

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Matěj Jelínek

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Automatizované zpracování dat z OGN a zálohování datové vrstvy v letecké aplikaci

Bc. Matěj Jelínek

Diplomová práce
2024

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Matěj Jelínek**
Osobní číslo: **I22161**
Studijní program: **N0613A140007 Informační technologie**
Téma práce: **Automatizované zpracování dat z OGN a zálohování datové vrstvy v letecké aplikaci**
Zadávací katedra: **Katedra softwarových technologií**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je analýza, návrh a implementace webové aplikace (WA) pro správu letů s automatizovaným zálohováním datové vrstvy a také automatizovaným zpracováním dat z Open Glider Network (OGN).

Praktický výstup práce v podobě WA bude umožňovat:

- kontrola validity formulářů,
- funkci autocomplete,
- tvorba zapisovače letů z OGN,
- poloautomatizovaná práce s daty ze systému OGN (práce s OGN tracker, OGN Tracking Protocol, polohou (GPS) vzletu/přistání, časem vzletu/přistání, rychlostí (Ground Speed), World Geodetic System (WGS84), vertikální rychlost klesání/stoupání,
- automatizovanou synchronizaci zapisovače letů do datové vrstvy,
- automatizovanou inkrementální zálohu datové vrstvy.

V teoretické části práce bude popsáno odůvodnění výběru použitých technologií, na kterých bude postaveno softwarové řešení. Samotný popis technologií zahrnuje zejména definici jejich klíčových vlastností. Součástí práce bude i architektura konečné aplikace včetně detailního popisu fungování jednotlivých komponent.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 60 stran**
Rozsah grafických prací: **-**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

RAZZOLI, Federico. Mastering MariaDB. Birmingham: Packt Publishing, 2014. ISBN 1783981547.
KRESSE, Wolfgang a David DANKO, ed. Springer Handbook of Geographic Information. 2nd ed. Basilej: Springer Cham, 2022. ISBN 3030531244.
T. HOLDENER, Anthony. HTML5 Geolocation: Bringing Location to Web Applications. Sebastopol: O'Reilly Media, 2021. ISBN 1449304729.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Diviš, Ph.D.**
Katedra softwarových technologií

Datum zadání diplomové práce: **8. listopadu 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2024**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Antonín Kavička, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. listopadu 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Automatizované zpracování dat z OGN a zálohování datové vrstvy v letecké aplikaci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17. 5. 2024

Bc. Matěj Jelínek v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval paní Ing. Monice Borkovcové, Ph.D. a panu Ing. Romanu Divišovi, Ph.D. za odborné poznatky, které byly velmi přínosné při zpracování této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval všem členům aeroklubu Hronov za poskytnutí dat pro vypracování datové analýzy, a také za umožnění testování vyvíjeného systému v praktickém prostředí pro budoucí produkční nasazení.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce je provedení analýzy dat evidence provedených letů na aeroklubovém letišti a návržení implementace webové aplikace se zaměřením na automatizaci procesů a zjednodušování interakce uživatele se systémem. Pro uživatelský prožitek budou navrženy funkce automatického doplňování formulářových položek a umožnění alternativních způsobů vytváření evidence provedených letů, kde bude využito prostředků Open Glider Network pro sledování letadel a automatické rozpoznávání provedených letů na základě GPS polohy, rychlosti, výšky a vertikální rychlosti letadla.

KLÍČOVÁ SLOVA

OGN, PHP, Laravel, letectví, časomíra, automatizace, optimalizace

TITLE

Automatic OGN data processing and backup of the data layer in the aviation application

ANNOTATION

The aim of this master thesis is to analyze the data of flights at the aeroclub airport and to design the implementation of a web application with a focus on automating processes and simplifying user interaction with the system. For the user experience, features of auto-completion of form entries and enabling alternative ways of creating flight records, where the Open Glider Network resources will be used to track aircraft and automatically recognize flights performed based on GPS position, speed, altitude and vertical speed of the aircraft.

KEYWORDS

OGN, PHP, Laravel, aviation, timekeeping, automation, optimization

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM ZKRATEK	13
ÚVOD	14
1 LETECTVÍ	15
1.1 Klasifikace	15
1.2 Aerodynamický vztlak	15
1.3 Letecký provoz	16
1.4 Letecké školy a aerokluby	16
1.5 Fáze letu	17
2 SLEDOVÁNÍ LETECKÉHO PROVOZU	18
2.1 Technologie sledování	18
2.1.1 Primární radar	18
2.1.2 Sekundární radar	18
2.1.3 Open glider network	19
2.2 Protokol APRS	21
2.3 Geolokace	22
3 STÁVAJÍCÍ A KONKURENČNÍ SYSTÉM	24
3.1 Vereinsflieger	24
3.2 Flight Office	24
3.3 Navrhovaný systém	24
4 ANALÝZA DAT	26
4.1 Převzetí dat	26
4.2 Datový slovník	26
4.3 Popis dat	27
4.3.1 Datum provedení letu	27
4.3.2 Imatrikulace	28
4.3.3 První člen posádky	29
4.3.4 Druhý člen posádky	30
4.3.5 Úkol	31
4.3.6 Čas vzletu	32
4.3.7 Čas přistání	33

4.3.8 Čas letu.....	34
4.3.9 Počet přistání.....	35
4.3.10 Typ letu.....	36
4.3.11 Místo vzletu a přistání.....	36
4.4 Analytický závěr.....	36
5 NÁVRH ARCHITEKTURY SYSTÉMU.....	38
5.1 Analýza.....	38
5.2 Funkční a nefunkční požadavky.....	38
5.3 Architektura systému.....	39
5.4 Použité technologie.....	41
5.4.1 Laravel.....	41
5.4.2 Eloquent.....	41
5.4.3 Blade.....	42
5.4.4 MariaDB.....	42
5.4.5 Javascript/jQuery.....	42
5.4.6 Open Topo Data.....	42
5.4.7 Open street map.....	43
6 DATOVÁ VRSTVA.....	44
6.1 Změny tabulek.....	44
6.2 Tabulka letů OGN.....	46
6.3 Tabulka tratí.....	47
7 WEBOVÁ APLIKACE.....	48
7.1 Interakce časoměřiče s aplikací.....	48
7.1.1 Scénář aktuální let.....	48
7.1.2 Scénář budoucí let.....	49
7.1.3 Scénář let minulosti.....	49
7.1.4 Vyplňování formuláře nového letu.....	50
7.1.5 Odlišnosti formuláře pro starší let.....	54
7.1.6 Seznamy formuláře.....	55
7.1.7 Seznam úkolů letu.....	55
7.1.8 Seznam letišť.....	56
7.1.9 Časová pásma.....	57
7.2 Interpretace záznamů o letu.....	57
7.2.1 Rozbalovací nabídka akcí.....	58
7.2.2 Dynamické stránkování.....	58

7.3	Vytváření podobného letu	59
7.4	Správa uživatelů a aeroklubu	60
7.4.1	Obnova hesla	60
7.4.2	Výchozí hodnoty aeroklubu	61
8	AUTOMATICKÝ ZAPISOVAČ LETŮ.....	62
8.1	Architektura zapisovače	62
8.2	AprsBot	63
8.3	OGNKlient	64
8.3.1	Filtr letadel	64
8.4	OGNManazerLetu.....	65
8.4.1	Uspořádávání zpráv	65
8.4.2	Konečný automat Manažera letu.....	65
8.4.3	Problém rychlosti	66
8.4.4	Určení času vzletu a přistání	67
8.4.5	Určení letiště vzletu a přistání.....	68
8.4.6	Výpočet výšky nad terénem	69
8.5	OGNZapisnik	70
8.5.1	Rozpoznávání aerovleku	70
8.6	Nasazení zapisovače do provozu.....	71
8.7	Ladění a validace zapisovače	71
8.8	Uplatnění letů vytvořených zapisovačem	72
8.8.1	Propojování záznamu o letu s letem OGN	72
8.8.2	Zjednodušení formuláře vytváření záznamu o letu	72
8.8.3	Zobrazení letu v mapě	73
8.8.4	Validace před exportováním letů	73
8.9	Budoucí vývoj systému	74
9	ZÁLOHOVÁNÍ.....	75
9.1	Metody zálohování	75
9.2	Data aplikace	76
9.3	Automatizační skript	77
9.3.1	Adresářová struktura	77
9.3.2	Vytváření záloh	78
9.3.3	Obnovení ze zálohy	78
9.3.4	Archivace inkrementální zálohy.....	78
9.3.5	Odstraňování starých záloh	79

