



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní
Ústav letecké dopravy

**Sběr a analýza dat pro sledování letové způsobilosti složitých
letadel**
**Data Collection and Analysis for Complex Aircraft Airworthiness
Monitoring**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích

Studijní obor: Letecká doprava

Vedoucí práce: doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.

Ing. Natalia Guskova

Adam Houdek

Praha 2022



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Adam Houdek

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský –LED– Letecká doprava

Název tématu (česky): **Sběr a analýza dat pro sledování letové
způsobilosti složitých letadel**

Název tématu (anglicky): **Data Collection and Analysis for Complex Aircraft
Airworthiness Monitoring**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je navrhnout systém pro sběr, zpracování a analýzu dat v oblasti sledování letové způsobilosti složitých letadel.
- Analyzujte současné postupy sledování letové způsobilosti složitých letadel
- Analyzujte dostupné datové zdroje a související procesy pro sledování letové způsobilosti složitých letadel
- Vytvořte konceptuální model klíčových dat a procesů
- Navrhněte koncepci systému sběru, zpracování a analýzy dat pro sledování letové způsobilosti složitých letadel
- Dosažené výsledky vyhodnoťte a porovnejte se současným stavem



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: ICAO, Doc. 9760: Airworthiness Manual, 3rd Ed, Montréal, Quebec, 2014.
ICAO, Doc. 9859: Safety Management Manual, 4th Ed., Montréal, Quebec, 2018.
Arlow, J. a Neustadt, I. UML 2 a unifikovaný proces vývoje aplikací: objektově orientovaná analýza a návrh praktickv. 2., Computer Press, 2007.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Andrej Lališ, Ph.D.**
Ing. Natalia Guskova

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
(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: **8. srpna 2022**
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 Ústav letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Adam Houdek
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. října 2021



Abstrakt

Cílem této práce je navržení systému pro sběr, zpracování a analýzu dat v oblasti sledování letové způsobilosti složitých letadel. Zmíněný systém je určený pro použití Úřadem pro civilní letectví při vykonávání státního dozoru nad zachováním letové způsobilosti. Pro dosažení cíle této práce byl nejdříve proveden průzkum a analýza současného způsobu sledování letové způsobilosti složitých letadel. Díky analýze byly zjištěny slabé stránky a problémy současného způsobu a návrh nového systému tak mohl být zaměřen na řešení těchto problémů. Před samotným návrhem byl vytvořen datový model systému, následně byl navržen samotný systém v tabulkovém procesoru Microsoft Excel. Ten byl následně testován reálnými daty pro porovnání se současně používanou verzí systému. Při porovnání bylo zjištěno, že používání nového systému je v některých ohledech výhodnější než používání současného (např. práce s novým systémem je pro uživatele časově méně náročná). Kromě výhod byly zjištěny i slabé stránky navrhovaného systému.

Klíčová slova: letová způsobilost, úřad pro civilní letectví, rizikovost letadel, datový model



Abstract

The aim of this thesis is to design a system for data collection, processing and analysis for complex aircraft airworthiness monitoring. The system is intended to be used by Civil Aviation Authority for performing state supervision of continuing aircraft airworthiness. To achieve the aim of this thesis, research and analysis of the current approach of complex aircraft airworthiness monitoring were performed at first. Thanks to the analysis, the weaknesses and problems of the current approach were discovered, so the design of the new system could be focused on solutions of this problems. Before designing the system, a data model of the system was created, then the system itself was created in the Microsoft Excel spreadsheet. After that, the system was filled with real data for comparison with the current version of the system. When comparing, it was found, that using the new system is more beneficial in some ways than using the current system (e.g. working with the new system is less time consuming). Besides the benefits, some weaknesses of the designed system were found as well.

Keywords: airworthiness, civil aviation authority, aircraft risk, data model



Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucím práce panu doc. Ing. Andreji Lališovi Ph.D. a paní Ing. Natalii Guskove za poskytnutí množství rad a možnost častých konzultací během tvorby této práce. Za cenné podněty a poskytnutí podkladů pro vypracování práce děkuji vedoucímu Oddělení dopravních letadel Úřadu pro civilní letectví, panu Ing. Jiřímu Ďukovi. Děkuji také celé své rodině za podporu a vytvoření skvělých tvůrčích podmínek a všem, co mě při tvorbě této práce jakýmkoliv způsobem inspirovali.



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Sběr a analýza dat pro sledování letové způsobilosti složitých letadel vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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 7. srpna 2022

.....

Podpis



Obsah

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 12 |
| 1. Sledování letové způsobilosti složitých dopravních letadel | 13 |
| 1.1 Oblast zaměření..... | 13 |
| 1.2 Letová způsobilost | 13 |
| 1.2.1 Dokumenty a doklady letové způsobilosti..... | 13 |
| 1.2.2 Řízení zachování letové způsobilosti | 16 |
| 1.2.3 Systémy pro sledování letové způsobilosti | 16 |
| 2. Systémy pro sběr, zpracování a analýzu dat v letecké dopravě | 18 |
| 2.1 Systém hlášení událostí | 18 |
| 2.1.1 Systém hlášení ECCAIRS..... | 19 |
| 2.1.2 Systém hlášení ÚZPLN..... | 19 |
| 2.1.3 Systém hlášení ÚCL | 19 |
| 2.2 Vyhodnocení rizikovosti letadel | 20 |
| 3. Bezpečnostní taxonomie | 23 |
| 3.1 ATA 100 kapitoly | 24 |
| 4. Přehled vědecké literatury | 25 |
| 5. Limitace současného stavu | 26 |
| 5.1 Limitace systému sledování letové způsobilosti jako celku..... | 26 |
| 5.2 Limitace tabulky událostí | 26 |
| 5.3 Limitace tabulek pro vyhodnocení rizikovosti letadel | 27 |
| 6. Analýza dostupných a potenciálních datových zdrojů | 29 |
| 6.1 Letecký rejstřík | 29 |
| 6.2 Program údržby | 29 |
| 6.3 Hlášení události | 29 |
| 6.4 PZZ/AD | 30 |
| 6.5 Protokol o kontrole letadla (kontroly ACAM) | 31 |
| 6.6 SAFA Inspection Report..... | 31 |
| 6.7 Aviation Safety Network | 31 |



| | |
|---|-----------|
| 6.8 ETOPS Manuál | 32 |
| 7. Konceptualizace dostupných a potenciálních datových zdrojů pomocí UML | 33 |
| 7.1 Diagram tříd | 33 |
| 7.2 Diagram aktivit | 36 |
| 7.3 Specifikace případů užití | 37 |
| 8. Specifikace případů užití pro systém sledování letové způsobilosti..... | 38 |
| 9. Vytvoření nového systému a jeho analýza vzorky dat..... | 40 |
| 9.1 Struktura nového systému..... | 40 |
| 9.2 Zavedení nových datových polí..... | 40 |
| 9.3 Změna výpočtu rizikovosti | 40 |
| 9.4 Analýza systému vzorky dat..... | 42 |
| 9.5 Možnosti porovnání nového a současného systému | 43 |
| 10. Prezentace výsledků | 44 |
| 10.1 Doménový model systému | 44 |
| 10.2 Navržený systém..... | 45 |
| 11. Diskuse dosažených výsledků | 46 |
| 11.1 Omezení při tvorbě systému..... | 46 |
| 11.2 Porovnání navrhovaného systému se současným..... | 46 |
| 11.2.1 Porovnání časové náročnosti práce se systémem | 46 |
| 11.2.2 Porovnání vyhodnocení rizikovosti letadel | 47 |
| 11.3 Přednosti navrhovaného systému | 50 |
| 11.4 Limitace navrhovaného systému | 50 |
| 11.5 Celkové zhodnocení systému..... | 52 |
| 12. Závěr | 53 |
| Seznam použité literatury | 54 |



Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 2.1: Matice rizik..... | 21 |
| Obrázek 2.2: Příklad číselného hodnocení kritérií..... | 22 |
| Obrázek 7.1: Příklad diagramu tříd..... | 35 |
| Obrázek 7.2: Příklad diagramu aktivit..... | 36 |
| Obrázek 10.1: Znázornění propojení mezi tabulkami..... | 44 |
| Obrázek 11.1: Diagram aktivit současného a navrhovaného systému..... | 48 |
| Obrázek 11.2: Matice rizik pro současný systém..... | 49 |
| Obrázek 11.3: Matice rizik pro navrhovaný systém..... | 49 |



Seznam symbolů a zkratk

| | |
|---------|---|
| ACAM | Sledování zachování letové způsobilosti (Aircraft Continuing Airworthiness Monitoring) |
| AD | Směrnice o letové způsobilosti (Airworthiness Directive) |
| ADREP | Systém hlášení údajů o nehodě/incidentu (Accident/Incident Data Reporting Program) |
| AMC | Přijatelné způsoby průkazu (Acceptable Means of Compliance) |
| AMO | Organizace oprávněná k údržbě letadel (Approved Maintenance Organization) |
| AMP | Program údržby (Aircraft Maintenance Program) |
| ARC | Osvědčení kontroly letové způsobilosti (Airworthiness Review Certificate) |
| ATA | Asociace letecké dopravy (Air Transport Association) |
| BPMN | Model a zápis obchodního procesu (Business Process Model and Notation) |
| CAMO | Organizace k řízení zachování letové způsobilosti (Continuing Airworthiness Management Organization) |
| CAO | Organizace letové způsobilosti s kombinovanými právy (Combined Airworthiness Organization) |
| DOA | Oprávněná organizace k vývoji a projektování letecké techniky (Design Organization Approval) |
| EASA | Evropská agentura pro bezpečnost letectví (European Union Aviation Safety Agency) |
| ECCAIRS | Evropské koordinační centrum pro systémy hlášení nehod a incidentů (European Co-ordination Center for Accident and Incident Reporting Systems) |
| ETOPS | Standardy pro provoz dvoumotorových letounů se zvětšenou vzdáleností od přiměřeného letiště (Extended-range Twin-engine Operations Performance Standards) |
| FAA | Federální letecká správa (Federal Aviation Administration) |
| GM | Poradenský materiál (Guidance Material) |
| HEIDI | Iniciativa pro harmonizaci evropských definic incidentů pro řízení letového provozu (Harmonisation of European Incident Definitions Initiative for ATM) |
| ICAO | Mezinárodní organizace pro civilní letectví (International Civil Aviation Organization) |
| MTOM | Maximální vzletová hmotnost (Maximum Take-Off Mass) |
| OLZ | Osvědčení letové způsobilosti |
| POA | Organizace s oprávněním k výrobě (Production Organization Approval) |
| PtF | Povolení k letu (Permit to Fly) |



| | |
|-------|--|
| PZZ | Příkaz k zachování letové způsobilosti |
| SACA | Posouzení bezpečnosti vlastního letadla (Safety Assessment of Community Aircraft) |
| SAFA | Posouzení bezpečnosti cizího letadla (Safety Assessment of Foreign Aircraft) |
| TEM | Řízení hrozeb a chyb (Threat and Error Management) |
| UC | Případ užití (Use Case) |
| ÚCL | Úřad pro civilní letectví |
| UML | Unifikovaný modelovací jazyk (Unified Modeling Language) |
| ÚZPLN | Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod |
| ZOLZ | Zvláštní osvědčení letové způsobilosti |



Úvod

Pro rozvoj letecké dopravy je důležité zachování bezpečnosti provozu na přijatelné úrovni, nebo stálé zvyšování této úrovně. Jedním z předpokladů pro splnění této podmínky je letová způsobilost letadel.

Letová způsobilost může být definována jako stav daného výrobku (letadla, motoru, vrtule nebo jiné letadlové techniky). Tento výrobek vyhovuje svému návrhu a při jeho provozu bude dodržena úroveň bezpečnosti, daná příslušnými předpisy. Jedná se tedy o vlastnost, která je spojena s technickým stavem daného výrobku.

Na zachování letové způsobilosti se podílí většina klíčových subjektů pro letecký provoz: výrobci letadlové techniky, provozovatelé, údržbové organizace a v neposlední řadě je to instituce, která vykonává statní dozor nad zachováním letové způsobilosti. V České republice je takovou institucí Úřad pro civilní letectví (ÚCL). V rámci vnitřní struktury ÚCL se letovou způsobilostí zabývá Sekce technická, Odbor způsobilosti letadel v provozu. Odbor je následně členěn na jednotlivá oddělení, přičemž zachování letové způsobilosti u složitých letadel spadá do kompetence Oddělení dopravních letadel. Toto oddělení vykonává řadu činností souvisejících s letovou způsobilostí jako např. vydávání dokladů a dokumentů letové způsobilosti a jejich kontrolu, ověřování letové způsobilosti jednotlivých letadel, provádění dozoru nad údržbou letadel a další.

Velké množství činností, které provádějí pracovníci Oddělení dopravních letadel, vede k velkému množství dat, které oddělení přijímá od dalších subjektů (od provozovatelů, výrobců, jiných oddělení ÚCL). Tato data musí být shromažďována, zpracovávána a vyhodnocována pomocí určitého systému, speciálně určenému pro tyto typy dat. Tento systém by měl uživatelům poskytovat přesné informace o letové způsobilosti. Činnost systému, jakožto důležitého prvku letecké bezpečnosti, by měla být pravidelně podrobována analýze, která by určila, zda systém plní svoji úlohu uspokojivě, popřípadě by navrhla jeho optimalizaci.

V rámci této bakalářské práce je současný systém podroben analýze, která slouží jako podklad pro splnění cíle této práce, tedy návrhu systému pro sběr, zpracování a analýzu dat v oblasti sledování letové způsobilosti složitých letadel. Tato práce tedy může sloužit k odhalení slabých míst současného systému a návrhu optimalizované verze.



1. Sledování letové způsobilosti složitých dopravních letadel

Tato kapitola se zabývá definováním klíčových pojmů pro tuto bakalářskou práci, upřesněním oblasti zaměření a popisem současného stavu sledování letové způsobilosti složitých dopravních letadel v České republice.

