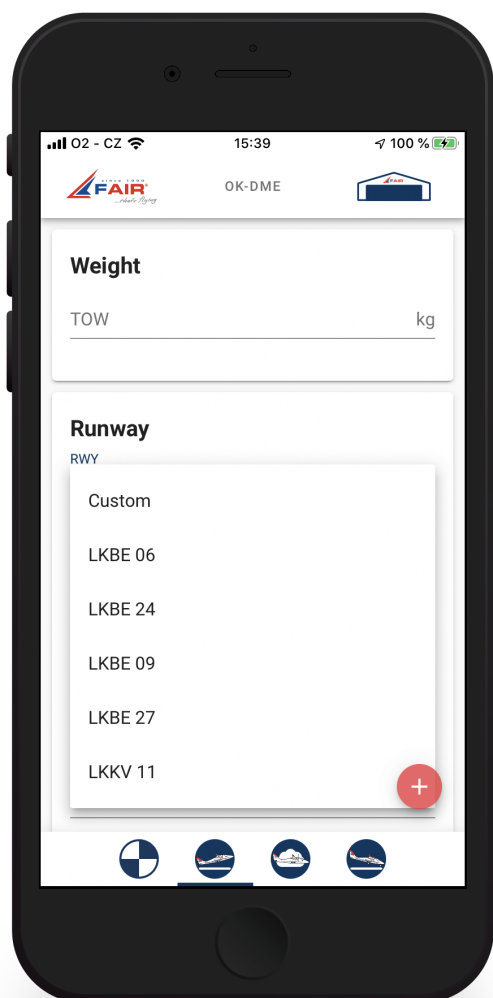
Obrázek C.3. Tmavý režim



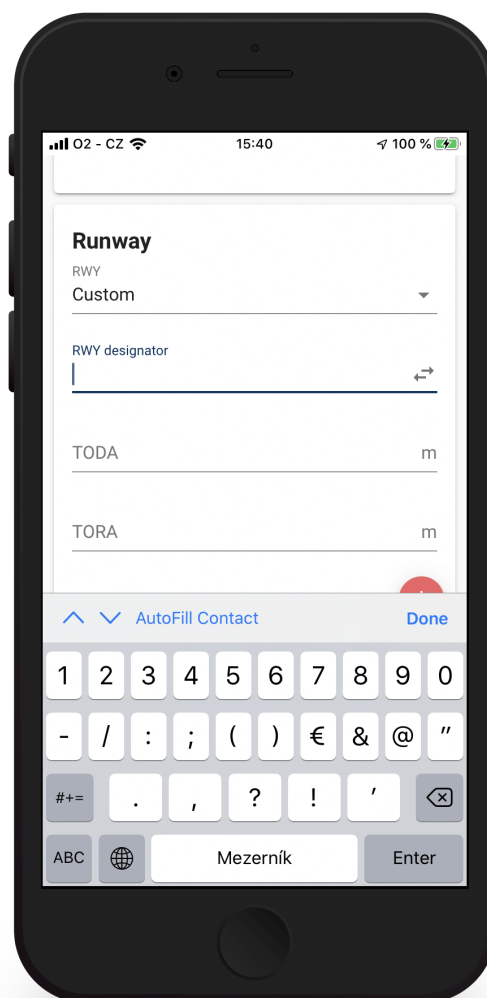
Obrázek C.4. Světlý režim



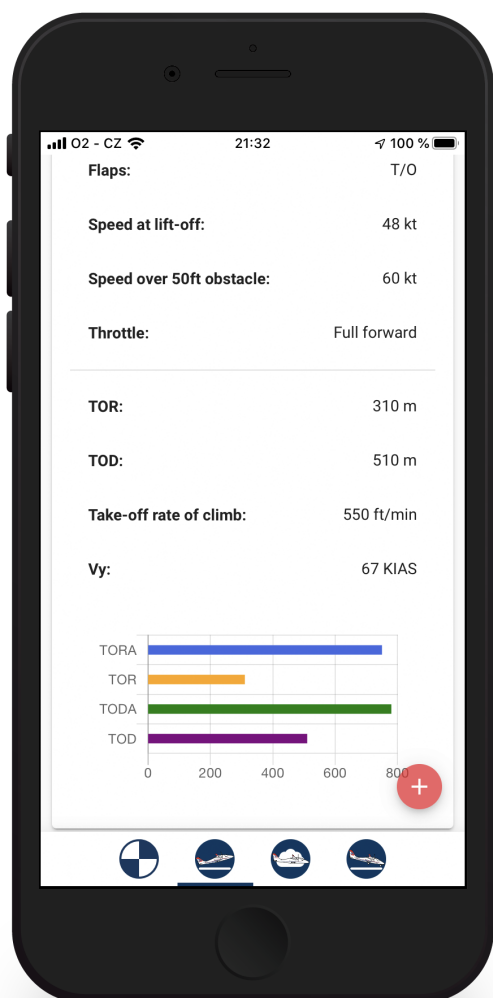
Obrázek C.5. Tmavý režim



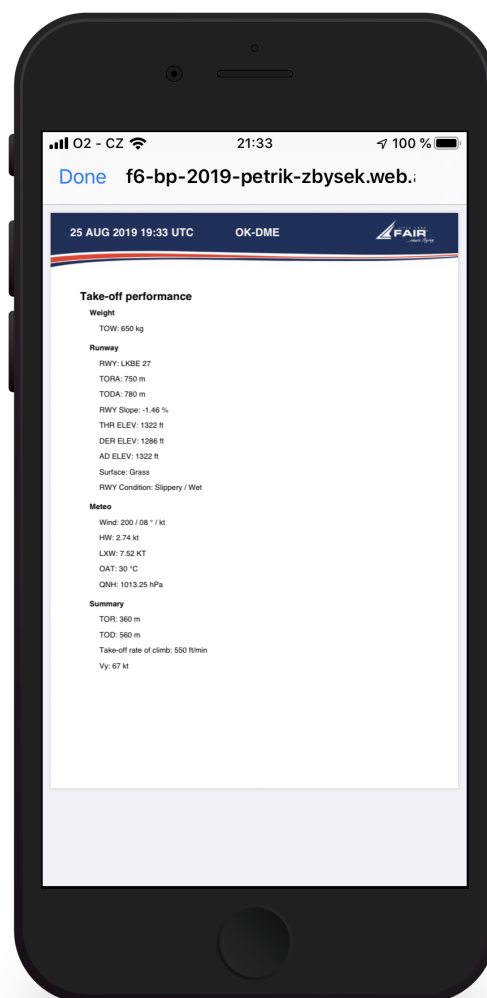
Obrázek C.6. Volba RWY



Obrázek C.7. Volba uživatelské RWY



Obrázek C.8. Zobrazení výsledků



Obrázek C.9. Exportované PDF

Příloha D

Průvodní zpráva uživatelského testování



Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>

Testing of performance and W&B calculation app

Zbysek Petrik <zbysek.petrik@gmail.com>
Komu: Bartůněk Filip <Bartunek@f-air.cz>

13. srpna 2019 2:32

Dear students and instructors,

hereby presented application aims to deliver new comprehensive tool for pre-flight briefing within F AIR school. It is designed to be easy to use and time-saving solution. Application which is presently in testing phase however needs to be evaluated by future users to eliminate potential flaws.

I kindly ask you to try out the app and fill in the related questionnaire afterwards. Your feedback is highly appreciated. Current version contains fully working example of P2008JC aircraft. Presently known flaw is presence of "non-smooth" animations on android devices which will be solved once update of internal design library is available.

> [Application](#) < > [questionnaire](#) <

Development is a part of bachelor thesis at ČVUT.