9.3.6 Cron a automaziace	79
ZÁVĚR	80
POUŽITÁ LITERATURA	81
SEZNAM PŘÍLOHY	83

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Architektura OGN (zdroj [8])	21
Obrázek 2 – Časová osa letů (zdroj vlastní)	27
Obrázek 3 – Četnost letadel (zdroj vlastní)	28
Obrázek 4: Četnosti pilotů letu (zdroj vlastní).....	29
Obrázek 5: Četnosti instruktorů/pasažérů letu (zdroj vlastní)	30
Obrázek 6: Četnosti úkolů letu (zdroj vlastní).....	31
Obrázek 7: Histogram času vzletu (zdroj vlastní)	32
Obrázek 8: Histogram času přistání (zdroj vlastní)	33
Obrázek 9: Histogram doby letů (zdroj vlastní)	34
Obrázek 10: Histogram doby kratších letů (zdroj vlastní).....	35
Obrázek 11: Výšečový graf počtu přistání (zdroj vlastní).....	35
Obrázek 12: Výšečový graf typu letu (zdroj vlastní).....	36
Obrázek 13: Architektura systému (zdroj vlastní).....	40
Obrázek 14: Tabulkové schéma databáze (zdroj vlastní)	45
Obrázek 15: Diagram aktivit scénář aktuálního letu (zdroj vlastní).....	48
Obrázek 16: Diagram aktivit scénář budoucího letu (zdroj vlastní).....	49
Obrázek 17: Diagram aktivit scénář letu v minulosti (zdroj vlastní).....	50
Obrázek 18: Diagram aktivit vyplňování formuláře nového letu (zdroj vlastní)	51
Obrázek 19: Formulář nového záznamu o letu (zdroj vlastní)	53
Obrázek 20: Seznam letišť (zdroj vlastní)	56
Obrázek 21: Zobrazení aerovleku (zdroj vlastní)	58
Obrázek 22: Nastavení výchozích hodnot (zdroj vlastní).....	61
Obrázek 23: Diagram tříd zapisovače letů (zdroj vlastní)	63
Obrázek 24: Konečný automat Manažer letu (zdroj vlastní).....	66
Obrázek 25: Indikovaná vs. GPS rychlost (zdroj vlastní)	67
Obrázek 26: Vztažný bod letiště (zdroj [22])	69
Obrázek 27: Trať letu v mapě (zdroj vlastní)	73
Obrázek 28: Validace letů (zdroj vlastní)	74
Obrázek 29: Rozdílová vs inkrementální záloha (zdroj [23]).....	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Struktura zprávy o pozici (zdroj [10]).	22
Tabulka 2 – Datový slovník (zdroj vlastní).	26
Tabulka 3 – Funkční požadavky (zdroj vlastní)	38
Tabulka 4 – Nefunkční požadavky (zdroj vlastní).....	39

SEZNAM ZKRATEK

OGN	Open Glider Network
PHP	Hypertext Preprocessor (původně Personal Home Page)
ÚCL	Ústav Civilního Letectví
LAA	Letecká amatérská asociace ČR
PIC	Pilot In Command
CSV	Comma Separated Values
ICAO	International Civil Aviation Organization
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
VPD	Vzletová a přistávací dráha
GPS	Global Positioning System
API	Application Programming Interface
REST	Representational state transfer
ODbL	Open Data Commons Open Database License
TCP	Transmission Control Protocol
APRS	Automatic Packet Reporting System
WGS84	World Geodetic System 1984
OTD	Open Topo Data
MVC	Model view controller
UTC	Coordinated Universal Time
TIFF	Tagged Image File Format
DNS	Domain Name System
ORM	Objektově Relační Mapování

ÚVOD

V dnešní době se napříč všemi obory provádí elektronizace postupů a procesů tam, kde byly dříve používané analogové metody. Obecně celé letecké odvětví zastává poměrně konzervativní postoj k modernizaci. Softwarový systém navrhovaný v této práci má sloužit jako koncepční důkaz, že proces evidence letů ve všeobecném letectví lze efektivně převést do elektronické podoby a tím nejen celý proces zjednodušit, ale i předejít řadě běžných chyb způsobených lidským faktorem.

Teoretická část nejdříve čtenáře seznamuje se základními principy a postupy v letectví, které často ovlivňují rozhodnutí pro směr vývoje aplikačního systému. Dále budou mimo jiné představeny různé technologie, které umožňují sledovat letecký provoz, což je základ pro vhodné automatizované rozpoznávání letů a zápis dat. Práce se soustředí na technologii Open glider network (OGN), která umožňuje využití leteckých dat uložených v databázové platformě.

Součástí práce je rozbor obdobných softwarových řešení, jejichž analýzou autor získá základní rámec pro praktický výstup práce, který bude řešen ve spolupráci s Aeroklubem Hronov, který poskytne data evidence letů. Autor v této práci bude tato data využívat pro provedení datové analýzy za účelem odhalení možných zkratk a zjednodušení tam, kde systém na základě stanovených předpokladů může uživateli nabízet pravděpodobné hodnoty pro vyplňování formulářů.

Při analýze, návrhu a implementaci bude nejdříve adresována problematika specifikace požadavků, návrh architektury celého systému a popis využitých technologií napříč systémem. Aplikační systém bude rozdělen do třech samostatných bodů, kde první z nich se věnuje implementaci optimalizace webové aplikace. Druhý bod bude popisovat postupy použité autorem pro návrh a implementaci nového modulu systému pro automatické rozpoznávání letu na základě dat z OGN.

Poslední část se bude věnovat problematice prevence proti ztrátě dat, kde se autor bude zabývat návrhem a implementací automatizačního skriptu pro zálohování datové vrstvy vyvíjeného systému.

1 LETECTVÍ

Let je proces, při kterém se těleso pohybuje prostorem bez přímého kontaktu s povrchem jiného tělesa. To zahrnuje vše od letu tenisového míčku přes letadla až po rakety letící na Měsíc. Letectví je odvětví, které se zabývá letem v plynném médiu a všemi aktivitami umožňující tento proces provést. Nejběžněji se tak jedná o pohyb zemskou atmosférou, která sahá od povrchu Země až po Kármánovu hranici ve výšce 100 km nad povrchem Země.[1]

1.1 Klasifikace

V letectví lze tělesa provádějící let rozdělit do dvou základních kategorií. První kategorií jsou tělesa lehčí než vzduch, které k letu využívají principu Archimédova zákona. Do této kategorie například patří horkovzdušný balón. Druhou kategorií jsou tělesa těžší než vzduch, které se dělí na další podkategorie podle principů, které využívají k letu. Nejjednodušším z těchto principů je Zákon akce a reakce. Tělesa využívající tohoto principu nazýváme rakety. Dalším principem umožňujícím let je aerodynamický vztlak. Tato kategorie je nejvíce rozšířenou a lze ji dělit na další podkategorie podle způsobu, kterým aerodynamický vztlak vzniká.[26]

Základem pro vytvoření aerodynamického vztlaku je křídlo, které může mít hned několik podob. Tato práce se zabývá pouze několika kategoriemi těchto letadel, neboť některé z těchto kategorií jsou pouze slepou uličkou ve vývoji nebo nejsou pro kontext této práce relevantní. První důležitou kategorií jsou letadla s rotujícím křídlem, mezi které patří vrtulníky a vírníky. Druhou kategorií jsou letadla s pevným křídlem, která dělíme na letouny (letadlo s pohonnou jednotkou) a bezmotorová letadla neboli kluzáky. Práce se soustředí na letouny, kluzáky a okrajově i vrtulníky.[26]

1.2 Aerodynamický vztlak

Vztlak je mechanická síla generována pevným objektem pohybujícím se tekutinou. Existuje mnoho různých vysvětlení, ale bohužel velká část z nich jsou zavádějící, nebo dokonce nesprávná. Důležitou vlastností této síly je, že aerodynamický vztlak vzniká na křídle letadla pouze pokud se pohybuje tekutým médiem.