1.1 Oblast zaměření

Tato bakalářská práce se zabývá sledováním letové způsobilosti u složitých dopravních letadel. Dle *Nářízení Evropského parlamentu a Rady č. 216/2008* se za složitě motorové letadlo považuje:

- „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
 - vybavené proudovým motorem či proudovými motory nebo více než jedním turbovrtulovým motorem nebo
- vrtulník s osvědčením
 - pro maximální vzletovou hmotnost vyšší než 3 175 kg nebo
 - pro maximální počet sedadel pro cestující vyšší než devět nebo
 - pro provoz s posádkou složenou nejméně ze dvou pilotů nebo
- letadlo se sklopným rotorem“ [1]

1.2 Letová způsobilost

Dle předpisu *L8* je možné pojem *letově způsobilý* definovat jako „stav letadla, motoru, vrtule nebo letadlové části, kdy vyhovuje svému schválenému návrhu a je ve stavu pro bezpečný provoz“. [2]

Letovou způsobilost lze rozlišit na počáteční a pokračující.

1.2.1 Dokumenty a doklady letové způsobilosti

Základním dokladem pro počáteční letovou způsobilost je Typové osvědčení. Pro pokračující letovou způsobilost jsou vydávány další dokumenty a doklady, ty nejdůležitější jsou zmíněny v následujícím výčtu.



Typové osvědčení

Dle předpisu *L8* je Typové osvědčení „dokumentem vydaným smluvním státem k přesnému vymezení konstrukce typu letadla, motoru nebo vrtule a k osvědčení, že tato konstrukce splňuje příslušné požadavky letové způsobilosti daného státu“. [2] Na webových stránkách ÚCL jsou uvedeny diagramy¹ pro získání tohoto osvědčení. Pro získání samotného Typového osvědčení a poté pro pokračující letovou způsobilost je zásadní otázkou, zda dané osvědčení bylo vydané Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví (EASA), popřípadě zda toto Typové osvědčení EASA uznala. Letadla, která jednu z těchto podmínek splňují, se pro účely pokračující letové způsobilosti označují jako letadla transferovaná. Pro letadla, která tyto podmínky nesplňují a pro letadla definovaná v Příloze I *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139* (např. historická letadla) [3], se používá název annexová letadla. [4]

Program údržby (AMP)

"Každé letadlo musí být udržováno v souladu s jeho programem údržby, který musí být pravidelně kontrolován a v souladu s tím měněn." [5]

Pro transferovaná letadla je program údržby definován *Nařízením Komise (EU) 1321/2014* a pro annexová letadla předpisy *L6*, *L8* a směrnici Úřadu pro civilní letectví *CAA-TI-011-n/97*. Programy údržby pro transferovaná letadla lze rozdělit dle částí *Nařízení Komise (EU) 1321/2014* na program podle části M a části ML. V závislosti na druhu programu může být program schválen ÚCL, oprávněnou organizací k řízení letové způsobilosti (CAMO nebo CAO) nebo deklarován vlastníkem. [6] Programy údržby pro annexová letadla se dělí dle technických parametrů letadla (např. maximální vzletová hmotnost) a typu provozu. [7]

Osvědčení letové způsobilosti (OLZ)

Osvědčení letové způsobilosti vydává ÚCL pro transferovaná i pro annexová letadla na základě vyplněné žádosti, předložení požadovaných dokumentů (např. zápis letadla do leteckého rejstříku, platné Osvědčení kontroly letové způsobilosti) a zaplacení správního poplatku. [8]

¹ <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pocatecni-letova-zpusobilost/ziskani-typoveho-osvedceni-podle-easa/>



Osvědčení kontroly letové způsobilosti (ARC)

Osvědčení kontroly letové způsobilosti je pro transferovaná letadla nedílnou součástí Osvědčení letové způsobilosti. Transferované letadlo bez platného ARC není letově způsobilé. ARC může vydat ÚCL, organizace CAMO, CAO, AMO nebo nezávislý osvědčující pracovník. Hlavní podmínkou vydání ARC je provedení kontroly letové způsobilosti dle článků M.A. 901 nebo ML.A. 903 *Nařízení Komise (EU) 1321/2014* a případné odstranění nálezů, které během této kontroly vznikly. [8]

Povolení k letu (PtF)

„Povolení k letu musí být vydána letadlům, která nesplňují nebo u kterých nebylo prokázáno, že splňují, použitelné požadavky na letovou způsobilost, ale jsou způsobilá k bezpečnému letu za přesně stanovených podmínek.“ [8]

Povolení k letu pro transferovaná letadla může vydávat ÚCL, organizace CAMO (pokud je organizace schopna vydat ARC pro dané letadlo) a organizace s oprávněním k výrobě (POA) a k vývoji a projektování letecké techniky (DOA). [8]

U annexových letadel je letadlu vydáno Zvláštní osvědčení letové způsobilosti v kategorii Povolení k letu. [9]

Zvláštní osvědčení letové způsobilosti (ZOLZ)

Zvláštní osvědčení letové způsobilosti je vydáváno pro annexová letadla v kategoriích [9]:

- Experimentální
- Povolení k letu
- Pro omezené použití
- Pro zvláštní účely

Zvláštní osvědčení letové způsobilosti vydává ÚCL.

Příkaz k zachování letové způsobilosti (PZZ)

„PZZ jsou dokumenty nařizující provozovatelům letadel odstranění nebezpečných nebo nežádoucích vlastností výrobku a vymezující podmínky, za nichž je možné pokračovat v provozu při zachování úrovně bezpečnosti, stanovené tímto příkazem.“ [10]



PZZ jsou v ČR vydávány pro letadla nebo výrobky uvedené v Příloze I *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139*. Na webových stránkách ÚCL je uvedený seznam² platných PZZ, vydaných ÚCL na české výrobky. PZZ vydaný v zahraničí (např. organizacemi EASA, FAA) se nazývá Airworthiness Directive (AD). Na webových stránkách ÚCL je uveden seznam Emergency PZZ (Emergency AD), které se týkají zachování letové způsobilosti letadel zapsaných v leteckém rejstříku ČR. [10]

1.2.2 Řízení zachování letové způsobilosti

Na webových stránkách ÚCL jsou uvedeny informace o systému řízení zachování letové způsobilosti pro transferovaná letadla, která jsou řízena v souladu s *Nařízením Komise (EU) 1321/2014*. Vzhledem k oblasti zaměření této bakalářské práce je citována pouze část, která se týká složitých motorových letadel.

„Letadlo používané pro obchodní leteckou dopravu nebo složité motorové letadlo smí být řízeno pouze CAMO (oprávněnou organizací podle Části M, Hlavy G nebo podle Části CAMO).“ [11]

1.2.3 Systémy pro sledování letové způsobilosti

Sledování zachování letové způsobilosti (ACAM)

Systém ACAM vychází z *Nařízení Komise (EU) 1321/2014* a je použitelný pro transferovaná i annexová letadla. Pro sledování zachování letové způsobilosti se používá systém namátkových kontrol letadel i výrobků. ÚCL prováděné kontroly rozděluje na celkové kontroly a kontroly na odbavovací ploše.

- Celková kontrola

„Kontrola prováděna při přistavení letadla v organizaci údržby, na traťové stanici údržby nebo při souběžné kontrole letové způsobilosti organizací CAMO.“ [12]

Předmětem této kontroly je fyzická prohlídka letadla a kontrola dokumentace údržby.

² <https://www.caa.cz/letadlova-technika/emergency-pzz-a-dulezite-dokumenty-k-zachovani-letove-zpusobilosti-letadel-pro-letadla-zapsana-v-leteckem-rejstriku-cr/seznam-platnych-pzz-vydanych-ucl-cr-na-ceske-vyrobky/>



- Kontrola na odbavovací ploše
„Jedná se o namátkovou kontrolu prováděnou během provozu letadla, v období mezi plánovanými úkony údržby. Provozovatel, je-li to možné, není o této kontrole předem informován.“ [12]
Kontrola vždy obsahuje fyzickou prohlídku letadla. [12]

V dokumentu *Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)*, který obsahuje Přijatelné způsoby průkazu (AMC) a Poradenský materiál (GM) k *Nařízení Komise (EU) 1321/2014*, jsou v AMC1 M.B. 303(a) uvedeny podrobné pokyny k vytvoření programu namátkových kontrol. Program by měl při vykonávání kontrol upřednostnit letadla, jejichž míra rizikovosti vzbuzuje největší znepokojení. [13]

Evropský program kontrol (SAFA/SACA)

Evropský program kontrol (*EU Ramp Inspection Programme*) zahrnuje kontroly SAFA (kontroly letadel provozovatelů třetích zemí) a kontroly SACA (kontroly letadel provozovatelů členských států EU). Tento program má legislativní oporu v *Nařízení Komise (EU) 965/2012*. Kontroly mohou být prováděny v případě podezření z porušení bezpečnostních standardů, ale mohou být také prováděny náhodně. [14]



2. Systémy pro sběr, zpracování a analýzu dat v letecké dopravě

V této kapitole jsou popsány systémy, pomocí kterých provádí Úřad pro civilní letectví sběr a následné zpracování a analýzu dat, která jsou podstatná pro letovou způsobilost složitých letadel.

Úřad pro civilní letectví shromažďuje data o jednotlivých letadlech, která jsou zapsána v leteckém rejstříku ČR. Mezi typické zdroje těchto dat je možné zařadit například programy údržby složitých letadel, které jsou ÚCL poskytovány oprávněnou organizací k řízení letové způsobilosti. Dalším zdrojem dat o jednotlivých letadlech je hlášení událostí (leteckých nehod, vážných incidentů, incidentů a ostatních událostí s vlivem na bezpečnost), kterých se daná letadla účastnila. Systém hlášení událostí je pro svou komplexnost rozebrán v samostatné kapitole 2.1. Dalšími zdroji dat mohou být vydané PZZ (AD) a záznamy o provedení kontrol SAFA.

Výše zmíněná data jsou na Oddělení dopravních letadel) nejčastěji shromažďována do tabulek, vytvořených v tabulkovém procesoru Microsoft Excel. Oddělení dopravních letadel v současné době udržuje a průběžně aktualizuje, pro složitá letadla zapsaná do leteckého rejstříku ČR, následující tabulky:

- Tabulku vydaných AD
- Tabulku provedených kontrol SAFA, při kterých došlo k nálezů technické povahy
- Tabulku událostí
- Tabulku kontrol ACAM

Kromě těchto tabulek existují na Oddělení dopravních letadel také tabulky pro vytvoření plánu kontrol ACAM. Tyto tabulky oproti předchozím shromažďují větší množství dat o jednotlivých letadlech a jsou výchozí pro výpočet rizikovitosti letadel (v současné době je tato analýza dat prováděna přímo v rámci těchto tabulek). Tento systém je podrobněji popsán v kapitole 2.2.

2.1 Systém hlášení událostí

Dle předpisu L13 je pilot letadla, provozovatel nebo provozovatel leteckých služeb povinen bez zbytečného odkladu ohlásit leteckou nehodu nebo incident, který se stal na území ČR, Úřadu pro civilní letectví, Ústavu pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod (ÚZPLN), záchrannému koordinačnímu středisku a provozovateli letiště (v případě letecké nehody nebo incidentu na letišti). [15] Hlášení o události ÚCL a ÚZPLN je možné podat pomocí více



systémů, které jsou popsány v následujících podkapitolách. Každý systém též nabízí různé druhy formulářů pro samotné hlášení.

2.1.1 Systém hlášení ECCAIRS

Digitální platforma ECCAIRS (European Co-ordination Center for Accident and Incident Reporting Systems) má za úkol podporovat národní letecké úřady ve sběru, sdílení a analýze bezpečnostních informací za účelem zvýšení bezpečnosti letecké dopravy. ECCAIRS je spravován organizací EASA. [16]

Tato platforma nabízí vlastní systém³ pro ohlášení události. Osoba, která událost oznamuje, může hlášení podávat jménem organizace nebo jménem soukromé osoby, což zahrnuje i možnost podání anonymního hlášení. Uživateli systému je umožněno podat hlášení pomocí připraveného formuláře, jehož obsah závisí na uživatelem zvolených parametrech hlášení (hlášení jménem osoby nebo organizace, popř. druh dané organizace). [17]

2.1.2 Systém hlášení ÚZPLN

Na webových stránkách⁴ ÚZPLN jsou uvedeny odkazy na jednotlivé formuláře ÚZPLN pro hlášení událostí společně s průvodcem hlášení událostí, který umožňuje v systému orientaci. Pro incidenty, vážné incidenty a letecké nehody v parašutistickém provozu je vyčleněný samostatný formulář, stejně jako pro letadla definovaná v Příloze I *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1139*. Ostatní letadla podléhají hlášení událostí dle *Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 376/2014* a pro hlášení událostí je v průvodci doporučeno používat systém hlášení ECCAIRS. Druhou možností je použití systému hlášení událostí ÚZPLN, který uživateli umožní vyplnit formulář pro povinné hlášení událostí (pro incidenty, vážné incidenty a letecké nehody) nebo formulář pro dobrovolné hlášení událostí (pro ostatní události, které mají vliv na bezpečnost). [18]

2.1.3 Systém hlášení ÚCL

Na webových stránkách ÚCL jsou uvedeny pokyny⁵ pro povinné hlášení událostí. Součástí těchto pokynů jsou také odkazy na příslušné formuláře ze systému hlášení ÚZPLN a na systém hlášení ECCAIRS. Kromě toho také existují na webových stránkách ÚCL také vlastní

³ <https://e2.aviationreporting.eu/reporting>

⁴ <https://uzpln.cz/>

⁵ <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/vseobecne-a-bezpecnostni-informace/hlaseni-udalosti-2/>



formuláře ÚCL pro hlášení událostí, konkrétně formulář⁶ pro hlášení držitelem Typového osvědčení nebo Doplnkového typového osvědčení o okolnostech, které mají vliv na bezpečnost letu, a formulář pro dobrovolné hlášení událostí v civilním letectví. [20]

2.2 Vyhodnocení rizikovosti letadel

Jak již bylo v kapitole 1.2.3 uvedeno, kontrola ACAM by měla být prováděna prioritně na letadlech, jejichž míra rizikovosti vzbuzuje největší znepokojení. Oddělení dopravních letadel proto pravidelně provádí vyhodnocení rizikovosti složitých letadel, zapsaných v leteckém rejstříku ČR. Rizikovost jednotlivých letadel je následně porovnávána mezi sebou a porovnání je jeden ze zdrojů pro vytvoření plánu kontrol ACAM, ve kterém jsou upřednostněna více riziková letadla.

K porovnání rizikovosti jednotlivých letadel využívá ÚCL matici rizik, což je běžně používaný nástroj ke zhodnocení rizikovosti v oblasti letecké bezpečnosti a možnost jeho použití je zmíněna např. v dokumentu ICAO *Doc 9859, Safety Management Manual*. [21]

Letadlo je do matice rizik zařazeno na základě určení číselných hodnot pravděpodobnosti vzniku události a závažnosti případné události. Tyto hodnoty jsou určovány pomocí kritérií závažnosti a pravděpodobnosti.