Thank you,

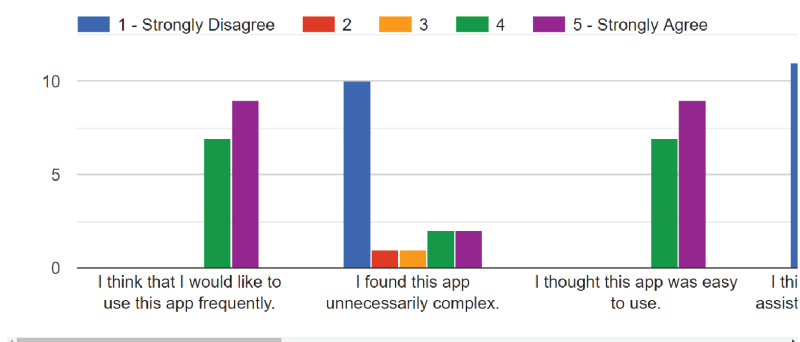
Zbyšek Petřík

Příloha E

Dotazník uživatelské přívětivosti

Testing stage, performance calculations available for P2008JC only. Export of results to PDF available soon.

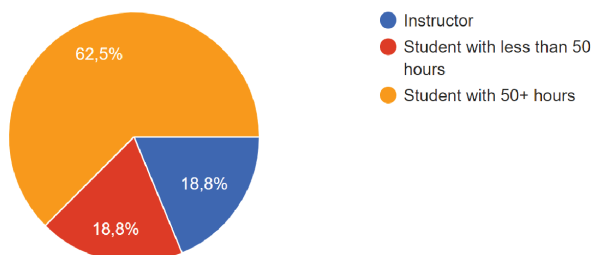
Please rate your level of agreement 1 – 5 with each of the following statements:



Final feedback

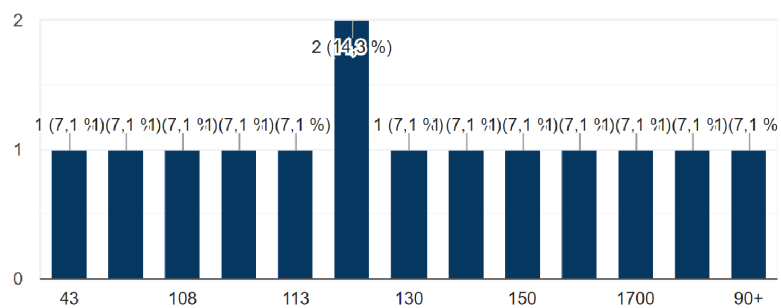
My experience

16 odpovědí



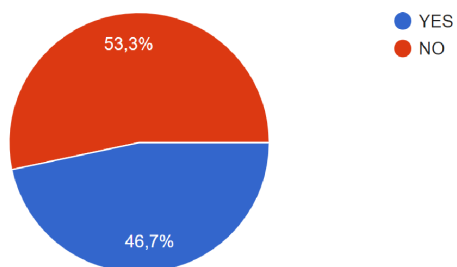
Approximate total flight hours

14 odpovědí



I calculate performance analysis data prior to every single flight.

15 odpovědí



Report what you especially like or dislike about the app.

8 odpovědí

Like: Design, UX Dislike: not smooth animations on "home page"

+ Night version

The app is very easy to use and is very helpful. I would use this app before every flight.

Its Easy, fast

There is no other app like this. I really like it and I would definitely use it in my training.

Velmi přehledné a konečně jsme zase v 21. století. Díky moc.

I find the app very easy to use and also user friendly. Nice graphics!

Very useful, thanks

Feel free to advise what (and how) to improve.

4 odpovědi

Nothing, very good app.

V sekci enroute mi nešlo zadat zápornou teplotu. Na samsung s7 je v nabídce, ale píše pouze desetinou čárku. Při definování obecného letiště bych zadal do políčka něco jako define or choose, aby bylo každému jasné, že lze definovat i letiště, které není v databázi.

Make an app for dsa

Add "back" button when I open any airplane and want to go back to the list of airplanes

Thank you very much! :)

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem. [Nahlásit zneužití](#) - [Smluvní podmínky služby](#).