Platí zde přímá úměrnost, a to čím vyšší je rychlost pohybu, tak tím větší je aerodynamický vztlak. Odtud vyplývá vzletová rychlost pro letadla s pevným křídlem. Při vzletové rychlosti dochází k jevu, kdy vztlaková síla je rovna gravitační síle. Ovšem k dosažení vzletu je nutné, aby vztlaková síla byla větší než gravitační.[2]

1.3 Letecký provoz

Leteckým provozem se rozumí pohyb letadel ve společném prostoru za různými účely. Takto lze letadla rozdělit do tří kategorií. První kategorií je vojenské letectví, které zahrnuje všechny letadla spadající pod armádu včetně vládních speciálů pro přepravu státních hodnostářů. Druhou kategorií je civilní letectví, nebo také obchodní letecká doprava. Zde nalezneme všechna letadla, které mají za úkol vydělávat peníze prostřednictvím přepravy lidí a nákladů všeho druhu. Třetí kategorií je všeobecné letectví, kam náleží všechny soukromý provoz a výcvikové lety nových pilotů.[24]

ÚCL je úřední orgán zodpovědný za vydávání pilotních licencí, technické prohlídky letadel a vytváření leteckých předpisů pro bezpečný provoz v České republice. Pod ÚCL spadá celé obchodní letectví a část všeobecného letectví. Výjimkou z všeobecného letectví jsou ultralehká letadla, dále jen ULL. Tato letadla spadají pod Leteckou amatérskou asociaci České republiky dále jen LAA. Jediný důležitý rozdíl mezi těmito organizacemi je, že LAA má nižší podmínky na technický stav letadel, a tím umožňuje provozovatelům snížit náklady na provoz těchto letadel a pilot není povinen vést záznamy o provedených letech.[24];[25]

1.4 Letecké školy a aerokluby

V rámci kategorie všeobecného letectví jsou k nalezení dva důležité subjekty. Letecké školy se zaměřují čistě na komerční činnost. Nabízejí možnosti výcviku a získání licencí na různé druhy letadel. Tyto školy fungují velmi podobně jako autoškoly. Aerokluby též nabízejí možnosti výcviku a získání licencí, ale jejich činnost není zaměřena na generování zisku. Uchazeč při zápisu do aeroklubu přebírá i povinnosti spojené s údržbou areálu letiště a jejich flotily letadel.[24]

Lidé v aeroklubu umožňující provádění výcviku, tak ve většině případů nedostávají finanční ohodnocení za tuto činnost. Jedná se tak spíše o spolek nadšenců do letectví. Ovšem ačkoliv se jedná o dobrovolnickou činnost, tak je stále nutné dodržovat předpisy a postupy vydané úřady LAA a ÚCL. Jednou z těchto povinností je právě evidence provedených letů. Plnění této povinnosti je časově náročné. Z tohoto důvodu jsou hlavní cílovou skupinou právě aerokluby, kterým tato aplikace výrazně sníží časovou náročnost spojenou s touto povinností.[24];[25]

1.5 Fáze letu

Každý let má několik fází, kde každá fáze se vyznačuje charakteristickými rysy z pohledu pohybu letadla v prostoru. Mezi tyto fáze patří pojíždění, vzlet, rozlet, přelet, přiblížení a přistání.[27];[28]

Pojíždění je fáze letu, kde se letadlo pohybuje výhradně po zemi v prostorách letiště. Letadlo tento pohyb může provádět svépomocí, nebo prostřednictvím jiného prostředku. Tuto fázi vyznačuje velmi nízká rychlost pohybu (obvykle do 40 km/h) a je velmi podobná pohybu běžných vozidel po pozemní komunikaci. Účelem pojíždění je přemístění letadla z místa určeného pro parkování k vyčkávacímu stanovišti v bezprostřední blízkosti VPD.[27];[28]

O vzletu mluvíme tehdy, když letadlo vstoupí na VPD z vyčkávacího stanoviště a postupnou akcelerací dosáhne vzletové rychlosti. Vzletovou rychlost ovlivňuje řada faktorů od meteorologických podmínek přes hmotnost až po konstrukci letadla. Tato rychlost se zhruba pohybuje od 40 km/h do 300 km/h. Po dosažení vzletové rychlosti dochází k odpoutání letadla od země a přechází do fáze rozletu.[27];[28]

Fáze rozletu nastává bezprostředně po provedení vzletu. Tato fáze se vyznačuje další akcelerací letadla z vzletové rychlosti na rychlost cestovní a stoupáním pro vyhnutí se bezprostředním překážkám v okolí VPD, jako například lesy, nebo kopce.[27];[28]

Přelet je fáze letu pro přemístění letadla z místa A do místa B. Během této fáze letadlo musí udržovat minimální výšku nad terénem, dále jen AGL, 150 m v nezastavěné oblasti a 300 m v zastavěné oblasti. Mimo tyto podmínky může letadlo téměř libovolně stoupat, nebo klesat podle požadavků letu.[27];[28]

V rámci fáze přiblížení dochází k zpomalování a klesání do prostoru letiště. Cílem přiblížení je srovnání letadla s VPD pro přistání. Přiblížení se prakticky provádí souběžným letem v ose VPD a po sestupové rovině nejběžněji pod úhlem 3° . V případě menších letadel tento úhel může být větší.[27];[28]

Fáze přistání začíná těsně před kontaktem letadla s VPD a je určena k zpomalení letadla na pojížděcí rychlost. Následně letadlo opouští VPD a přechází znovu do již zmíněné fáze pojíždění.[27];[28]

2 SLEDOVÁNÍ LETECKÉHO PROVOZU

Automatický zapisovač letů musí mít možnost pozorovat probíhající lety. To znamená mít schopnost identifikovat jednotlivá letadla a určit jejich polohu v třírozměrném prostoru.

2.1 Technologie sledování

V dnešní době existuje řada možností, kterými lze letecký provoz sledovat. Pro automatický zapisovač letů je důležité zvolit správnou technologii. Vzhledem k tomu, že sledování má probíhat automatizovaně, tak možnost pozorovat letadla vlastním zrakem nepřipadá v úvahu.

2.1.1 Primární radar

Nejstarší z těchto technologií je primární radar. Německý fyzik Heinrich Hertz demonstroval vlastnosti primárního radaru již v roce 1888. Tato technologie využívá rádiových vln, které jsou vysílány do sledovaného prostoru. Rádiové vlny se odráží od všech objektů, které se nachází ve sledovaném prostoru a v podobě ozvěny se vrací zpět k vysílači. Měřením zpoždění v čase lze určit vzdálenost sledovaného objektu od vysílače. V jeden časový okamžik radar vysílá pouze úzký paprsek pod konkrétním azimutem. V případě odposlechnutí ozvěny lze tedy určit azimut, pod kterým se objekt nachází, a jeho vzdálenost. Podle charakteristiky ozvěny lze odhadnout velikost sledovaného objektu. K zobrazování sledovaných objektů je ideální polární soustava souřadnic se středem ve vysílači.[3];[4]

Výhodou primárního radaru je nezávislost na vybavení letadla, a je tak možné sledovat všechny letadla včetně těch, které o to nestojí. Mezi hlavní nevýhody tohoto řešení patří slepý prostor přímo nad radarem a je tedy nutné použít více radarů, které tento slepý prostor minimalizují. Druhou velkou nevýhodou je nemožnost identifikovat letadlo a občas je složité jej rozlišit od terénu, nebo hejna ptactva.

Celkově systém primárního radaru není vhodný pro automatický zapisovač letů, protože neumožňuje určení času vzletu a přistání.