Na Oddělení dopravních letadel je rizikovost složitých letadel vyhodnocována v jednotlivých kategoriích letadel (dopravní letouny, business jety, malá turbovrtulová letadla, vrtulníky). Pro každou kategorii jsou stanovena určitá kritéria závažnosti a pravděpodobnosti.

Nejčastěji používaná kritéria závažnosti jsou:

- *Druh provozu*
- *Typ provozu*
- *Maximální provozní konfigurace sedadel pro cestující*
- *Maximální vzletová hmotnost (MTOM)*
- *Počet letadel, řízených danou organizací CAMO*

⁶ <https://www.caa.cz/dokumenty/formulare/formulare-sekce-technicke/>



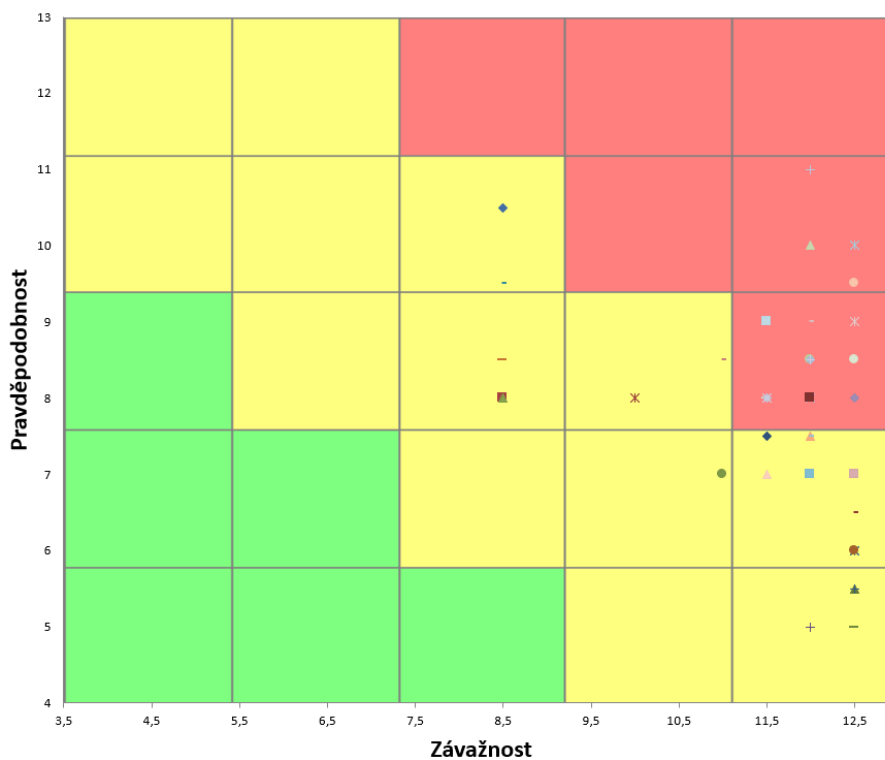
Nejčastěji používaná kritéria pravděpodobnosti jsou:

- *Rok výroby*
- *Počet technických událostí*
- *Datum poslední kontroly ACAM*
- *Počet nálezů z kontroly ACAM*
- *Zkušenosti s provozovatelem*

Pro všechny hodnoty nebo množiny hodnot daného kritéria je přiřazen index kritéria (celočíslné hodnoty 1–4). Kromě toho je každému kritériu přiřazen koeficient, kterým se násobí získaný index pro konkrétní letadlo. Koeficient kritéria má u kritérií, která jsou pracovníky Oddělení dopravních letadel považována za důležitá, hodnotu 1, u méně důležitějších kritérií má koeficient hodnotu např. 0.25.

Výsledná hodnota závažnosti (pravděpodobnosti) pro konkrétní letadlo je součtem všech indexů, vynásobených koeficientem daných kritérií závažnosti (pravděpodobnosti).

Na obrázku 2.1 je znázorněna matice rizik s vyneseny letadly. Na obrázku 2.2 jsou uvedeny příklady hodnocení jednotlivých kritérií.



2.1 Matice rizik



| Počet osob na palubě | | | Index |
|------------------------|--------|----------|-------|
| ≤ | 50 | | 1 |
| > | 50 | ≤ 100 | 2 |
| > | 100 | ≤ 150 | 3 |
| > | 150 | | 4 |
| Koefficient | | | 1 |
| | | | |
| MTOM [kg] | | | Index |
| ≤ | 5700 | | 1 |
| > | 5700 | ≤ 25000 | 2 |
| > | 25000 | ≤ 100000 | 3 |
| > | 100000 | | 4 |
| Koefficient | | | 0,5 |
| | | | |
| Počet řízených letadel | | | Index |
| ≤ | 3 | | 1 |
| > | 3 | ≤ 10 | 2 |
| > | 10 | ≤ 30 | 3 |
| > | 30 | | 4 |
| Koefficient | | | 0,5 |

2.2 Příklad číselného hodnocení kritérií

Vyhodnocení rizikovosti letadel v matici rizik není však jediným podkladem pro vytvoření plánu kontrol ACAM. Na Oddělení dopravních letadel je využívána také směrnice *ÚCL-ST-100-10/08 Postupy sledování zachování letové způsobilosti letadel v provozu*, která obsahuje konkrétní podmínky pro vytvoření plánu kontrol, např. minimální počet kontrolovaných letadel, které jsou provozovány jedním provozovatelem a další. [22]



3. Bezpečnostní taxonomie

Taxonomie je nástroj často používaný v odvětví letecké bezpečnosti, který zahrnuje odborné termíny, které jsou přesně definované a jsou popsány vazby mezi nimi. V některých taxonomiích můžeme nalézt hierarchickou strukturu mezi jednotlivými pojmy. V takovém případě se od sebe termíny v jednotlivých úrovních liší úrovní podrobnosti popisu systému. Výhodou taxonomie je především zavedení jednotných pojmů, které se dále mohou používat ve více systémech při zpracování dat. [23]

V odvětví letecké bezpečnosti se v současné době používá více taxonomií (např. HEIDI, TEM). Pro účely této bakalářské práce má význam existence programu *Accident/Incident Data Reporting Program* (ADREP), který v sobě obsahuje více taxonomií (např. kategorie letadel, letecký provoz, události), z nichž je pro účely této bakalářské práce nejzajímavější právě taxonomie událostí, která zahrnuje podstatné pojmy pro popis událostí v leteckém provozu v 7 kategoriích (např. události související s provozem, události související s poskytováním letových navigačních služeb). Rozšířením a doplněním taxonomie ADREP vznikla taxonomie ECCAIRS. Tuto taxonomii obsahuje systém hlášení událostí ECCAIRS, který je zmíněný v kapitole 2.1.1.

Díky využití taxonomie s velkým množstvím pojmů je uživatel systému schopen přesně specifikovat událost, kterou hlásí. Událost (*Occurrence*) může být popsána pomocí určení kategorie události (*Occurrence category*). Mezi kategorie události patří např.:

- Námraza (*Icing*)
- Srážka na zemi (*Ground collision*)
- Vyjetí z dráhy (*Runway excursion*)
- Střet s ptákem (*Birdstrike*)

Události (*Occurrence*) může být v rámci hlášení přiřazeno více dílčích událostí (*Events*). Tyto dílčí události mohou, pomocí atributu typ události (*Event type*), popsat např. konkrétní problém (např. *Event type: Equipment, 2800 Fuel System, 2801 Fuel Leak, Fuel Leak from Fuel Filter*).

Z výše uvedeného příkladu je patrné, že hodnoty atributů, které se odkazují na konkrétní části letadla, jsou v rámci taxonomie číslovány. Toto číslování vychází ze systému tzv. ATA kapitol, kdy jsou jednotlivé komponenty letadla číslovány (např. Palivový systém (ATA 28)). [24] Problematice ATA kapitol je věnována samostatná kapitola 3.1.



Z výše uvedených informací vyplývá, že taxonomie ADREP/ECCAIRS je vhodná pro popis událostí v leteckém provozu. V tabulce událostí, kterou na ÚCL spravuje Oddělení dopravních letadel, tato taxonomie není přímo využita a v datovém poli *popis události* se objevuje text převzatý přímo z hlášení, bez struktury. Pro práci s tabulkou je však u každé události, která byla pracovníky ÚCL vyhodnocena jako technická, uvedeno číslo příslušné ATA kapitoly.

3.1 ATA 100 kapitoly

ATA 100 je systém číslování letadlových celků a dalších pojmů v letecké dopravě. Každému letadlovému celku a systému je přiřazeno číslo např. ATA 35 – Kyslíkový systém. V rámci jedné kapitoly ATA může být celek ještě podrobněji specifikován, pro ATA 35 např. maska, filtr. Kromě letadlových celků a systémů jsou přiřazena čísla i např. jednotlivým fázím pozemních pohybů letadel (ATA 09 – Tažení a pojíždění). [24]

Tento systém slouží pro jednotlivou klasifikaci podstatných pojmů např. při údržbě letadel v dokumentacích a manuálech letadel nebo v systémech hlášení událostí.

Systém byl vytvořen v roce 1956 organizací Air Transport Association, která zastupovala letecké dopravce v Severní Americe. V průběhu následujících let byly kapitoly několikrát aktualizovány, poslední aktualizace proběhla v roce 1999. [24]



4. Přehled vědecké literatury

Při tvorbě kapitol 1–3 této bakalářské práce (popis současného stavu systému sledování letové způsobilosti složitých letadel) byly využívány jako zdroje informací především národní předpisy, nařízení Evropského parlamentu a Rady a webové stránky Úřadu pro civilní letectví. Kromě těchto zdrojů informací existuje i vědecká literatura, která pokrývá téma této bakalářské práce a kterou je možné využít jako zdroj informací nebo jako inspiraci při tvorbě praktické části této práce.

Významným zdrojem informací o sledování letové způsobilosti se zaměřením na situaci v ČR je úspěšně obhájená (2021) bakalářská práce Martiny Liptákové *Sběr a analýza dat v sledování letové způsobilosti jiných než složitých letadel*. [25] Zadání zmíněné bakalářské práce se od této práce liší pouze odlišným vymezením oblasti zájmu (složitá letadla).

Jako další zdroje informací lze použít vědecké práce. Při vyhledávání článků byla využita databáze Scopus⁷, ve které bylo pomocí vyhledávání klíčových slov nalezeno několik prací s podobnou tematikou. Jejich seznam je uvedený níže, společně s uvedením konkrétní problematiky, kterou se práce zabývá a s uvedením oblasti možného propojení s touto bakalářskou prací.

- *Analysis of Continuing Airworthiness Occurrences under the Prism of a Learning Framework* [26] Výzkumná práce analyzuje vybrané události, získané ze systému ECCAIRS, a zkoumá možnosti poučení se z těchto událostí. V závěru práce je konstatováno, že příležitost poučit se z událostí není v oblasti zachování letové způsobilosti přímo využívána. Pro účely této bakalářské práce byl využito především shrnutí systému hlášení událostí v Evropě.
- *Taxonomies and their role in the aviation Safety Management Systems* [23] Článek poskytuje základní informace o bezpečnostních taxonomiích a jejich úloze s uvedením konkrétních příkladů. Tyto informace byly použity v kapitole 3.
- *Systemic Safety Data Collection and Processing in Aviation Maintenance* [27] Stať se věnuje problematice sběru a zpracování bezpečnostních dat v organizacích, které se zabývají údržbou. Stať mimo jiné ukazuje, jak lze popsat různé procesy v organizaci pomocí grafického jazyka Business Process Model and Notation (BPMN). Podobným způsobem je možné modelovat procesy odehrávající se na ÚCL.

⁷ <https://www.scopus.com/>



5. Limitace současného stavu

V této kapitole jsou popisovány faktory limitující systém sledování letové způsobilosti složitých letadel, který funguje na Oddělení dopravních letadel. Tyto faktory byly zjištěny konzultacemi s pracovníky Oddělení dopravních letadel a vlastní zkušeností autora této práce s prací se systémem. Samotný systém je popsán v kapitole 2.

5.1 Limitace systému sledování letové způsobilosti jako celku

Hlavním problémem celého systému je vzájemná neprovázanost jednotlivých částí systému. Jednotlivé části systému (jednotlivé tabulky) jsou udržovány a aktualizovány nezávisle na sobě, což vytváří povinnost pro pracovníky oddělení aktualizovat data v každé tabulce zvlášť, přestože se některá data vyskytují ve více tabulkách.

Typickým příkladem je vznik události na libovolném letadle. Pracovník oddělení musí událost podrobně evidovat v tabulce událostí. Kromě toho musí změnit hodnotu počtu technických událostí pro dané letadlo v tabulce pro vyhodnocení rizikovosti letadel. Analogický postup se odehrává v případě vydání nového AD.

Tabulky se na Oddělení dopravních letadel aktualizují hromadně (tzn. ve chvíli, kdy je třeba hromadně vyhodnotit rizikovost letadel, se aktualizují data pro všechna letadla najednou), což ale nesnižuje objem práce při aktualizaci. Kromě toho existuje možnost, že se uživatel systému při manuálním přenosu velkého množství dat zmýlí (zadá omylem do systému nesprávná data).

5.2 Limitace tabulky událostí

U tabulky událostí, jako jedné části celého systému sledování letové způsobilosti, je jedním z problémů již sběr dat. Pracovníci oddělení evidují událost na základě obdržení hlášení o události. Na Oddělení dopravních letadel však může být zasláno více hlášení o jedné události, dochází tedy k duplikování zdrojů dat pro 1 záznam v tabulce. Pracovník, který zapisuje události do tabulky, musí rozpoznat, že se 2 hlášení vztahují k 1 události a do tabulky musí vložit jen 1 záznam o události, který obsahuje data z obou hlášení.

Do datového pole *popis události* v tabulce je ve většině případů doslovně převzat text z obdobného datového pole v hlášení. Popisy jednotlivých událostí v tabulce jsou tak nekonzistentní. Liší se úrovní podrobnosti popisu události i jazykem popisu (český i anglický jazyk).