Google Formuláře

Příloha F

Výsledky System Usability Scale

Participant	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7	q8	q9	q10	SUS skóre
p1	5	1	5	1	3	2	4	1	5	2	87,5
p2	4	2	4	1	4	1	5	1	4	1	87,5
p3	4	3	4	2	4	1	5	2	4	3	75
p4	5	4	4	1	4	1	5	2	4	1	82,5
p5	5	1	4	1	5	1	5	1	5	1	97,5
p6	5	1	4	1	5	1	4	1	4	1	92,5
p7	5	1	5	2	4	1	5	1	5	2	92,5
p8	5	1	5	1	5	1	5	1	4	1	97,5
p9	4	1	5	1	5	1	5	3	5	1	92,5
p10	5	5	5	5	5	3	5	1	5	1	75
p11	4	4	5	1	5	5	5	4	4	1	70
p12	4	1	5	1	5	1	5	1	5	2	95
p13	5	1	5	1	4	1	5	1	4	2	92,5
p14	4	5	4	2	5	2	4	2	4	2	70
p15	4	1	4	2	3	1	4	2	4	1	80
p16	5	1	5	1	5	1	5	2	5	1	97,5
Průměrně	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	86,5625

Metodika hodnocení je následovná: u lichých otázek je třeba od odpovědi uživatele odečíst číslo 1 a u sudých otázek je provedeno odečtení odpovědi od čísla 5. Tímto se změří měřítko všech hodnot od 0 do 4, kdy hodnota 4 znamená nejpozitivnější odezvu na danou položku (otázku). Nyní je třeba všech 10 hodnot od unikátního respondenta sečíst a poté vynásobit 2,5 pro transformaci na běžnou stupnici od 0 do 100. Výsledek poté můžeme prezentovat procenty, kdy 100% znamená dokonale implementovaný ideální systém. Výsledné procentuální hodnoty jsou pro celkové vyhodnocení zprůměrovány.

Příloha G

Testování přesnosti a rychlosti výpočtů

Testování výpočtů výkonnosti - F AIR

5 odpovědí

Výpočty proveďte pro letoun P2008JC – registrace OK-DME

Před samotným testováním je doporučeno seznámit se s oběma metodami – každé je vhodné věnovat přibližně 5 min.

Během testování vždy proveďte nejdříve výpočet pomocí AFM a až poté použijte testovanou aplikaci.

Při výpočtu dle AFM je možné použít SW nástroje, či mechanická počítadla dle vlastního uvážení (kromě testované aplikace).

Každý výsledek výpočtu doplňte dobou, která byla potřebná pro výpočet.

Výsledky výpočtů i trvání jednotlivých výpočtů uveďte do příslušného políčka v libovolném srozumitelném formátu. (např. u vzletu: TOR=300m, TOD=430m, RoC=600ft/min, Vy=70kt, doba=2 min)

Pro každý úkol vždy z AFM vypočítejte stejné výkonnostní charakteristiky, jako počítá aplikace.

Pro zaznamenání času každého výpočtu lze využít stopky:

<https://www.timeanddate.com/stopwatch/>

Proveďte výpočet W&B s těmito daty: pilot a pasažér: 140kg, palivo: 70L, zavazadla: 5kg.

Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOW=620,3kg, 1,9 inch (120s)

TOW = 615.4 kg; výsledný moment = 1163.43; CG = 1.89 m (3 min)

TOW = 615.4 kg; CG = 1.89 m (200s)

tow = 615,4kg | cg = 1,88m (220s)

TOW=615.4kg, CG=1.90m, 280s

Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOW=615,4kg, 1,89 inch (30s)

TOW = 615.4 kg, CG = 1.892 m (čas 15 s)

TOW = 615.4 kg, CG = 1.892 m (čas 7s)

tow = 615,4kg | cg = 1,892m (12s)

TOW=615.4kg, CG=1.892m, 20s

Vypočítejte výkonnost pro vzlet s výše zjištěnou hmotností a daty: LKKV, RWY11, DRY, 110°/05kt, 17°C, Q1016.

Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOR= 250m, TOD = 410m, ROC = 660ft/min (500 s)

TOR = 221 m; TOD = 390 m; RoC = 655 ft/min; (čas 495 s)

TOR = 240 m; TOD = 420 m; RoC = 620 ft/min; (čas 5min)

tor = 210m | tod = 400m | roc = 630ft / min (280s)

TOR=230m, TOD=420m, ROC=615ft/min, 260s

Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOR = 230m, TOD = 400m, ROC = 640ft/min (30s)

TOR = 220 m; TOD = 390 m; RoC = 650 ft/min; (25 s)

TOR = 220 m; TOD = 390 m; RoC = 650 ft/min; (20s)

tor = 220m | tod = 390m | roc= 650 ft / min (25s)

TOR=220m, TOD=390m, ROC=650ft/min, 20s

Vypočítejte výkonnost pro přistání s daty: LKKV, RWY11, DRY, 110°/05kt, 17°C, Q1016.

Výsledek z AFM

5 odpovědí

LD = 400m, LR = 170m (300s)

LD = 350 m; LR = 150 m; (4 min)

LD = 400 m; LR = 180 m; (250s)

ld = 380m | lr = 170m (290s)

LD=360m, LR=150m, 330s

Výsledek z aplikace

5 odpovědí

LD = 370m, LR = 160m (35s)

LD = 370 m; LR = 160 m; (22 s)

LD = 370 m; LR = 160 m; (20s)

ld = 370m | lr = 160m (22s)

LD=370m, LR=160m, 18s

Pro MTOW zjistěte stoupavost a V_y na trati v PA=2500ft a 25°C.

Výsledek z AFM

5 odpovědí

ROC = 600ft/min, V_y = 69kt (250s)

Roc = 590 ft/min; V_y = 69kt; (čas 250 s)

Roc = 510 ft/min; V_y = 71kt; (čas 230s)

roc = 610 ft / min | v_y = 70kt (270s)

ROC=590ft/min, V_y =71kt (350s)

Výsledek z aplikace

5 odpovědí

ROC = 580 ft/min, V_y = 69kt (20s)

RoC = 580 ft/min; V_y = 69kt; (čas 15 s)

RoC = 580 ft/min; V_y = 69kt; (čas 10s)

roc = 580 ft / min | v_y = 69kt (15s)

ROC=580ft/min, V_y =69kt (25s)

Vypočítejte výkonost pro vzlet s hmotností MTOW a daty: LKBE, RWY06, DRY, 180°/06kt, 25°C, Q1013.

Výsledek z AFM

5 odpovědí

TOR = 360m, TOD = 560m, ROC = 590ft/min (350s)

TOR = 350 m; TOD = 550 m; RoC = 600 ft/min; (420 s)

TOR = 370 m; TOD = 550 m; RoC = 650 ft/min; (360s)

tor = 370m | tod = 560m | roc= 560 ft / min (350s)

TOR=340m, TOD=540m, ROC=590ft/min, 390s

Výsledek z aplikace

5 odpovědí

TOR = 360m, TOD = 560m, ROC = 579ft / min (30s)

TOR = 360 m; TOD = 560 m; RoC = 579 ft/min; (25 s)

TOR = 360 m; TOD = 560 m; RoC = 579 ft/min; (20s)

tor = 360m | tod = 560m | roc= 579 ft / min (20s)

TOR=360m, TOD=560m, ROC=579ft/min, 24s

Dodatečné informace

Celkový nálet

5 odpovědí

130h

120h

200h

145h

130

Pokud byly využity, uveďte jaké nástroje jste použil/a pro výpočty z AFM.

5 odpovědí

Kalkulačka

AIP, kalkulačka

kalkulátor

kalkulačka, papír

kalkulačka