2.1.2 Sekundární radar

Jedná se o technologii, která využívá ke sledování letadel rádiových vln, podobně jako tomu je u primárního radaru. Hlavním rozdílem je nutnost specifického vybavení na palubě letadla. Toto vybavení se nazývá odpovídač a umožňuje obousměrnou komunikaci mezi radarem a odpovídačem. Sekundární radar vysílá do sledovaného prostoru požadavek na ohlášení. Poloha letadla je určena stejným způsobem jako u primárního radaru na základě zpoždění

odpovědi v čase a azimutu, kterým byl požadavek vyslán. Odpověď odpovídače obsahuje další užitečné informace podle režimu, v kterém odpovídač odpovídá. Jsou stanoveny tři režimy, které jsou zpětně kompatibilní. Jedná se o módy A, C a S.[5]

Odpovídač v režimu A odesílá čtyřmístný identifikační kód tzv. „Squawk“. Nejedná se o žádný statický identifikátor daného odpovídače, ale tento kód lze na palubě letadla měnit podle potřeby. Při vstupu letadla do řízeného prostoru je letadlu přiřazen tento identifikační kód a pilot je povinen jej na svém odpovídači nastavit. Mezi těmito kódy najdeme pár kódů, které mají specifický účel. Například kód 7500 označuje únos letadla, nebo 7600 ztrátu rádiového spojení.[6]

Mód odpovídače C odesílá identifikační kód stejně jako v módu A. Zde je navíc odesílána informace o nadmořské výšce vztažené ke standardnímu tlaku¹ 1013,25 hPa.[6]

Nejvyšším módem odpovídače je mód S, který odesílá stejné informace jako v módech A a C. Tento mód navíc umožňuje komplexní komunikaci pro přenášení dat. Mezi tyto data například náleží registrační značka letadla, nebo dokonce nastavení dalších systémů v letadle. Například pokud řídicí letového provozu přiřadí letadlu výšku, ve které má letět, tak díky odpovídači lze zpětně kontrolovat, zdali pilot tuto výšku správně nastavil do systému autopilota.[6]

Tuto technologii sledování letového provozu lze použít jako zdroj dat pro automatický zapisovač letů, protože odesílá dostatek dat pro určení časů vzletu a přistání. Hlavní nevýhodou je pokrytí letového provozu. Odpovídač je velmi drahý přístroj (řádově desítky tisíc korun českých) a předpis neudává obecnou povinnost tento přístroj do letadla instalovat. Celkově je tato technologie nevhodná pro automatický zapisovač letů kvůli špatnému pokrytí.

2.1.3 Open glider network

Open glider network je databázová platforma, která je spravována leteckými nadšenci. Tato platforma je dostupná pod licenci Open Data Commons Open Database License OdbL, která umožňuje volné využívání a šíření dat z této platformy za podmínky umožnění přístupu uživatelům k těmto datům pod stejnou licenci.[7]

OGN je alternativní technologie sekundárního radaru. Hlavní výhodou této technologie je široká dostupnost, která umožňuje lepší pokrytí než sekundární radar. Ačkoliv tato technologie není certifikována úřady, tak je široce využívána například pro pátrání a záchranu (Search and

¹ Je celosvětově dohodnutý tlak, který zajišťuje správné rozestupy mezi letadly.

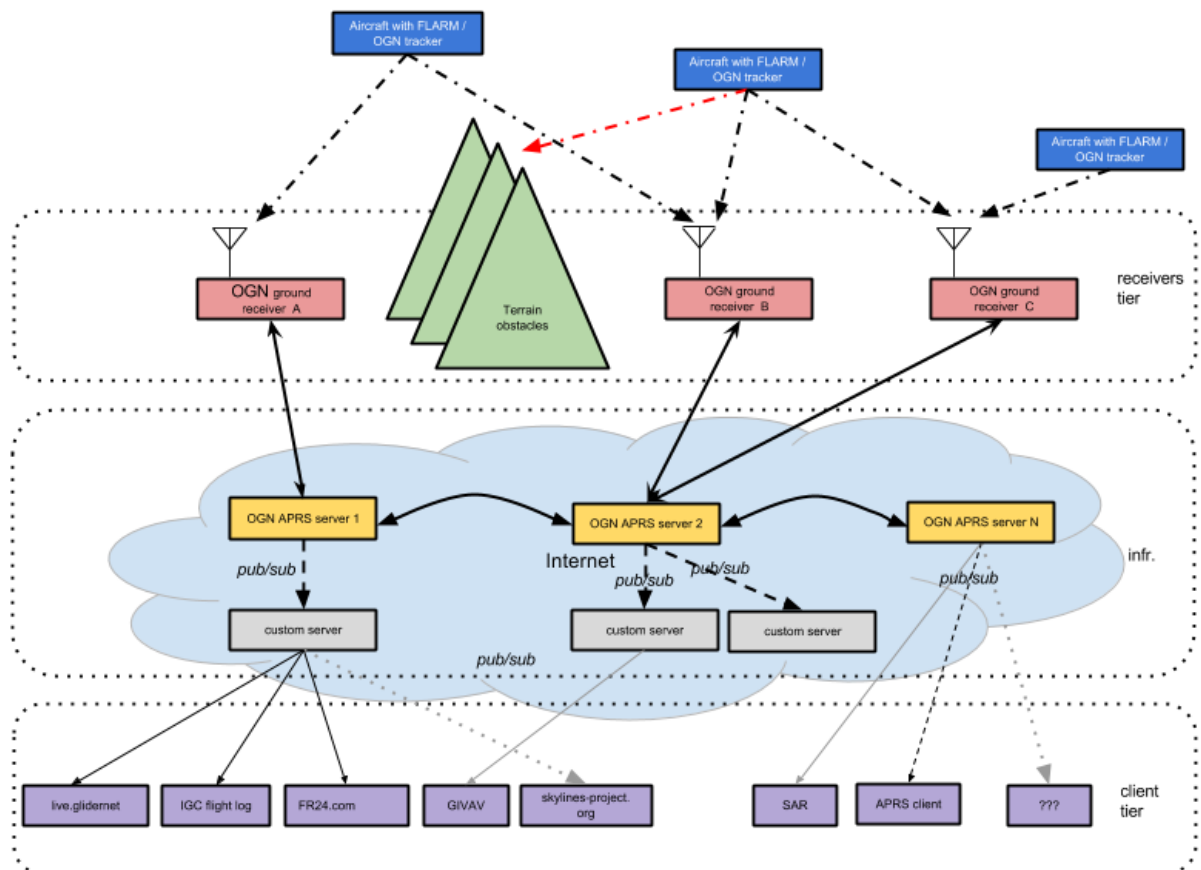
Rescue). Nalezneme ji i ve službách řídicích letového provozu, kteří ji využívají k získání většího situačního povědomí v situacích, kde to sekundární radar neumožňuje.

Architektura platformy OGN je znázorněna na Obrázek 1. Zdrojem dat jsou zařízení instalována přímo na palubě sledovaných letadel. Mezi tyto zařízení náleží OGN tracker a flarm. OGN tracker využívá jednodeskových počítačů jako například Raspberry Pi, které používají GPS modul k získávání polohy, GPS výšky, vertikálního stoupání/klesání a letového kurzu. Na druhou stranu flarm vznikl primárně jako systém detekce a předcházení kolizím. Hlavním rozdílem mezi OGN tracker a flarmem je, že flarm zároveň přijímá data z dalších zařízení a umožňuje, tak přeposílání dat jiných zařízení v případě, kdy jsou například zastíněny terénní překážkou.[7]

V následující vrstvě jsou data zpracována pozemními přijímači, které jsou realizovány stejně jako trackery pomocí jednodeskových počítačů. Hlavním úkolem této vrstvy je zpracování přijímaných dat a jejich odeslání na některý ze čtyř OGN serverů prostřednictvím TCP spojení.[7]

Vrstva infrastruktury je aktuálně složena ze čtyř serverů, které si navzájem vyměňují všechny přijaté zprávy tak, aby byly všechny dostupné a aktuální na každém ze serverů. Tato zprávy jsou na serverech uchovávány pouze po dobu několika sekund v operační paměti. Jinými slovy lze říct, že tyto servery fungují jako vyrovnávací paměť, která zamezuje vzniku duplicitních zpráv.[7]

Poslední vrstvou jsou klientské aplikace, které zaznamenaná data interpretují dle svého účelu. Zde je uplatněn model klient-server, kde klient zašle požadavek na odběr dat konkrétních vysílačů (letadel) pomocí filtru. Tímto se otevírá obousměrné spojení mezi klientem a serverem. Klient v pravidelných intervalech odesílá svůj „maják“ pro udržení otevřeného spojení. Na druhé straně server tímto spojením zasílá jednotlivé zprávy s daty podle protokolu APRS. Mezi tyto klientské aplikace právě spadá automatický zapisovač letů, který je součástí této práce.