5.3 Limitace tabulek pro vyhodnocení rizikovosti letadel

V tabulkách pro vyhodnocení rizikovosti letadel se některá kritéria závažnosti a pravděpodobnosti jeví jako problematická. Kritéria *zkušenosti s provozovatelem* a *zkušenosti s CAMO* jsou hodnocena pomocí tříúrovňové stupnice:

- Nejsou problémy (index 1)
- Příležitostné problémy (index 2)
- Obvykle jsou problémy (index 3)

Při přiřazování jednotlivých provozovatelů nebo organizací CAMO do jedné ze tří výše uvedených kategorií se pracovníci oddělení rozhodují na základě osobních zkušeností s daným provozovatelem nebo organizací CAMO a přiřazování je tak méně objektivní než u kritérií, u kterých dochází k přiřazování indexu na základě numerických dat.

Kritérium *datum poslední kontroly ACAM* je specifické kritérium, protože se mění v závislosti na čase i na provedení kontroly ACAM. K provedení kontroly ACAM dochází v důsledku vyhodnocení rizikovosti letadel. Vzhledem k tomu, že koeficient u tohoto kritéria je stejný jako u kritérií jako např. *stáří letadla*, *zkušenosti s CAMO (provozovatelem)* a dalších, je vliv tohoto kritéria pravděpodobnosti na celkovou pravděpodobnost relativně malý. V důsledku toho nedochází v matici rizik k velkým posunům v závislosti na prováděných kontrolách ACAM a v konečném důsledku budou letadla s nízkými hodnotami pravděpodobnosti a závažnosti stále vycházet jako málo riziková a v dlouhodobém horizontu na nich nebude prováděna kontrola ACAM, což se jeví jako nevyhovující.

Některá kritéria (např. *maximální provozní konfigurace sedadel pro cestující*, *maximální vzletová hmotnost*) se mohou jevit jako problematická ve chvíli, kdy naprostá většina letadel v jedné tabulce má podobnou hodnotu daného kritéria. V důsledku toho je většině letadel přidělen stejný index daného kritéria a v konečném důsledku mají letadla podobné nebo stejné hodnoty pravděpodobnosti a závažnosti a zauímají v matici rizik velmi podobnou nebo stejnou polohu. Taková matice je hůře čitelná. Tento problém lze nazvat označit jako problém kritérií, která nedostatečně odlišují jednotlivá letadla. Tento problém se vyskytuje např. u kritérií závažnosti v tabulce pro dopravní letouny.

Samotné čtení matice rizik a vytváření seznamu letadel určených ke kontrole ACAM je subjektivní, protože na Oddělení dopravních letadel není pro tyto úkony stanoven přesný postup. Vyhodnocení matice rizik provádí pracovníci oddělení „metodou odhadu“, kdy jsou ke



kontroly ACAM přednostně vybrána letadla, která se opticky nachází nejbližší kritické oblasti matice s maximální hodnotou pravděpodobnosti a závažnosti (na obrázku 2.1 se jedná o červeně vyznačenou oblast).



6. Analýza dostupných a potenciálních datových zdrojů

Tato kapitola se zaměřuje na popis datových zdrojů, které poskytují data pro systém sledování letové způsobilosti na Oddělení dopravních letadel, a na popis zdrojů, jejichž data mají vztah k danému systému, ale v současné době se nepoužívají. Informace o jednotlivých datových zdrojích byly zjištěny při práci se systémem sledování letové způsobilosti a při konzultaci s pracovníky Oddělení dopravních letadel.

6.1 Letecký rejstřík

Letecký rejstřík ČR je nástrojem pro evidenci letadel, jejichž provozovatel má sídlo nebo pobyt v ČR, případně v jiném státu EU. [28] V rámci leteckého rejstříku jsou o letadlu evidovány základní informace, které se přenáší do tabulek systému sledování letové způsobilosti, např. *registrační značka, typ letadla, sériové číslo*. Některé údaje vystupují i jako kritéria pravděpodobnosti nebo závažnosti u systému vyhodnocení rizikivosti letadel, např. *rok výroby* nebo *MTOM*. [29]

6.2 Program údržby

Program údržby je jako dokument letové způsobilosti popsán v kapitole 1.2.1. Program údržby daného letadla obsahuje informace, které se objevují v systému vyhodnocení rizikivosti letadel i v dalších tabulkách, např. *registrační značka, typ letadla, sériové číslo*. Kromě toho program údržby obsahuje údaje, které slouží jako kritéria pravděpodobnosti nebo závažnosti v systému vyhodnocení rizikivosti letadel, např. *rok výroby, druh provozu* nebo *MTOM*.

Vzhledem k tomu, že pravidla pro tvorbu a schvalování programů údržby dle části ML jsou benevolentnější [6], je u vyhodnocení rizikivosti vrtulníků dle části ML brán i samotný obsah programu jako kritérium pravděpodobnosti (zkoumá se, zda program odpovídá požadavkům držitele schválení návrhu, nebo obsahuje alternativní úkoly). Vyhodnocení rizikivosti skupiny vrtulníků dle části ML je však mimo téma této práce.

6.3 Hlášení události

Oddělení dopravních letadel shromažďuje hlášení o událostech, které souvisí s provozem složitých dopravních letadel. Informace, které pracovníci ÚCL přenáší do evidence událostí (tabulky událostí) jsou: údaje o letadle (*registrační značka, typ letadla, provozovatel*), údaje o události (*datum události, specifikace problémového letadlového celku pomocí ATA kapitoly, popis události*). Do evidence událostí se dále uvádí *číslo události* (interní číslování Oddělení



dopravních letadel), informace, zda šlo o „*technickou událost*“ a údaje o kontrole ACAM (pokud byla kontrola v důsledku události vykonána).

Zmíněnou evidenci událostí používají pracovníci Oddělení dopravních letadel pro vyhledání určité skupiny událostí, např. události na letadlech určitého provozovatele, které se staly v roce 2020. Pro tyto účely je nutné uvažovat o každém údaji z předchozího odstavce jako o kritériu pro vyhledávání určité skupiny událostí, popřípadě hledat další kritéria událostí, která jsou uvedena ve formulářích hlášení, pro zpřesnění vyhledávání.

Práce s formuláři hlášení je značně limitována existencí více formulářů hlášení (viz kapitola 2.1) a z toho vyplývající nekonzistencí datového pole *popis události*. Velká část přijatých hlášení však obsahuje informaci o kategorii dané události (*Occurrence category*). Jedná se o standardizovaný pojem, který blíže specifikuje danou událost, např. střet s ptákem (*Birdstrike*), pozemní srážka (*Ground collision*) nebo námraza (*Icing*). Zařazení tohoto údaje do evidence událostí by přineslo další kritérium pro výběr určitých událostí a hledání by tak bylo přesnější.

Datové pole *popis události* je v evidenci událostí zařazeno z důvodu nutnosti znalosti kontextu celé události, nicméně vyhledávání událostí na základě klíčových slov v textu popisu je v praxi nevhodné kvůli nekonzistenci jednotlivých popisů. Nekonzistence je podrobněji rozebírána v kapitole 5.2.

6.4 PZZ/AD

PZZ/AD jsou dokumenty letové způsobilosti, jejichž účel je popisován v kapitole 1.2.1. Oddělení dopravních letadel shromažďuje vydané AD, které se vztahují na letadla, nad kterými oddělení vykonává dohled. Do evidence vydaných AD se z dokumentu AD přenáší následující údaje: *datum vydání, vydávající země, dotčená firma, druh AD a seznam typů letadel/motorů/vrtulí*, kterých se AD týká.

V systému vyhodnocení rizikivosti letadel je jedním z kritérií pravděpodobnosti *počet vydaných AD za rok*. V současné době není evidence AD nijak propojena se systémem vyhodnocení rizikivosti a počty vydaných AD se zjišťují na webových stránkách agentury EASA, kde pro vyhledávání AD dle data nebo typu techniky existuje vyhledávací nástroj⁸. Určení přesného počtu AD pro konkrétní letadlo je obtížné z důvodu velké úrovně podrobnosti datového pole *seznam typů letadel/motorů/vrtulí*, protože mnoho AD je vydáno pro menší

⁸ <https://ad.easa.europa.eu/>



skupinu výrobků než pro všechny výrobky daného typu (např. pouze pro výrobky určitých sériových čísel).

6.5 Protokol o kontrole letadla (kontroly ACAM)

Protokol o kontrole letadla je zdrojem informací o proběhlé kontrole ACAM. V dokumentu lze nalézt základní informace o letadle (*registrační značka, typ letadla, sériové číslo*) a informace o kontrole (*datum kontroly, počet nálezů, rozhodnutí o způsobilosti k dalšímu provozu*). V systému vyhodnocení rizikovosti letadel vystupuje jako kritérium datové pole *datum kontroly* a dále se z protokolu do systému přenáší informace o počtu nálezů při kontrole.

6.6 SAFA Inspection Report

Oddělení dopravních letadel eviduje informace o provedených inspekcích SAFA, při kterých byl učiněn nález technické povahy. Zdrojem pro evidenci těchto kontrol je vždy protokol z inspekce (SAFA Inspection Report). Z tohoto dokumentu se do evidence kontrol přenáší: údaje o letadle (*registrační značka, typ letadla, provozovatel*), údaje o inspekci (*datum inspekce*) a údaje o nálezech (*kód nálezu, kategorie nálezu, popis nálezu*). Do téže evidence se přidávají údaje o kontrole ACAM (pokud byla kontrola v důsledku inspekce vykonána).

Údaje z evidencí kontrol SAFA v současné době nejsou jedním z kritérií pro vyhodnocení rizikovosti letadel.

6.7 Aviation Safety Network

Na webových stránkách Aviation Safety Network⁹ existuje celosvětová databáze nehod, která zahrnuje nehody vojenského i civilního letectví od roku 1919. Databáze shromažďuje dostupné informace o každé nehodě, např. počet smrtelně zraněných osob a celkový počet osob na palubě. Získaná data jsou dále zpracována a pro jednotlivé typy letadel je určen parametr *Survival rate*. Tento parametr je určen dle rovnice (1), kdy proměnná SR symbolizuje parametr *Survival rate* pro konkrétní typ letadla, proměnná n_A představuje celkový počet osob na palubě při všech nehodách s fatálními následky a proměnná n_S představuje počet přeživších osob na palubě při všech nehodách s fatálními následky.

⁹ <https://aviation-safety.net/>



$$SR = \frac{n_S}{n_A} \times 100 \quad (1)$$

Pomocí parametru *Survival rate* lze porovnávat rizikovost jednotlivých typů letadel. Jedná se tedy o potenciální zdroj dat pro vyhodnocení rizikovosti letadel. S přihlédnutím k úplnosti dat se jako nejvhodnější jeví zavedení tohoto parametru jako nového kritéria závažnosti pouze u kategorie dopravních letadel¹⁰. I u této skupiny letadel však není možné získat hodnotu parametru pro všechny typy, protože pro typy s nulovým počtem fatálních nehod (např. Boeing 737-900) hodnota tohoto kritéria neexistuje.

6.8 ETOPS Manuál

ETOPS Manuál je dokument vydávaný pro všechna letadla konkrétního provozovatele, která mohou být provozována dle standardů ETOPS (provoz dvoumotorových letounů se zvětšenou vzdáleností od přiměřeného letiště). [30] Manuál obsahuje seznam takovýchto letadel s uvedením bližších podrobností (např. druh ETOPS provozu). Seznam slouží jako zdroj dat pro datové pole *ETOPS*, ve kterém je zaznamenáno, zda letadlo může být provozováno podle standardů ETOPS. Toto datové pole figuruje jako kritérium závažnosti pro hodnocení rizikovosti letadel.

¹⁰ Jedná se o jednu z kategorií letadel pro vyhodnocování rizikovosti (viz kapitola 2.2).



7. Konceptualizace dostupných a potenciálních datových zdrojů pomocí UML

Následující kapitoly této práce jsou věnovány vytvoření samotného návrhu systému pro sběr a analýzu dat pro sledování letové způsobilosti složitých letadel. Pro návrh celého systému byl vybrán soubor grafických notací UML. Tento nástroj pro tvorbu softwaru byl vybrán pro použití v této práci, protože poskytuje možnost znázornit systém (současný i navrhovaný) pomocí diagramů, které zároveň mohou sloužit jako podklad pro implementaci daného systému. Takovýto postup se jeví jako vhodný pro splnění cíle práce. Dalším argumentem pro využití UML bylo jeho úspěšné použití v jiné bakalářské práci pro dosažení obdobného cíle. [25] Nástroj UML umožňuje modelovat systémy pomocí více druhů diagramů. Tato kapitola je věnována pouze popisu diagramů, které budou v následujících kapitolách využívány.

UML je standardizovaný soubor grafických notací pro tvorbu informačních systémů, který vznikl v devadesátých letech minulého století. Impulsem pro jeho vytvoření byla potřeba sjednocení a standardizace více pohledů na informační systémy. Proto byl vytvořen nástroj UML jako standard pro vývoj nových informačních systémů a vedení dokumentace různých projektů. Na UML je možné nahlížet jako na pravidla pro tvorbu diagramů pro vyjádření abstraktních systémů, nebo jako na programovací jazyk, který slouží jako základ pro programování systémů. [31]

Diagramy UML je možné rozdělit do dvou základních skupin: diagramy struktury, které popisují stav systému, a diagramy chování, které popisují, jakým způsobem systém funguje. Z diagramů UML bude v této práci využíván diagram tříd (Class diagram), patřící do skupiny diagramů struktury a diagram aktivit (Activity diagram) ze skupiny diagramů chování. [31] Dále je v bakalářské práci použita tzv. specifikace případů užití (Use Case specifikace), což je doplňující dokument k diagramu případů užití (Use Case diagramu). [32]

7.1 Diagram tříd

Diagram tříd je jeden z UML diagramů struktury, který byl v této práci použit pro grafické znázornění návrhu systému pro sledování letové způsobilosti (respektive byla použita jedna z jeho forem – doménový model). Znázornění systému v diagramu tříd je výchozí pro programování celého systému, a proto je výhodné použít právě tento diagram. Třída v diagramu může znázorňovat jakoukoliv entitu, která je zásadní pro navrhovaný systém. Typy a významy jednotlivých entit, které se v diagramu vyskytují, mohou být upřesněny pomocí



tzv. stereotypu. Stereotyp je termín, který se zapisuje do dvojitých špičatých závorek [33], a v této práci je využitý k diferenciaci jednotlivých tříd.

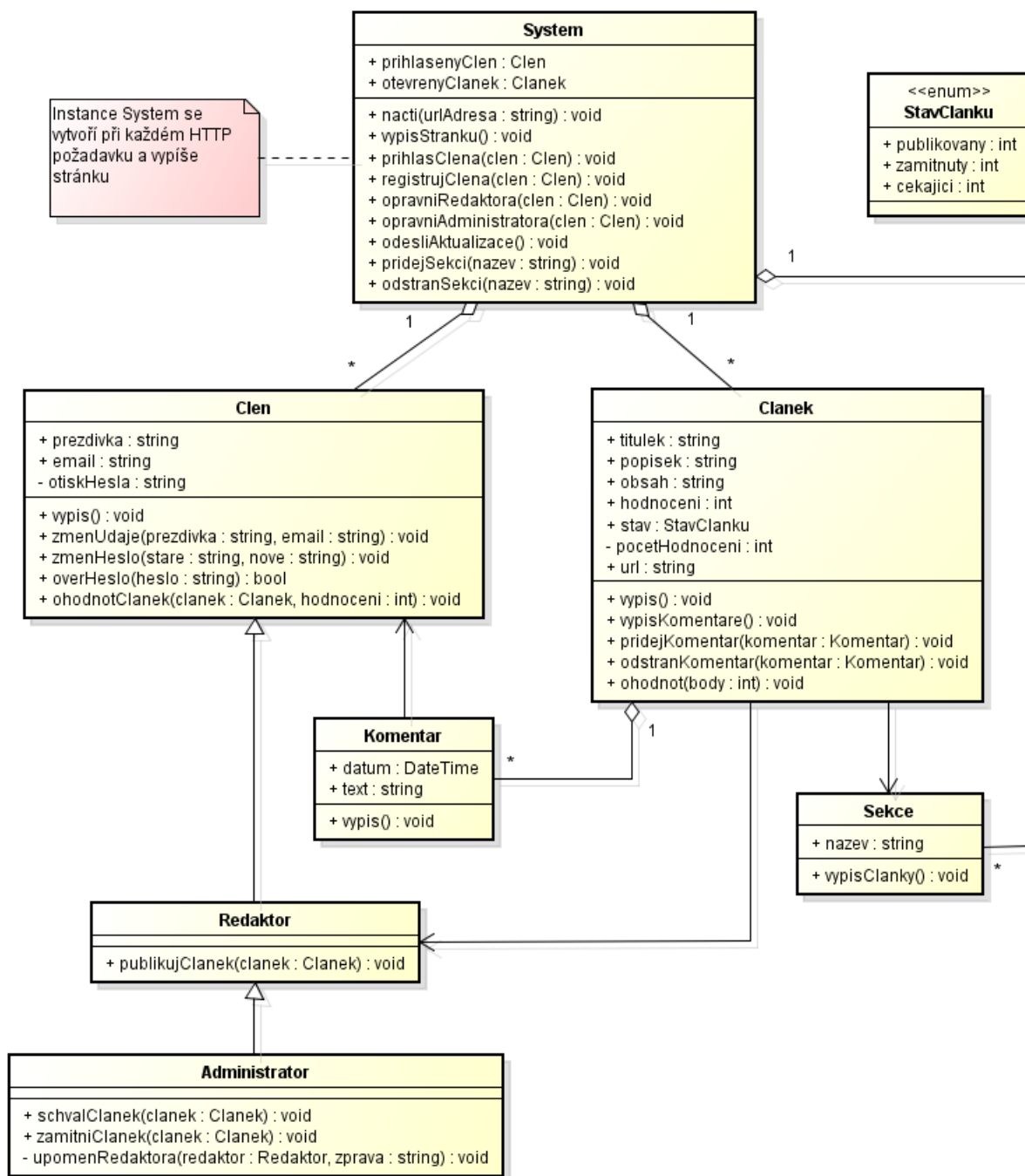
Jednotlivým třídám přísluší určité atributy, u kterých může být specifikovaný datový typ atributu. Atributy se v diagramu zapisují pod název třídy. Pod atributy jsou v diagramu obvykle uvedeny metody, které popisují možné akce v rámci systému a mohou být také doplněny datovým typem. [33] V doménovém modelu nemusí být společně se třídou uváděny atributy a metody [34], proto se nevyskytují ani v návrhu systému v této práci.

Závislosti mezi jednotlivými entitami v diagramu tříd jsou popsány pomocí relací. Každá relace má své vlastnosti a své specifické grafické značení. [34] V následujícím textu jsou zmíněny typy relací, které jsou vhodné pro použití pro model systému v této práci.

- Asociace značí vztah mezi dvěma entitami, které mohou existovat nezávisle na sobě. Asociace se značí plnou čarou, která může být doplněna šipkou. V případě potřeby může být vztah mezi entitami vysvětlený doprovodným textem, umístěným u plné čáry. [34] V modelu systému sledování letové způsobilosti může být příkladem relace mezi entitami *Událost* a *Letadlo*.
- Agregace znázorňuje vztah mezi celkem a částí. Entita symbolizující určitou část celku může existovat bez entity celku. Značí se plnou čarou zakončenou na jedné straně prázdným (bílým) kosočtvercem, který je vždy umístěný u entity vyjadřující celek. [34] Příkladem tohoto typu relace je jakákoliv relace mezi zdrojem dat a datovým polem, např. *Letecký rejstřík* a *Sériové číslo*.
- Generalizace je relace, která značí situaci, kdy jedna z entit dědí vlastnosti entity druhé. Vztah se znázorňuje plnou čarou, která je u entity, ze které se dědí, označena prázdnou šipkou. [34] Typickým příkladem této relace v modelu systému je vztah mezi entitami *Typ letadla* a *Letadlo*.

Vybrané relace v modelu systému jsou doplněny určením násobnosti dané relace, tedy tzv. multiplicitou. Násobnost se v rámci relace značí pro jednotlivé entity a může být zapsána jedním číslem, nebo pomocí intervalu (např. 0..3). V zápisu násobnosti se také může objevit znak hvězdičky (*), který symbolizuje libovolný počet (včetně 0). [34]

Příklad diagramu tříd (nesouvisejícího s tématem této práce) se nachází na obrázku 7.1.

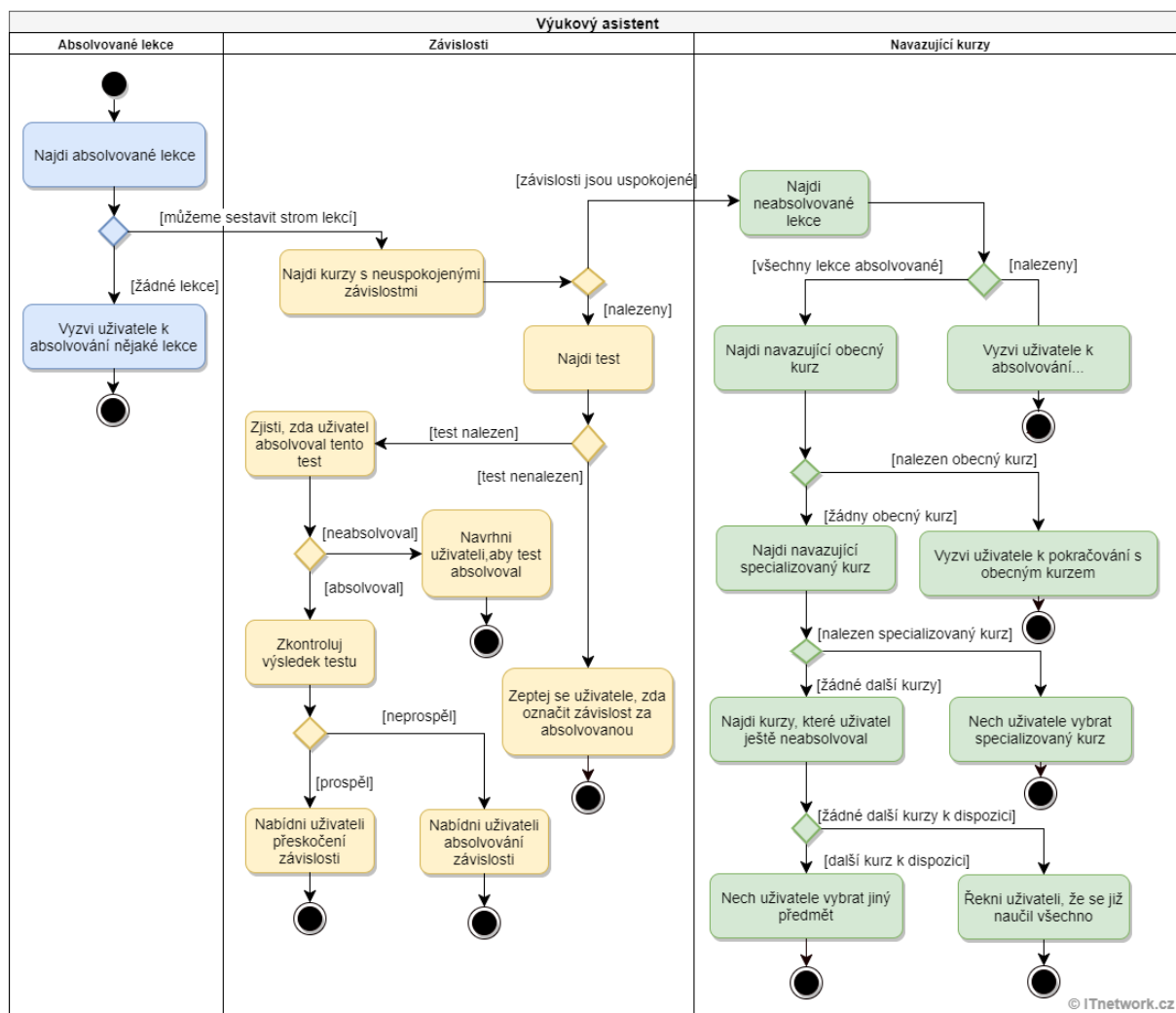


7.1 Příklad diagramu tříd [33]

7.2 Diagram aktivit

Diagram aktivit je UML diagram chování, který se používá především k zachycení určitého procesu, přičemž v diagramu jsou zaznamenány jednotlivé kroky pracovního procesu (akce), které vykonává uživatel systému. Do diagramu je možné také názorně zaznamenat důležitá rozhodnutí, které uživatel při práci se systémem musí provádět. [35]

Diagram aktivit je, podobně jako ostatní diagramy UML, tvořený objekty se standardizovaným značením. Významným objektem je začátek, respektive konec toku (značený černým kruhem, respektive černý kruhem s bílým mezikružím). Krok (akce) v daném procesu je v diagramu značený obdélníkem se zaoblenými rohy. Rozhodnutí je v diagramu vyznačeno kosočtvercem, ze kterého vychází více větví procesu. Opětovné spojování větví je vyznačeno obdélníkem. [35] Příklad diagramu aktivit se nachází na obrázku 7.2.



7.2 Příklad diagramu aktivit [35]



7.3 Specifikace případů užití

Specifikace případů užití je dokument, který podrobně popisuje jednotlivé funkcionality systémů včetně posloupnosti jednotlivých kroků v rámci jedné funkcionality (jednoho případu užití). Dokument tak dává přehled o reálném (případně potenciálním) využití systému. Zápis každého případu užití by měl obsahovat krátký úvodní popis, seznam aktérů, kteří se případu užití účastní (v případě systému pro sledování letové způsobilosti se vždy jedná o pracovníka Oddělení dopravních letadel), případné podmínky pro spuštění, posloupnost jednotlivých kroků v rámci funkcionality (tok) a případné podmínky pro dokončení. [32] V následující kapitole jsou zpracovány jednotlivé případy užití pro systém sledování letové způsobilosti.



8. Specifikace případů užití pro systém sledování letové způsobilosti

V této kapitole jsou specifikovány jednotlivé případy užití navrhovaného systému letové způsobilosti. Ve výčtu případů užití se objevují nejčastěji používané způsoby práce se systémem. Tyto případy užití vychází ze zvyklostí používání systému v současném stavu, ale ve výčtu jsou však zahrnuty i plánované funkcionality nového systému.

Informace o dosavadním používání systému byly získány během konzultací s pracovníky Oddělení dopravních letadel. Pracovníci používají současnou verzi systému dle pravidel, které jim určuje zejména již zmíněná směrnice *ÚCL-ST-100-10/08*. Tato směrnice obsahuje mimo jiné i pravidla pro evidování událostí a kontrol SAFA a také pravidla pro vytvoření plánu kontrol ACAM. [22]

UC1 – Zavedení letadla do systému

Oddělení dopravních letadel shromažďuje data o jednotlivých letadlech, data se následně používají při výpočtu rizikovosti. Letadlo do systému zavádí uživatel systému (pracovník Oddělení dopravních letadel).

Základní tok:

- Uživatel vznesl požadavek na přidání letadla do systému
- Systém uživateli umožní zadat údaje o letadle
- Uživatel zadá údaje o letadle
- Letadlo je přidáno

UC2 – Dotaz na databázi letadel

Uživatel systému může provádět dotazy na databázi letadel (tvořit určité skupiny letadel dle různých kritérií).

Základní tok:

- Uživatel vznesl požadavek na zadání dotazu
- Systém umožní uživateli zadat parametry dotazu
- Uživatel zadá parametry dotazu
- Systém uživateli poskytne seznam letadel, která vyhovují požadavkům



UC3 – Odstranění letadla ze systému

Uživatel systému odstraní letadlo a všechny jeho údaje v případě, že již není nutné sledovat letovou způsobilost tohoto letadla (např. při výmazu z Leteckého rejstříku).