Obrázek 1: Architektura OGN (zdroj [8])

2.2 Protokol APRS

Tento systém tvoří páteční infrastrukturu databázového systému OGN. Koncept tohoto systému vznikl již v 80. letech 20. století a byl navržen pro rychlou a spolehlivou výměnu informací v reálném čase mezi lokálními zařízeními. Součástí tohoto systému vznikl standard formátu přenosu dat týkající se pozice zařízení, statusu a zprávy.[11]

Komunikace zařízení v systému je převážně založena na všesměrovém vysílání. Tyto zprávy lze vykreslovat do mapy a může se tak jednat o statické objekty jako jsou meteorologické stanice, nebo pohybující se vozidla. Nejedná se pouze o přenos informace o poloze, ale přenáší se další informace specifické pro dané zařízení. Přenos pomocí rádiových vln, kterých tento systém využívá, je limitován vysílací vzdáleností. Pro přenos informací po celém světě je možné data z lokálních sítí převést a přeposlat prostřednictvím internetové sítě.[11]

Použití protokolu APRS pro získávání dat ze systému OGN je zajištěno vytvořením TCP spojením na `aprs.glidernet.org:14580`. Pod tímto záznamem DNS se nachází všechny servery OGN z vrstvy infrastruktury, a tudíž pokaždé je možné získat připojení k jinému z těchto serverů. Po úspěšném navázání TCP spojení je nutné zaslat zprávu pro přihlášení, která

obsahuje zvolený název zařízení, vygenerované heslo pro komunikaci, verzi aplikace a v závěru textový řetězec filtru pro možnost zasílaná data omezit například na zařízení v určité vzdálenosti.[9]

Základní textovou zprávu, kterou zařízení do sítě vysílají jsou reporty o pozici. Tyto zprávy se skládají z následujících polí, které jsou uvedeny v Tabulka 1.

Tabulka 1: Struktura zprávy o pozici (zdroj [10])

Popis pole	Příklad ze zprávy
Název APRS	OGN123456>
Název vysílače	OGNAPP
Čas záznamu zprávy (12:34:56 UTC)	/123456h
Souřadnice (51°23.45'N, 1°23.45'E)	5123.45N/00123.45E
Azímут na zemi	'180/
Rychlost vůči zemi v uzlech	025/
Nadmořská výška ve stopách	A=001000
Oddělovač standardní zprávy od komentáře	!W66!
Id vysílače	id07123456
Vertikální rychlost ve stopách za minutu	+100fpm
Úhlová rychlost otáčení (180°/min.)	+1.0rot
Letová hladina (FL 11 = 1100 stop)	FL011.00
Přesnost GPS (4m horizontálně, 5m vertikálně)	gps4x5

2.3 Geolokace

Systém APRS, a tudíž i systém OGN využívají k určování polohy systému GPS. Na palubě každého letadla v modulu OGN vysílače se nachází GPS modul, který zprostředkovává informaci o poloze daného letadla.

Jedná se o skupinu umělých družic na oběžné dráze Země, kde každá z družic má na palubě atomové hodiny pro udržování přesného času. Tento čas družice neustále vysílají a umožňují pozemnímu přijímači porovnávat časové známky přijaté z minimálně čtyř družic. Aplikováním triangulace na přijaté časové známky lze vypočítat polohu přijímače.

Vypočítaná poloha je nejčastěji interpretována souřadnicovým systémem WGS84. Samotná poloha je uváděna ve stupních zeměpisné šířky a délky vzhledem k referenčnímu elipsoidu, který aproximuje tvar Země podle gravitační síly. Zeměpisná šířka udává polohu severně, nebo jižně od rovníku. Na druhou stranu zeměpisná délka udává polohu východně, nebo západně od nultého poledníku, který je také nazýván Greenwichský poledník.[12]

Ze systému GPS lze získávat i údaje o výšce, které jsou vztahované k povrchu referenčního elipsoidu. V praxi se častěji uvádí výška nad průměrnou hladinou moře, nebo výška nad terénem. Referenční elipsoid však bohužel má v mnoha místech velkou odchylku od průměrné

hladiny moře. To často způsobuje velkou nepřesnost při určování výšky nad průměrnou výškou hladiny moře z dat získaných ze systému GPS. V mnoha aplikacích včetně automatického zapisovače letů je možné akceptovat, že GPS výška je totožná s výškou nad střední hladinou moře, ale to pouze za předpokladu, kde není vyžadována vysoká přesnost určování této výšky. Určení výšky nad terénem pak spočívá v určení výšky terénu nad průměrnou hladinou moře v daném místě a stejně tak lze tuto výšku určit i pro sledovaný objekt. V případě určení těchto dvou hodnot a jejich vzájemným odečtením získáme danou výšku objektu nad terénem.[13]

3 STÁVAJÍCÍ A KONKURENČNÍ SYSTÉM

Navržení kvalitního systému není založeno pouze na komplexní analýze požadavků, ale je zapotřebí zhodnotit konkurenční systémy, které plní stejnou, nebo podobnou funkci. Cílem analýzy konkurenčního systému je identifikace klíčových vlastností, které jsou pro systém důležité. Zároveň je zapotřebí identifikovat nedostatky, které je možné novým řešením odstranit.

3.1 Vereinsflieger

Vereinsflieger představuje komplexní modulární systém, který zapouzdřuje velké množství funkcí potřebné pro správu aeroklubu. Mezi tyto moduly patří správa členů, letadel, účetnictví, údržba, ale také správa palivové stanice, studijní moduly pro piloty a v neposlední řadě modul pro záznam provedených letů. Funkčnost tohoto systému dále doplňuje mobilní aplikace Flugerfassung, která umožňuje jednotlivým členům aeroklubu zaznamenávat své lety přímo do systému. Pomocí GPS modulu aplikace umožňuje automaticky rozpoznat časy vzletu a přistání. V rámci vytváření záznamu letu systém provádí kontroly validity. Lety jednoho letadla a stejně tak pilota se nesmí vzájemně překrývat. Dále se kontroluje, jestli v období provedení letu má letadlo i pilot všechny potřebné licence platné.[14]

3.2 Flight Office

Zásadní nevýhodou systému Vereinsflieger je jeho nedostupnost pro aerokluby v České republice. To je způsobeno úzkou vazbou systému na předpisy a zákony v příslušné zemi. Tento problém řeší systém Flight Office, který nabízí podobné funkce s adaptací pro aerokluby v České republice. Jedná se o offline systém, který je svázán nativní aplikací s jedním fyzickým zařízením. Část výsledných dat lze publikovat na webovou službu, kde mají jednotliví členové přístup k datům spojené s jejich osobou. Mezi tato data patří stav konta, provedené lety a evidované kvalifikace. Tento přístup tak znemožňuje členům aeroklubu jakkoliv interaktivně pracovat se systémem, nebo zapisovat nové záznamy o letu.[15]

3.3 Navrhovaný systém

Cílem navrhovaného systému je doplnění funkcností systému Flight Office o funkce umožňující členům aeroklubu vytvářet záznamy o letu přímo do systému po vzoru mobilní aplikace Flugerfassung. Mobilní zařízení umožňuje využití modulu GPS pro částečnému předvyplnění záznamu o letu. Použitím tohoto přístupu je nutné mít zapisující zařízení fyzicky

na palubě letadla. Ačkoliv se jedná o vhodné řešení pro situace, kde sám pilot zapisuje vlastní let, tak v případě zapisování letů časoměříčem nelze této funkce využít. Za účelem odstranění tohoto nedostatku tak navrhovaný systém využívá externí služby OGN, která umožňuje nejen doplňovat data jednoho letu, ale zároveň vytvářet souvislosti mezi více lety. Potenciální slabinou tohoto přístupu je nutný přístup k externí službě, a tudíž přístup k internetovému připojení. Tento nedostatek by měl mít velmi malý dopad, protože v dnešní době již máme velmi široké pokrytí mobilní sítí, která tento přístup umožňuje téměř odkudkoliv a kýmkoliv.

Navrhovaný systém se tedy zaměřuje na doplnění systému Flight Office o funkce umožňující zápis záznamů o letech libovolným autorizovaným členem aeroklubu odkudkoliv. Konkurenční systém Vereinsflieger k těmto účelům využívá mobilní aplikace, která dále umožňuje použití i za podmínek dočasné ztráty připojení k internetu. Tuto vlastnost navrhovaný systém nemá, ale lze ho o takovouto funkci rozšířit pomocí technologií progresivních webových aplikací.

4 ANALÝZA DAT

Cílem analýzy dat je porozumění datům, které má aplikační systém zpracovávat. Je důležité určit co jednotlivá data znázorňují, a především zjistit vzájemné závislosti mezi daty.

4.1 Převzetí dat

Data byla převzata od aeroklubu Hronov provozující letiště, které pronajímá letadla a nabízí výcviky na kluzáky, motorové kluzáky a ultralehká letadla. Jedná se o dva datové soubory, které data dělí do dvou základních kategorií. První kategorií je plachtařská kniha, která obsahuje 13 710 záznamů o provedených letech. Druhou kategorií je motorová kniha, která obsahuje 13 041 záznamů. Cílovou skupinou vyvíjené aplikace jsou všechny aerokluby v ČR, které mohou provádět stejnou, nebo podobnou činnost. Ovšem charakteristiky dat vyplývající z těchto činností mohou být odlišné v jednotlivých aeroklubech. Je tedy nutné brát v úvahu, že analyzovaná data pochází pouze z jednoho aeroklubu a nelze je brát jako jediné možné řešení pro všechny aerokluby v ČR.