Základní tok:

- Uživatel vznesl požadavek na vymazání letadla ze systému
- Systém uživateli umožní vymazání údajů o letadle
- Uživatel vybere údaje, které mají být odstraněny
- Letadlo je odstraněno ze systému

UC4 – Vyhodnocení rizikovosti letadel

Základní tok

- Systém na základě dat, která byla zadána v UC1, automaticky vypočítá (pře počítá) hodnotu závažnosti a pravděpodobnosti pro každé letadlo
- Letadlo je vyneseno do matice rizik

Další případy užití

Při zobecnění lze pokládat tok v UC1 jako obecný návod pro přidání nové položky do určité evidence (tabulky). Takovýchto evidencí se v návrhu systému vyskytuje více. To znamená, že pro každou evidenci v systému existuje UC, který popisuje zavedení nového záznamu do evidence. Obdobným způsobem lze pro jednotlivé evidence zobecnit UC2. S počtem evidencí systému tak roste počet případů užití, které mají stejnou strukturu a liší se pouze názvem evidence a druhem záznamu v evidenci. Další případy (UC5–UC12) proto již nejsou v této kapitole podrobně rozebírány a jsou zmíněny pouze názvem v následujícím seznamu:

- UC5 – Zavedení události do systému
- UC6 – Dotaz na databázi událostí
- UC7 – Zavedení kontroly SAFA do systému
- UC8 – Dotaz na databázi kontrol SAFA
- UC9 – Zavedení kontroly ACAM do systému
- UC10 – Dotaz na databázi kontrol ACAM
- UC11 – Zavedení AD do systému
- UC12 – Dotaz na databázi AD



9. Vytvoření nového systému a jeho analýza vzorky dat

V předchozích kapitolách byly prezentovány potřebné informace o současném stavu systému sledování letové způsobilosti složitých letadel a jeho limitacích. Taktéž jsou známy potřebné funkcionality, které by měl mít nový systém, a softwarové prostředí pro modelování systému (UML diagram tříd). Nový systém mohl tak být namodelován a vytvořen.

9.1 Struktura nového systému

Autor této práce použil při tvorbě nového systému některé koncepty současného systému, například koncept vedení jednotlivých evidencí (tabulek), nicméně došlo k integraci jednotlivých tabulek do jednoho dokumentu a k vytvoření vzájemného propojení tabulek pomocí vzorců v tabulkovém procesoru Microsoft Excel (ve vzorcích byla využita funkce „SUMIFS“). Navíc došlo ke změnám v datových polích všech tabulek. Vzhledem k velkým rozdílům ve struktuře současného a nového systému lze tvrdit, že se jedná o nový systém.

9.2 Zavedení nových datových polí

Potřeba zavedení nových datových polí do systému vzešla z identifikace limitací systému (kapitola 5). Na základě analýzy datových zdrojů bylo do tabulky vyhodnocení rizikovitosti letadel přidáno datové pole *Survival rate*, které slouží jako jedno z kritérií závažnosti. Hodnoty parametru *Survival rate* byly získány z webové stránky Aviation Safety Network, čímž došlo k rozšíření datových zdrojů pro systém. Evidence událostí byla rozšířena o datové pole *Kategorie události*. Data pro toto pole byla získána z hlášení událostí.

Do evidence kontrol ACAM bylo přidáno datové pole *počet nálezů ACAM* a do evidence kontrol SAFA bylo přidáno pole *počet nálezů SAFA*. Tyto údaje byly přidány do jednotlivých evidencí primárně kvůli funkčnosti jednotlivých vzorců propojení (tzn. potřeba jejich zavedení nevzešla z analýzy datových zdrojů), ale jejich vytvoření také rozšiřuje možnosti práce s danou evidencí.

9.3 Změna výpočtu rizikovitosti

Potřeba alespoň částečné změny výpočtu rizikovitosti vzešla ze zjištěných limitací tabulky pro vyhodnocení rizikovitosti letadel (nedostatek kritérií pro odlišení jednotlivých letadel, subjektivní kritéria, nedostatečné zdůraznění kritéria *datum poslední kontroly ACAM*). Pro řešení části problémů, podrobněji zmíněných v kapitole 5.3, je v nové části systému využitý odlišný způsob vyhodnocení kritérií, která jsou prezentována číselnými údaji (např. *MTOM*, *počet událostí*,



Survival rate). Pro tato kritéria byly vytvořeny vzorce, které zvyšují přesnost hodnocení daného kritéria (indexu kritéria).

Pro případy, kdy by nejvyšší číselné hodnotě kritéria měl být přiřazený nejvyšší index (např. u kritéria *počet událostí*), je možné použít vytvořený vzorec (2), kdy proměnná I_i symbolizuje index kritéria pro konkrétní letadlo i , proměnné I_{MAX} a I_{MIN} vyjadřují maximální a minimální hodnotu indexu daného kritéria (tyto hodnoty může uživatel systému určit libovolně), proměnná K_i symbolizuje číselnou hodnotu kritéria pro letadlo i a proměnné K_{MAX} a K_{MIN} vyjadřují maximální a minimální číselnou hodnotu kritéria z hodnocené skupiny letadel.

$$I_i = \frac{(I_{MAX} - I_{MIN})}{(K_{MAX} - K_{MIN})} \times (K_i - K_{MIN}) + I_{MIN} \quad (2)$$

Pro případy, kdy by nejvyšší číselné hodnotě kritéria měl být přiřazený nejnižší index (např. u kritéria *Survival rate*), je možné použít obdobný vzorec (3) se stejnými proměnnými.

$$I_i = \frac{-(I_{MAX} - I_{MIN})}{(K_{MAX} - K_{MIN})} \times (K_i - K_{MAX}) + I_{MIN} \quad (3)$$

Při použití vzorce (2) nebo (3) je maximálním nebo minimálním numerickým hodnotám kritérií přiřazena maximální nebo minimální hodnota indexu kritéria. Ostatním numerickým hodnotám je přiřazena hodnota z intervalu (I_{MIN}, I_{MAX}) , přičemž závislost indexu I_i na numerické hodnotě kritéria K_i je lineární. Použití vzorců (2) a (3) je pro numericky založená kritéria vhodnější než současný „intervalový způsob“ přiřazení indexů (pokud se numerická hodnota kritéria pro letadlo pohybuje v určitém intervalu, bude letadlu přiřazen odpovídající index kritéria, viz kapitola 2.2), protože je přesnější. I malé rozdíly ve vstupních datech kritéria (např. rozdíl 1 tuny u kritéria *MTOM*) jsou při přiřazování indexů zohledněny a bude existovat minimum letadel se stejnými hodnotami celkové pravděpodobnosti a závažnosti, což se vizuálně projeví v matici rizik.

Vzorec (2) nebo (3) je možné použít pro všechna kritéria, která jsou reprezentována numerickými hodnotami, a tedy i pro kritérium *datum poslední kontroly ACAM*. Jak je již v kapitole 5.3 zmiňováno, toto kritérium je specifické a mělo by mít vyšší podíl na celkovém



hodnocení rizikovosti. Toho lze dosáhnout zvolením vyšší hodnoty koeficientu „důležitosti“ kritéria (koeficienty pro každé kritérium se objevují i v novém systému). Kromě toho lze upravit způsob přiřazování indexu kritéria. Pro praktické použití by bylo výhodné, kdyby se index kritéria zvyšoval se zvyšujícím se časem od poslední kontroly nejdříve mírněji než při použití lineární závislosti, poté by však hodnota indexu začala narůstat rychleji. Fáze mírnějšího vzestupu indexu by v praxi odpovídala době, kdy byla kontrola ACAM provedena před relativně krátkou dobou (tzn. většina ostatních letadel má v daném okamžiku v datovém poli poslední kontroly uvedeno dřívější datum). S přibývajícím časem se však tato kontrola stává více neaktuální a hodnota indexu by měla začít prudce narůstat. Popsaného efektu je možné dosáhnout pomocí využití nelineární závislosti, kde by grafem závislosti indexu I_i na proměnné K_i byla část exponenciály nebo paraboly. Autor práce pro obě možnosti závislostí experimentálně vytvořil vzorec dané závislosti. K modelování byl použit matematický software GeoGebra¹¹. Na základě konzultace s pracovníky Oddělení dopravních letadel byla jako nejvhodnější řešení vybrána závislost indexu I_i na druhé mocnině počtu dní od poslední kontroly, kdy je možné závislost znázornit jako část paraboly. Pro určení indexu daného kritéria byl tedy vytvořen vzorec (4).

$$I_i = k \times D_i^2 \quad (4)$$

Proměnná D_i symbolizuje ve vzorci počet dní od poslední kontroly ACAM a proměnná k symbolizuje empiricky určenou konstantu pro danou skupinu letadel. V novém systému je hodnota této konstanty $k = \frac{0.0005}{365}$. Minimální hodnota indexu je v tomto systému vždy 0. Maximální hodnota není dle vzorce (4) omezena, ale pro praktické využití je vhodné ji omezit. V opačném případě by hodnota indexu u určitých letadel mohla být natolik vysoká, že by byl znehodnocen význam všech ostatních kritérií. Omezení maximální hodnoty indexu např. na hodnotě 5 znamená, že pro všechna letadla, která by měla dle vzorce (4) hodnotu indexu vyšší než 5, bude hodnota indexu právě 5.

9.4 Analýza systému vzorky dat

Při tvorbě nového systému pracoval autor této práce s reálnými vzorky dat pro systém. Pracovníci Oddělení dopravních letadel poskytli data¹² ze všech tabulek současné verze

¹¹ <https://www.geogebra.org/>

¹² V případě tabulek pro výpočtu rizikovosti letadel se jednalo o data zaznamenaná do června 2021. V případě všech ostatních evidencí šlo o data do ledna 2022.



systému. Tato data byla použita pro určení limitací systému i jednotlivých tabulek. Dále byla data použita pro tvorbu nového systému, ověření jeho správné funkčnosti a pro porovnání nového systému se současným.

Pouze malá část zdrojů zmíněných v kapitole 6 je přístupná široké veřejnosti (např. Letecký rejstřík, Aviation Safety Network). Velká část dat v novém systému pochází z neveřejných zdrojů a data není možné prezentovat v rámci této práce. Aby mohla být demonstrována funkčnost systému (zejména oblast výpočtu rizikovitosti letadel), musí být jednotlivé evidencie vyplněny alespoň malým množstvím dat. V rámci výsledků této práce je tak prezentován systém s fiktivními daty (letadla OK-XXX, OK-YYY a OK-XYX).

9.5 Možnosti porovnání nového a současného systému

Porovnání nového systému se současnou verzí je nezbytné pro určení použitelnosti a kvality nového systému. Proto bylo nutné vybrat pro porovnání charakteristiky a výstupy nového systému, u kterých byly očekávány výraznější změny oproti současnému stavu. Na základě výše uvedené úvahy byla porovnávána časová náročnost práce se systémem (pro funkcionalitu uvedenou v kapitole 8 pod označením UC4 – Vyhodnocení rizikovitosti letadel). Pro porovnání časové náročnosti byl využit UML diagram aktivit.

Vzhledem ke změně způsobu výpočtu některých kritérií závažnosti a pravděpodobnosti byly porovnány matice rizik současného a nového systému. Pro vyplnění obou matic rizik byl zvolený stejný vzorek dat. Jednalo se o data pro 43 dopravních letadel, zaznamenaná v období do června 2021.

10. Prezentace výsledků

V návaznosti na předchozí kapitolu, kde byl prezentován postup při tvorbě nového systému, v této kapitole je již představen samotný navržený systém, jakožto hlavní cíl této práce. Před samotnou prezentací je představen a popsán doménový model tohoto systému.

10.1 Doménový model systému

Pro grafické znázornění navrhovaného systému byl zvolen UML doménový model. Tento model obsahuje datová pole, která se objevují v návrhu systému. Jednotlivá datová pole jsou v systému zobrazena jako třídy a od ostatních typů tříd jsou odlišeny pomocí stereotypu <<datové pole>>. Model dále obsahuje datové zdroje (třídy se stereotypem <<datový zdroj>>), ze kterých uživatel do systému přenáší data. Ostatní třídy v modelu mají nemají žádný stereotyp. Tyto třídy shromažďují jednotlivá datová pole do celků dle významu (např. datová pole *rok výroby*, *registrační značka* a *MTOM* jednoznačně přísluší ke třídě *letadlo*). Přestože tyto třídy nejsou ničím reprezentovány v samotném návrhu systému, v modelu systému zvyšují přehlednost.

Z důvodu velkého počtu tříd byl doménový model rozdělen na 2 diagramy. Tyto diagramy jsou obsahem Přílohy 1 a Přílohy 2. Příloha 1 zobrazuje datové zdroje, datová pole a vztahy mezi nimi. V diagramu jsou zobrazena i datová pole bez datového zdroje (např. *zkušenosti s provozovatelem/CAMO*). Do těchto datových polí v systému doplňuje data uživatel systému nebo systém automaticky bez potřeby datového zdroje nebo na základě předchozích záznamů v tabulce. V příloze 2 jsou zobrazena datová pole, třídy bez stereotypu a vztahy mezi nimi.

Vytvoření doménového modelu přispělo k vytvoření celkového přehledu o systému, především o jeho datových polích a jejich závislostech na datových zdrojích. Při tvorbě návrhu nového systému byla v modelu hledána datová pole vhodná k propojení tabulek (viz kapitola 10.2).



10.1 Znázornění propojení mezi tabulkami



10.2 Navržený systém

Návrh reálného systému v procesoru Microsoft Excel je obsahem Přílohy 3. Návrh obsahuje tabulky (evidence), které byly zmíněny v předchozích kapitolách, konkrétně:

- Tabulku událostí
- Tabulku vydaných AD
- Tabulku provedených kontrol SAFA
- Tabulku provedených a plánovaných kontrol ACAM
- Tabulku pro vyhodnocení rizikivosti letadel¹³

Jak již bylo zmíněno v kapitole 9.1, jednotlivé tabulky jsou mezi sebou propojeny. Propojení je realizováno automatickým přenosem vybraných dat mezi tabulkami. Veškerá plánovaná propojení jsou znázorněna na pomocném diagramu (obrázek 10.1).

V diagramu jsou automaticky přenášená data mezi dvojicí tabulek zobrazena jako popisky šipek.

Pro vyhodnocení vybraných kritérií v tabulce pro vyhodnocení rizikivosti letadel jsou použity vytvořené vzorce, které byly představeny v kapitole 9.3. Všechny tabulky jsou vyplněny fiktivními daty.

V samotném návrhu systému (stejně jako v doménovém modelu) jsou v zájmu zachování přehlednosti ve výjimečných případech zjednodušeny názvy datových polí (např. datové pole *počet osob* je v textu této práce přesněji definováno jako *maximální provozní konfigurace sedadel pro cestující*).

¹³ V návrhu systému je vytvořena tabulka pro vyhodnocení rizikivosti pouze pro 1 kategorii letadel. Systém však takovýchto tabulek může obsahovat více za předpokladu propojení všech tabulek vyhodnocení rizikivosti se všemi ostatními tabulkami.



11. Diskuse dosažených výsledků

Tato kapitola obsahuje především porovnání vytvořeného systému se současnou koncepcí a následné zhodnocení dosažených výsledků.