4.2 Datový slovník

Tato kapitola popisuje dílčí atributy pro pochopení jejich významu. Vzhledem k tomu, že oba datové soubory obsahují stejné atributy, tak lze jejich datové slovníky sjednotit.

Tabulka 2 – Datový slovník (zdroj vlastní).

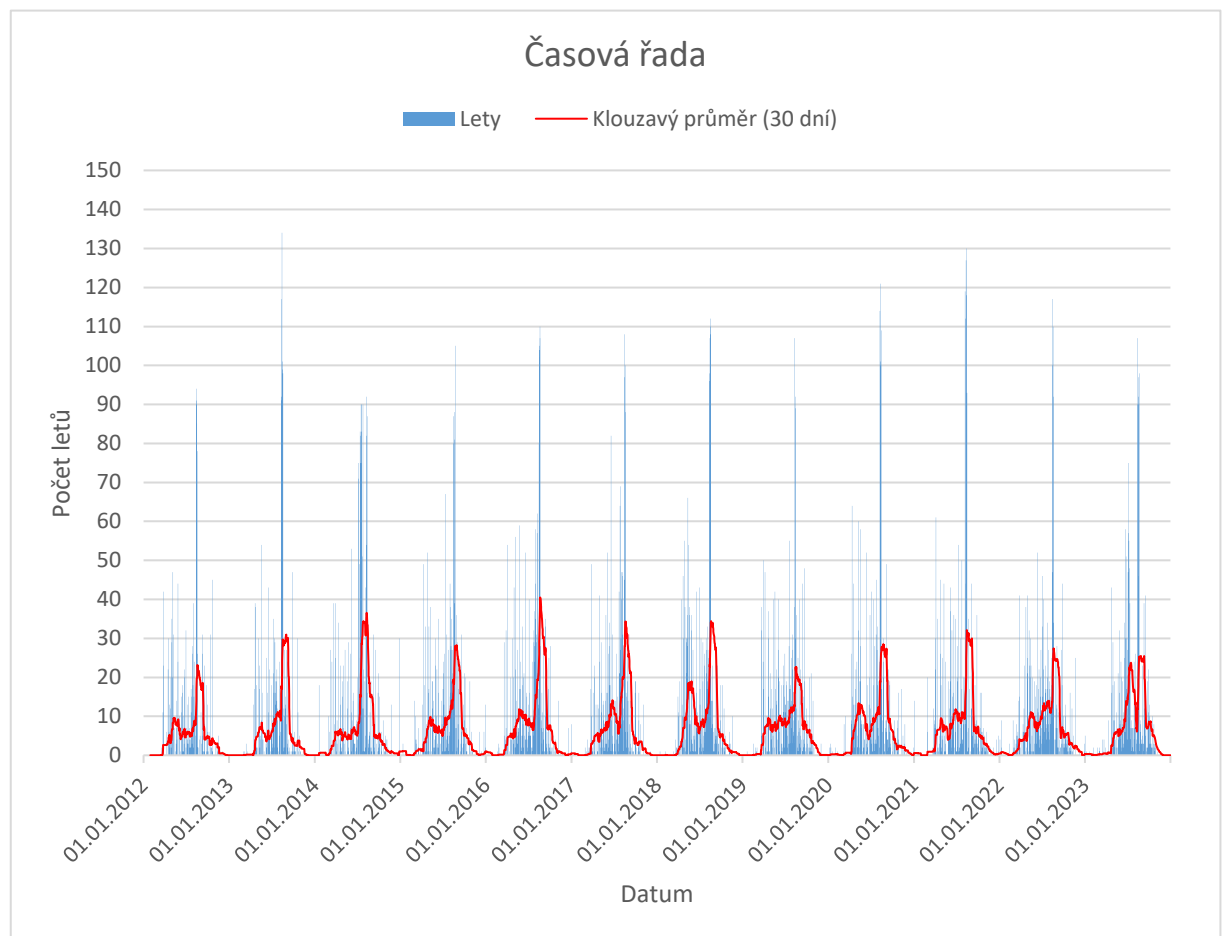
Datový slovník				
Název atributu	Význam	Typ	Rozsah	
			Plachtařská	Motorová
Datum	Datum dne provedení letu.	Datum	18. 3. 2012 – 29. 10. 2023	24. 3. 2012 – 4. 11. 2023
Imatrikulace	Registrační značka letadla.	Kategorický	94 – kategorií	41 – kategorií
1. člen	Osoba sedící na 1. sedačce letadla. Jedná se o hlavní pilotní sedačku.	Kategorický	300 – kategorií	71 – kategorií
2. člen	Osoba sedící na 2. sedačce letadla. Jedná se o sedačku pro pasažéra/instruktora.	Kategorický	71 – kategorií	21 – kategorií
Úkol	Cíl/účel prováděného letu.	Kategorický	122 – kategorií	52 – kategorií
Čas vzletu	Čas vzletu letadla v daném dni.	Čas	00:00 – 23:56	00:09 – 23:30
Čas přistání	Čas přistání letadla v daném dni.	Čas	00:00 – 21:51	00:18 – 23:51
Čas letu	Časová doba letu včetně pojiždění.	Spojité	00:01 – 60:00	00:02 – 5:03
Přistání	Počet přistání během letu	Spojité	0 – 30	0 – 23
Typ letu	Kategorizace letu pro účetnictví.	Kategorický	4 – kategorie	3 – kategorie
Místo vzletu	Název plochy, kde byl proveden vzlet.	Kategorický	35 – kategorií	93 – kategorií
Místo přistání	Název plochy, kde bylo provedeno přistání.	Kategorický	38 – kategorií	92 – kategorií

4.3 Popis dat

V této části budou ukázány základní charakteristiky jednotlivých atributů datového souboru. Důležité je odhalit znaky, které mohou poukázat na způsoby, kterými uživatel bude vkládat data do aplikace. Pokud není uvedeno jinak, tak se jedná o sjednocení plachtařského a motorového datového souboru.

4.3.1 Datum provedení letu

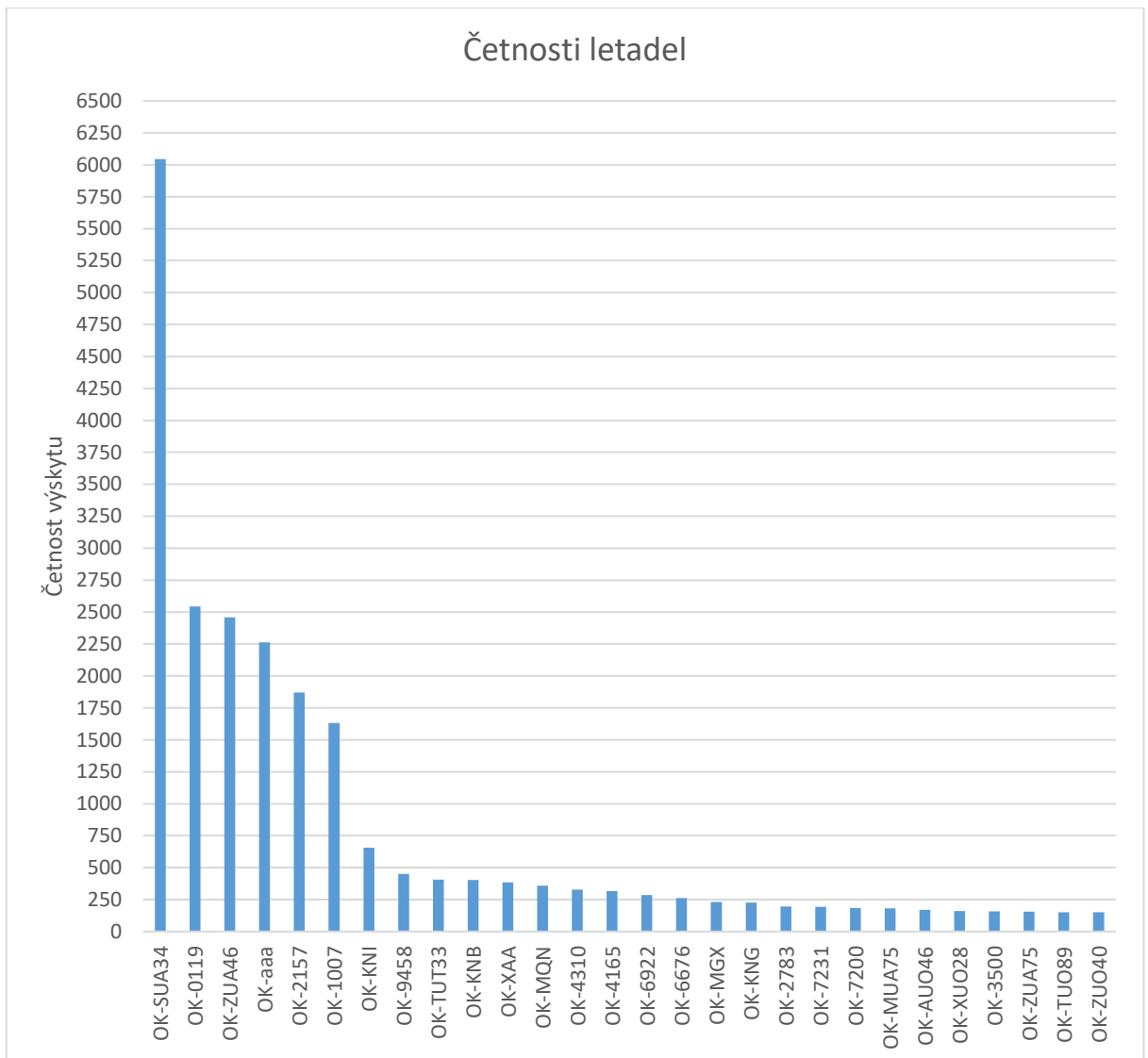
První z atributů je datum provedení letu. Vzhledem k tomu, že létání v aeroklubech je sezónní činnost, tak lze očekávat výskyt periodicity v počtu letů v průběhu kalendářního roku. Na Obrázek 2 je vidět časová osa počtu letů v jednotlivých dnech sledovaného období od roku 2012 do roku 2023. Z tohoto grafu lze tedy vyčíst, že většina letů se provádí v jarních a letních měsících, kdy dochází k jejich maximu. Naopak v podzimních a zimních měsících se provádí minimální množství letů, nebo dokonce žádné.



Obrázek 2 – Časová osa letů (zdroj vlastní).

4.3.2 Imatrikulace

Jinými slovy registrační značka letadla určuje, které letadlo provedlo let v rámci záznamu o letu. Na Obrázek 3 jsou zobrazeny četnosti výskytu registračních značek neboli letadel v jednotlivých záznamech o letu. Ve sledovaném období je zapsáno 134 unikátních letadel, kde všechna letadla s četností výskytu menší než 150 byla odstraněna z grafu. Jedná se o 106 vyjmutých letadel, které dohromady figurují v 3 921 záznamech o letu.



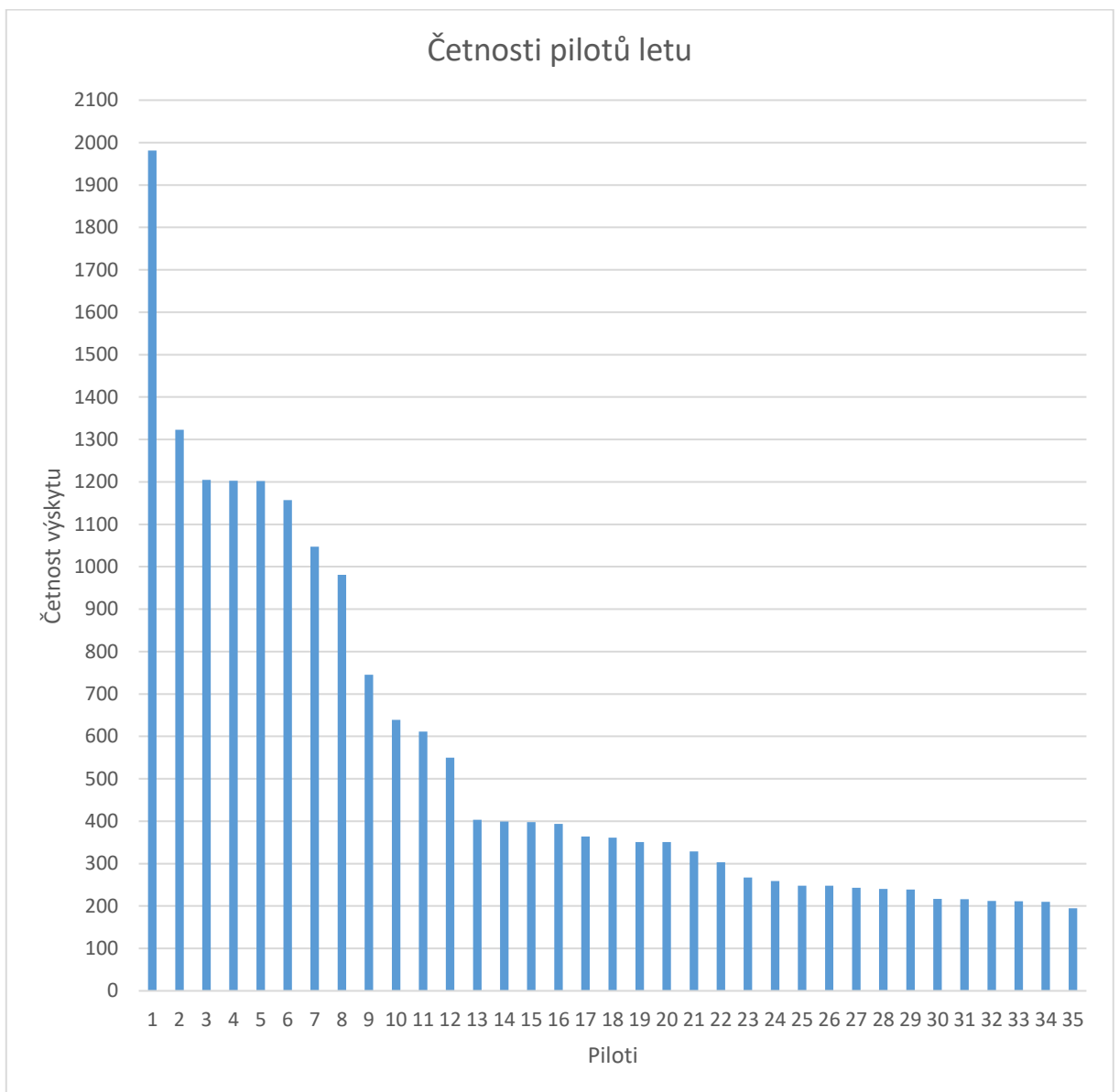
Obrázek 3 – Četnost letadel (zdroj vlastní).

Ze zobrazených četností lze jednoduše vyčíst, že prvních 6 letadel má výrazně vyšší četnost výskytu a zároveň letadlo OK-SUA34 má se svojí četností 6 044 záznamů suverénně nejvyšší zastoupení v sledovaném období. Lze tedy předpokládat, že je pravidelně používáno pouze 6 letadel, která tvoří pouze 4,5 % seznamu.

4.3.3 První člen posádky

Jedná se o osobu, která sedí na hlavní pilotní sedačce letadla. Na Obrázek 4 lze vidět četnosti výskytu pilotů. Z důvodů anonymity jsou jména pilotů nahrazena na ose x čísly. Zde pro přehlednost z celkových 323 pilotů bylo odstraněno 288 pilotů, kteří celkově vystupovali v 7 449 záznamech o letu. Tito piloti jsou průměrně zapsáni pouze u 25,9 záznamech letů.

Tento graf se velmi podobá grafu četností letadel z předchozí kapitoly. Zde si lze povšimnout, že prvních 8 pilotů se v záznamech o letu vyskytují častěji a jediný pilot s největším zastoupením má výrazně vyšší četnost výskytu než kterýkoliv jiný pilot.