11.1 Omezení při tvorbě systému

Tvorba nového systému v prostředí procesoru Microsoft Excel byla omezena nemožností použití některých funkcí tohoto softwaru (příkazy makra), z důvodu omezení těchto funkcí v prostředí ÚCL.

Při propojování jednotlivých tabulek se nepodařilo nalézt funkci, pomocí které by bylo možno do tabulky vyhodnocení rizikivosti letadel přenést data o počtu vydaných AD za rok pro daný typ letadla, motoru nebo vrtule. Problém spočívá především v nestandardizovaném datovém poli, kde jsou vedeny typy výrobků, pro které dané AD platí. Seznam daných typů je často doslovně přebírán z textu AD a není z něj možné pomocí automatické funkce určit, pro jaká letadla z tabulky pro vyhodnocení rizikivosti letadel AD platí. Aby bylo možné realizovat propojení podobným způsobem jako u jiných tabulek, bylo by nutné zadávat do tabulky seznam typů pro jednotlivá AD podrobněji, což by zvýšilo časovou zátěž uživatele při práci se systémem. Není jisté, že by práce s takovým systémem byla časově méně náročná než v současné době používané manuální přenášení dat z vyhledávacího nástroje EASA (viz kapitola 6.4). Z výše uvedených důvodů nebyla tedy tabulka AD propojena s dalšími tabulkami (propojení vyznačené na obrázku 10.1 červeně nebylo provedeno), přesto tabulka zůstala zařazená v systému z důvodu možné budoucí realizace propojení a praktičnosti práce se všemi tabulkami v 1 dokumentu.

11.2 Porovnání navrhovaného systému se současným

Nový systém byl se současným porovnáván v charakteristikách zmíněných v kapitole 9.5.

11.2.1 Porovnání časové náročnosti práce se systémem

Byly vytvořeny 2 diagramy aktivit pro znázornění posloupnosti kroků, které musí uživatel provést pro získání vyhodnocení rizikivosti letadel. Oba diagramy jsou znázorněny na obrázku 11.1. Diagram na levé straně (označený písmenem A) znázorňuje nutnou posloupnost kroků pro současnou verzi systému, diagram na pravé straně pod písmenem B, pro navrhovaný systém. Úkony *kontrola aktuálnosti/aktualizace dalších údajů* je zkratkovitě pojmenování kontroly nebo aktualizace dalších datových polí v tabulce vyhodnocení rizikivosti



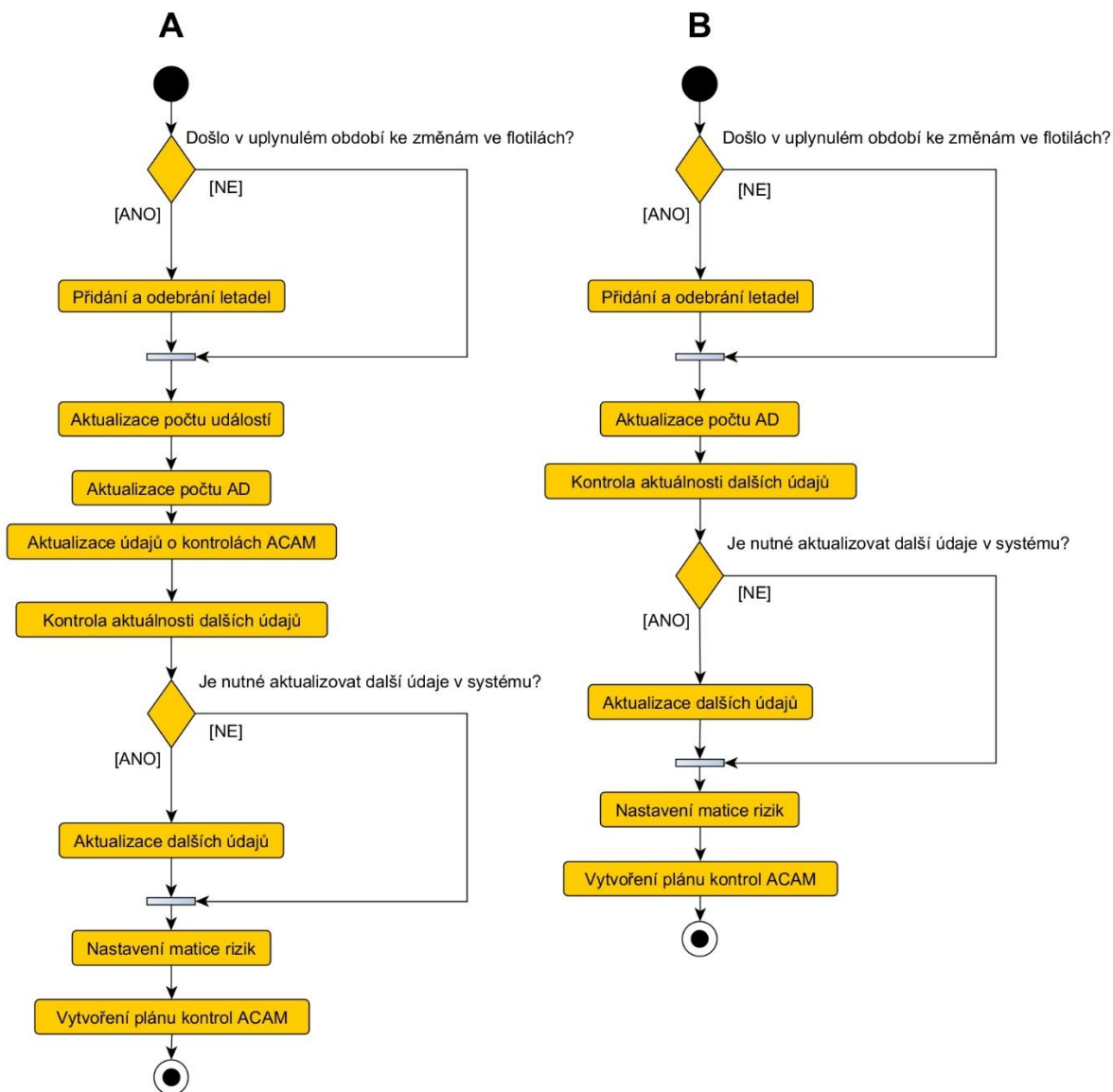
(např. datových polí *druh provozu*, *ETOPS*, *zkušenosti s CAMO*). Tyto úkony musí uživatel systému provést při práci se současným i novým systémem. V diagramu B patří mezi „další údaje“ oproti diagramu A také parametr *Survival rate*.

Z diagramů je patrné, že uživatel systému je nucen provést více úkonů při práci se současnou verzí systému než při práci s navrhovaným systémem. Toto tvrzení může být ještě podpořeno doplněním údajů o časové náročnosti jednotlivých kroků v digramech. Činnosti, které se vyskytují pouze v diagramu A (*aktualizace počtu událostí*, *aktualizace údajů o kontrolách ACAM*), nemůže uživatel systému dokončit za méně než 60 minut. V novém systému existuje jediný nový úkon (*aktualizace parametru Survival rate*), který schopen uživatel systému dokončit za méně než 5 minut. Uvedené časové údaje vychází ze zkušenosti autora práce při práci s novým a současným systémem. Zmíněná časová úspora vznikla kvůli propojení jednotlivých evidencí (viz kapitola 10.2). Propojením byla eliminována hlavní slabina současného systému (izolovanost jednotlivých tabulek, viz kapitola 5.1).

11.2.2 Porovnání vyhodnocení rizikovosti letadel

Pro prezentování výsledků změn ve způsobu výpočtu rizikovosti letadel byly porovnány matice rizik současného a nového systému. Jak již bylo zmíněno v kapitole 9.5, pro porovnání byl využit vzorek reálných dat, proto jsou letadla v maticích popsána čísly od 1 do 43 namísto označení letadla registrační značkou, jak je prezentováno v navrhovaném systému. Matice rizik pro současný stav systému je zobrazena na obrázku 11.2 a pro navrhovaný systém na obrázku 11.3.

Pro vytváření plánu kontrol ACAM na základě matice rizik je podstatná poloha jednotlivých letadel vůči sobě, nikoliv umístění letadla do barevně odlišených zón nebo číselná hodnota závažnosti/pravděpodobnosti pro konkrétní letadlo. Na základě porovnání obou matic je možné konstatovat, že v některých případech došlo ke změnám poloh letadel vůči sobě v důsledku změny způsobu výpočtu některých kritérií (zejména kritéria *datum poslední kontroly ACAM*). Optimalizace výpočtu těchto kritérií byla provedena pro odstranění problémů s kritérii, které byly zmíněny v kapitole 5.3.

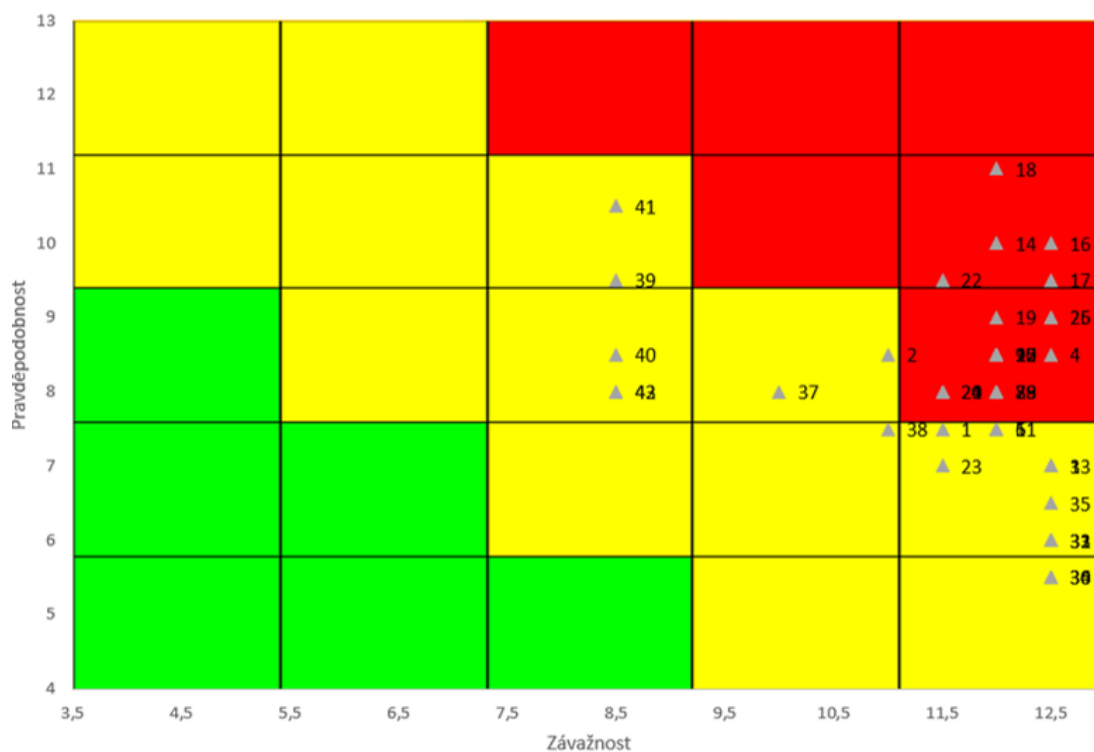


11.1 Diagram aktivit současného a navrhovaného systému

Z vizuálního porovnání obou matic je také zřejmé zpřesnění výpočtu rizikovosti v navrhovaném systému. Zpřesnění výpočtu (pomocí zavedení vzorců z kapitoly 9.3) totiž vede k minimalizaci skupin letadel se stejnou hodnotou pravděpodobnosti a závažnosti. Tím byl vyřešen problém současné verze systému, zmíněný v kapitole 5.3, kdy mnoho letadel sdílelo stejné hodnoty závažnosti a pravděpodobnosti. To se v matici (a na obrázku 11.2) vizuálně projevuje specifickou strukturou, kdy je mnoho letadel možné v matici nalézt na pomyslných přímkách, rovnoběžných s jednou z os matice. Taková struktura se již na obrázku 11.3 neobjevuje.

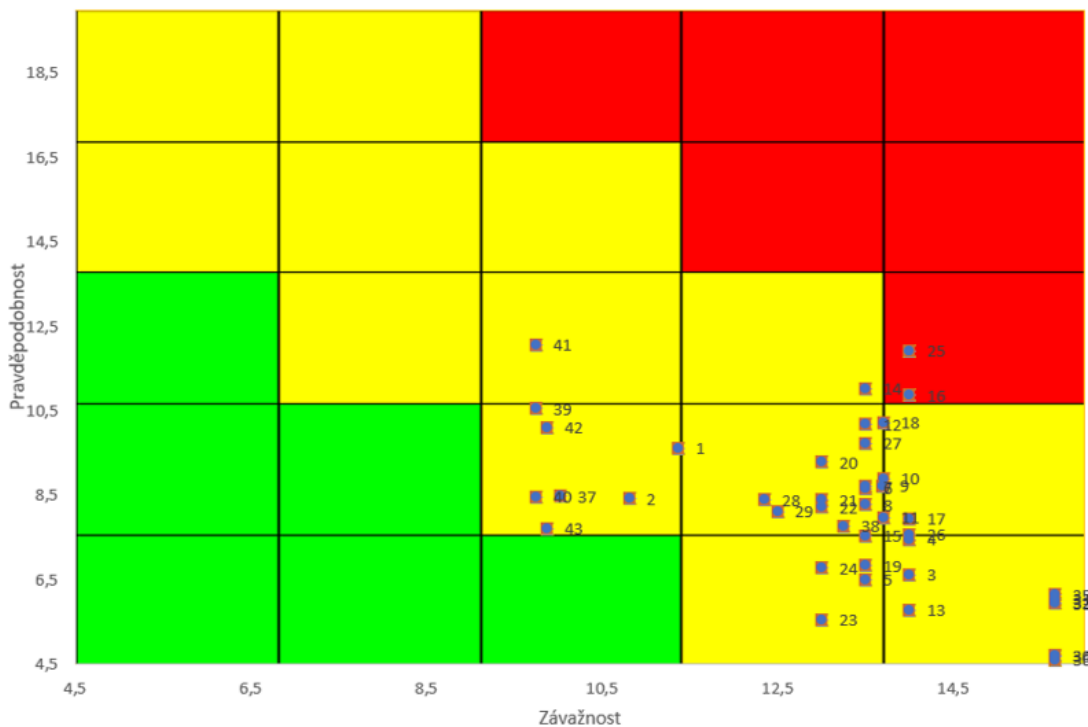


Matice rizik - současný stav



11.2 Matice rizik pro současný systém

Matice rizik - návrh



11.3 Matice rizik pro navrhovaný systém



11.3 Přednosti navrhovaného systému

Při porovnávání navrhovaného systému se současnou verzí byly zjištěny a popsány 2 hlavní silné stránky navrhovaného systému (propojení jednotlivých evidencí a optimalizovaný výpočet kritérií), díky kterým se používání navrhovaného systému jeví jako výhodnější než používání současného systému.

Kromě zmíněných výhod má navrhovaný systém další přednosti. Návrh systému vycházel ze současné verze, což má za následek kompatibilitu navrhovaného systému s požadavky na proces sledování letové způsobilosti ze strany ÚCL (směrnice ÚCL-ST-100-10/08), což by usnadňovalo případnou implementaci systému.

Při tvorbě systému byly všechny evidence v Příloze 3 umístěny do 1 souboru jako jednotlivé listy primárně kvůli propojení tabulek. Takováto centralizace evidencí má své opodstatnění i bez vytvořených závislostí mezi tabulkami, protože práce s 1 souborem, ve kterém jsou všechny tabulky, je výhodnější pro praktické použití.

Propojení tabulek snižuje množství případů, kdy musí uživatel přenášet data mezi tabulkami manuálně. Manuální přenos je též nevýhodný kvůli možnosti omylu uživatele při přenosu dat.

11.4 Limitace navrhovaného systému

Vedle nepropojení tabulky AD s ostatními tabulkami má navrhovaný systém také limitace. Datové pole se seznamem typů výrobků v tabulce AD není jediným datovým polem, které není standardizované. V tabulce událostí stále existuje datové pole *popis události*, které je uživatel systému nucen využívat při vyhledávání určité skupiny událostí. Zavedení nového datového pole *kategorie události* vyhledávání usnadnilo, nicméně jednotlivé kategorie událostí nejsou zdaleka tak vypovídající jako *popis události*. Datové pole *kategorie události* má tak při vyhledávání pouze pomocnou, zpřesňující funkci.

Při analýze systému pro vyhodnocení rizikovosti letadel bylo zjištěno, že určitá kritéria pravděpodobnosti nebo závažnosti nejsou zcela vhodná pro použití do systému (jsou subjektivní nebo zavádějící). Vzhledem k nedostatku kritérií byla však tato kritéria použita i v novém systému.



Mezi problematická kritéria patří:

- *Rok výroby* Index tohoto kritéria pravděpodobnosti roste se snižujícím se letopočtem výroby letadla. Použití roku výroby jako parametru technického stavu letadel bez využití dalších parametrů (letové hodiny, počet cyklů) může být značně nepřesné. ÚCL shromažďuje data od jednotlivých provozovatelů o počtu cyklů i letových hodinách, data však nejsou standardizována a nejsou obsažena v žádné evidenci systému zachování letové způsobilosti. Doplnění a aktualizace těchto dat by znamenalo zvýšení časové náročnosti práce se systémem, proto nebyly další parametry technického stavu letadel přidány jako kritéria.
- *Počet AD za rok* Toto kritérium hodnotí pravděpodobnost pouze na základě počtu vydaných AD za rok pro daný typ letadla a jeho komponentů (motor, vrtule). Počet vydaných AD nemusí však poskytovat přesný obraz o množství bezpečnostních problémů daného typu výrobku. Další zkreslení může přinést např. vydávání AD, které ruší platnost jiného AD. Vzhledem k počtu vydaných AD však není časově únosné, aby uživatel systému např. přiřazoval každému AD určitý „index důležitosti“, a proto se toto kritérium vyskytuje v navrhovaném systému v nezměněné podobě.
- *Zkušenosti s CAMO/provozovatelem* Nevhodnost použití těchto subjektivních kritérií vedle ostatních kritérií je již zmíněna v kapitole 5.3. Informace o zkušenostech ÚCL s provozovatelem nebo s organizací CAMO je však pro vyhodnocení rizikovosti letadel důležitá a zrušením těchto kritérií by došlo ke ztrátě podstatné informace, která nemůže být prezentována pomocí „tvrdých dat“. Z tohoto důvodu se tato kritéria vyskytují i v navrhovaném systému.
- *Počet řízených letadel* Index tohoto kritéria pravděpodobnosti roste se zvyšujícím se počtem letadel řízených danou organizací CAMO. Vyšší počet řízených letadel však nemusí vždy znamenat vyšší rizikovost provozu těchto letadel.
- *Survival rate* U tohoto nově zavedeného kritéria je problematická absence hodnoty kritéria u typů letadel, která ještě neměla fatální leteckou nehodu (viz kapitola 6.7).

Při tvorbě plánu letadel pro kontrolu ACAM vychází uživatel systému stále z matice rizik, nicméně určení nejvíce rizikových letadel probíhá stále „metodou odhadu“ (viz kapitola 5.3).



11.5 Celkové zhodnocení systému

V předchozích kapitolách byly shrnuty silné a slabé stránky navrhnutého systému. Ze shrnutí mimo jiné vyplynulo, že nový systém je možné použít v prostředí ÚCL a jeho použití může zrychlit a zkvalitnit proces sledování letové způsobilosti. Během procesu tvorby nového systému byly jednotlivé návrhy průběžně konzultovány s vedoucím Oddělení dopravních letadel, který vyjádřil pozitivní stanovisko k některým komponentům nového systému (k nově navrhovanému způsobu výpočtu rizikovosti letadel).

Celý systém byl vytvořen primárně pro Oddělení dopravních letadel. V případě implementace systému na tomto oddělení by byl systém používán i pro letadla nespádající do oblasti této práce (jiná než složitá letadla, která spadají do kompetence Oddělení dopravních letadel). Následně by bylo možné použít některé koncepty navrhovaného systému pro systém na Oddělení malých letadel, čímž by došlo ke částečné standardizaci systémů pro zachování letové způsobilosti v prostředí ÚCL. Úplné standardizaci by měla předcházet diskuse o případné změně softwaru pro celý systém (např. Microsoft Access).



12. Závěr

Při řešení úkolu této práce autor provedl analýzu současného stavu systému sledování letové způsobilosti, používaného ÚCL. Dále došlo k analýze datových zdrojů pro tento systém. Analýza odhalila slabá místa současného systému i datových zdrojů. Následně se autor věnoval vytvoření nového systému, čemuž předcházelo vytvoření modelu nového systému a definování jeho klíčových funkcionalit. Poté již byl nový systém vytvořen a následně testován reálnými daty za účelem porovnání nového systému se současným.

Na základě dosažených výsledků (zejména při porovnání obou systémů) je možné tvrdit, že prezentovaný systém může sloužit jako systém pro sledování letové způsobilosti pro potřeby ÚCL, protože plní požadované funkcionality systému. Při porovnání obou systémů bylo zjištěno, že využívání nového systému je pro uživatele časově méně náročné. Kromě toho došlo k odstranění některých limitací současné verze, zejména v oblasti vyhodnocení rizikivosti letadel.

Navrhovaný systém má vedle předností i limitace, které jsou v této práci také prezentovány. Jedná se zároveň o slabé stránky současného systému, které se nepodařilo vyřešit, nebo nebyly řešeny. Na tato slabá místa by měl být zaměřen další výzkum v této oblasti.

Tato práce například podrobně neřešila problém s datovými zdroji pro hlášení událostí (duplicitu hlášení pro 1 událost) nebo problematiku zlepšení způsobu čtení matice rizik (ideálně pomocí automaticky generovaného seznamu letadel pro kontrolu ACAM). Řešení alespoň části stálých problémů by mohlo přinést využití jiného softwaru pro tento systém (např. Microsoft Access). Z návrhu nového systému vyplývá, že by se mělo jednat o databázový nástroj, který by ale zároveň umožňoval provádění matematických výpočtů pro určení rizikivosti letadel alespoň v takovém rozsahu, v jakém jsou prováděny v navrhovaném systému pomocí softwaru Microsoft Excel. Nový software by také měl umožňovat propojení systému zachování letové způsobilosti s interním systémem používaným na ÚCL (Notia), kterému se podrobněji věnovala Martina Liptáková ve své, již zmíněné, bakalářské práci. [25] Výhodou takového propojení by byla především automatizace zápisů letadel do systému a jejich odstraňování, což by ještě snížilo časovou náročnost práce se systémem.

Z výše uvedeného textu vyplývá, že tato bakalářská práce může sloužit jako podklad pro budoucí návrhy dalších verzí systému, které budou odstraňovat zmíněné přetrvávající limitace.



Seznam použité literatury

- [1] Evropský parlament a Rada (ES). *Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 216/2008*. Evropský parlament a Rada (ES), 2008.
- [2] Ministerstvo dopravy České republiky. *L8 - Letecký předpis Letová způsobilost letadel*. Ministerstvo dopravy České republiky, 2020.
- [3] Evropský parlament a Rada (EU). *Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 2018/1139*. Evropský parlament a Rada (EU), 2018.
- [4] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Pokračující letová způsobilost* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/>
- [5] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Doklady letové způsobilosti (vydané pro transferovaná letadla)* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/doklady-letove-zpusobilosti-vydane-pro-transferovana-letadla/>
- [6] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Programy údržby pro transferovaná letadla* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/program-udrzby-pro-transferovana-letadla/>
- [7] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Programy údržby pro annexová letadla* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/program-udrzby-pro-annexova-letadla/>
- [8] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Doklady letové způsobilosti (vydané pro transferovaná letadla)* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/doklady-letove-zpusobilosti-vydane-pro-transferovana-letadla/>
- [9] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Doklady letové způsobilosti (vydané pro annexová letadla)* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/doklady-letove-zpusobilosti-vydane-pro-annexova-letadla/>
- [10] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Emergency PZZ a důležité dokumenty k zachování letové způsobilosti letadel pro letadla zapsaná v Leteckém rejstříku ČR (od 07/2011)* [online].



[cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/emergency-pzz-a-dulezite-dokumenty-k-zachovani-letove-zpusobilosti-letadel-pro-letadla-zapsana-v-leteckem-rejstriku-cr/emergency-pzz-a-dulezite-dokumenty-k-zachovani-letove-zpusobilosti-letadel-pro-letadla-zapsana-v-leteckem-rejstriku-cr-od-07-2011/>

[11] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Řízení zachování letové způsobilosti* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/rizeni-zachovani-letove-zpusobilosti/>

[12] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Sledování zachování letové způsobilosti letadel* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/sledovani-zachovani-letove-zpusobilosti-letadel/>

[13] European Union Aviation Safety Agency. *Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014)*. European Union Aviation Safety Agency, 2021.

[14] EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. *Ramp Inspection Programmes (SAFA/SACA)* [online]. [cit. 2021-12-11]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/domains/air-operations/ramp-inspection-programmes-safa-saca>

[15] Ministerstvo dopravy České republiky. *L13 – Předpis o odborném zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů*. Ministerstvo dopravy České republiky, 2020.

[16] ECCAIRS 2 Central Hub, About us. *ECCAIRS 2 Central Hub* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://aviationreporting.eu/en/eccairs>

[17] ECCAIRS 2 Central Hub, Report an Occurrence. *ECCAIRS 2 Central Hub* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://e2.aviationreporting.eu/reporting>

[18] ÚSTAV PRO ODBORNÉ ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍČIN LETECKÝCH NEHOD. *Průvodce hlášením v civilním letectví*. [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/pruvodce-hlaseni>

[19] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Průvodce hlášením v civilním letectví* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/pokracujici-letova-zpusobilost/vseobecne-a-bezpecnostni-informace/hlaseni-udalosti-2/>



- [20] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Dobrovolné hlášení událostí v civilním letectví* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/dokumenty/formulare/dobrovolne-hlaseni-udalosti-v-civilnim-letectvi/>
- [21] International Civil Aviation Organization. *Doc 9859, Safety Management Manual*. ICAO, 2018. ISBN: 978-92-9258-552-5.
- [22] *Postupy sledování zachování letové způsobilosti letadel v provozu*. In: . Praha, 2009, ÚCL-ST-100-10/08.
- [23] STOJÍČ, Slobodan, Peter VITTEK, Vladimír PLOS a Andrej LALIŠ. Taxonomies and their role in the aviation Safety Management Systems. *EXclusive e-JOURNAL*. 2015. ISSN 1339-4509.
- [24] ATA 100 Chapters Complete List. *Aerospace Unlimited* [online]. [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.aerospaceunlimited.com/ata-chapters/>
- [25] LIPTÁKOVÁ, Martina. *Sběr a analýza dat v sledování letové způsobilosti jiných než složitých letadel*. Praha, 2021. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.
- [26] CLARE, James a Kyriakos I. KOUROUSIS. Analysis of Continuing Airworthiness Occurrences under the Prism of a Learning Framework. *Aerospace*. 2021.
- [27] GUSKOVA, Natalia, Andrej LALIŠ a Kateřina GRÖTSCHELOVÁ. Systemic Safety Data Collection and Processing in Aviation Maintenance. *2020 New Trends in Civil Aviation (NTCA)*. 2020. Dostupné z: doi:10.23919/NTCA50409.2020.9290933.
- [28] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Letecký rejstřík* [online]. [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/letadlova-technika/letecky-rejstrik/>
- [29] ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ. *Letecký rejstřík* [online]. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://lr.caa.cz/letecky-rejstrik>
- [30] ROZHODNUTÍ č. 2010/012/R VÝKONNÉHO ŘEDITELE EVROPSKÉ AGENTURY PRO BEZPEČNOST LETECTVÍ. In: . Kolín nad Rýnem, 2010, s. 62. Dostupné také z: https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/Decision_ED_2010_012_R-prilohy_CZ.pdf?cb=5d7e659d57d15611bfec81da9f58fc77



[31] ČÁPKA, David. Lekce 1 - Úvod do UML. In: *IT Network* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-uvod-historie-vyznam-a-diagramy>

[32] ČÁPKA, David. Lekce 3 - UML - Use Case Specifikace. In: *IT Network* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-use-case-specifikace-diagram>

[33] ČÁPKA, David. Lekce 5 - UML - Class diagram. In: *IT Network* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-class-diagram-tridni-model>

[34] ČÁPKA, David. Lekce 4 - UML - Doménový model. In: *IT Network* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-domenovy-model-diagram>

[35] ČÁPKA, David. Lekce 7 - UML - Activity diagram. In: *IT Network* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-activity-diagram>