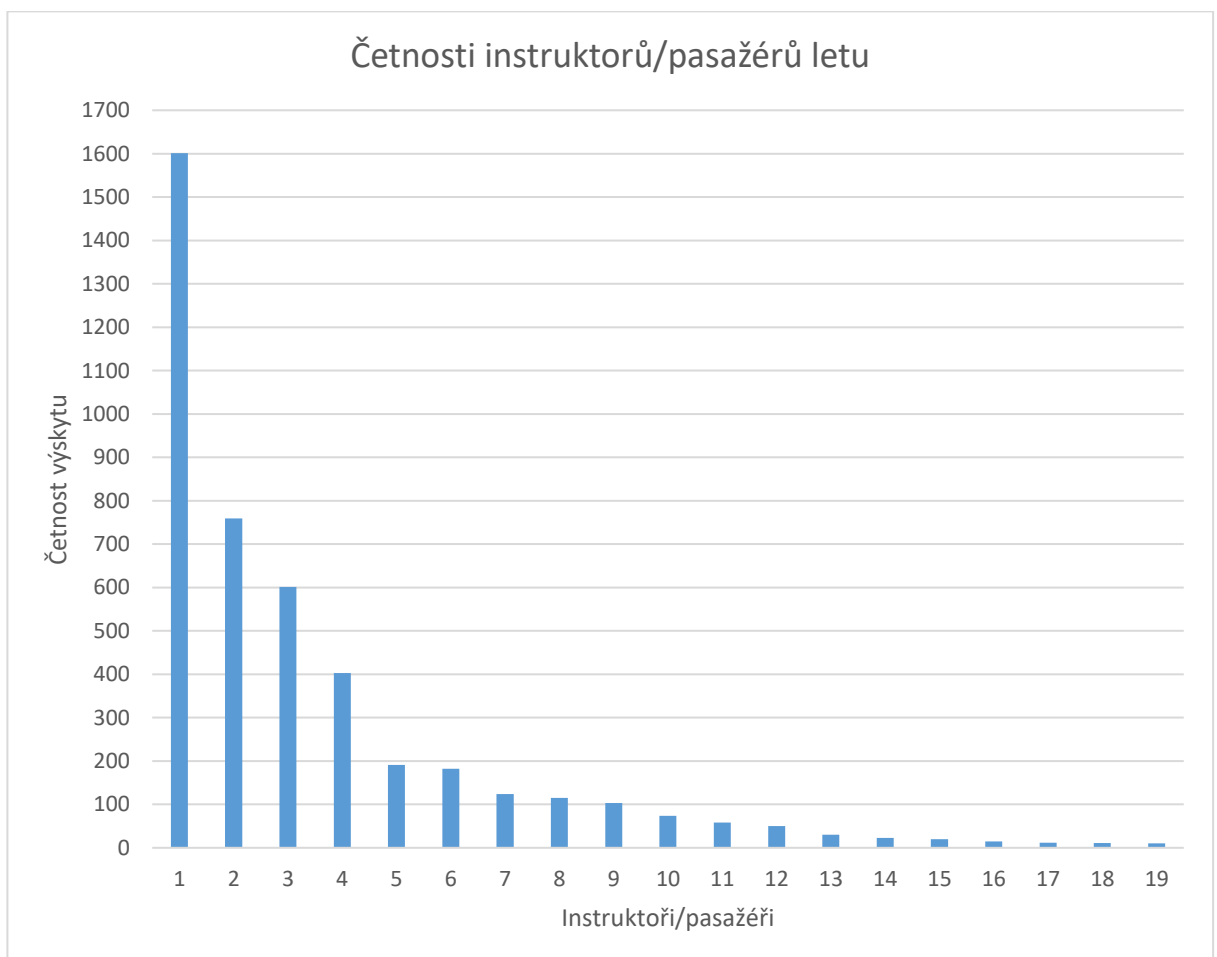


Obrázek 4: Četnosti pilotů letu (zdroj vlastní)

4.3.4 Druhý člen posádky

Stejně jako sloupec prvního člena posádky jde o jméno osoby, která sedí na palubě letadla. Osoba sedící na druhé sedačce může být evidována ze dvou důvodů. Buď je to osoba zastupující roli instruktora ve výcvikovém letu, nebo se jedná o pasažéra, který se podílí na nákladech za let. Druhý člen posádky není pro provedení letu nezbytný, neboť pilot může provádět let samostatně. V 83 % záznamů o letu není veden žádný instruktor nebo pasažér.

Na Obrázek 5 jsou zobrazeny četnosti výskytu osob v záznamech o letu, kde vystupují v roli instruktora nebo pasažéra. Zde opět bylo nutné pro přehlednost grafu odstranit 63 osob, které dohromady figurovali v 171 záznamech o letech. Je tedy zřejmé, že při průměrné četnosti výskytu 2,7 za sledované období 12 let se jedná o výjimky. Taktéž si lze všimnout, že první 4 osoby mají výrazně vyšší četnost výskytu, protože se jedná právě o instruktory, kteří pravidelně provádí výcvikové lety s žáky.



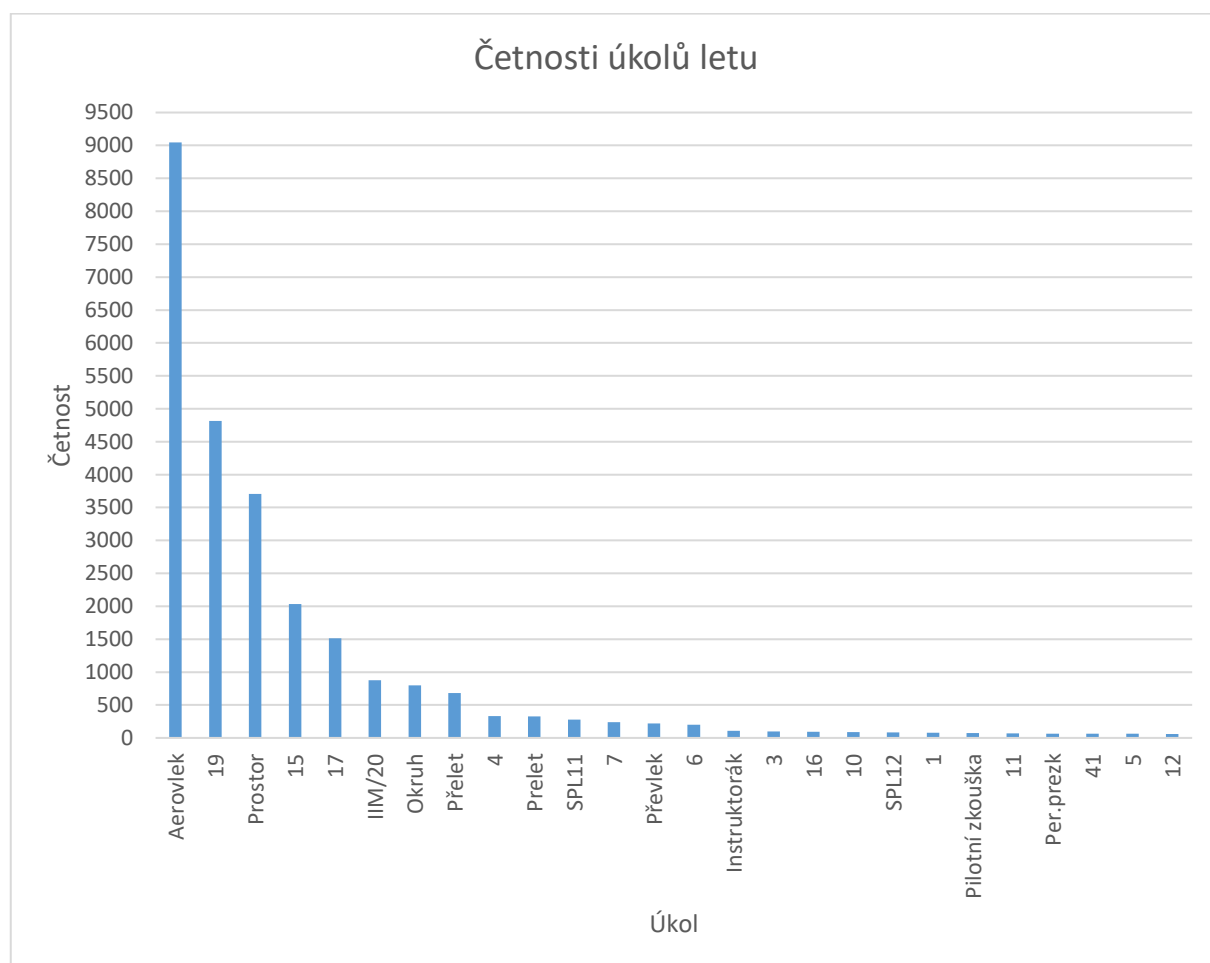
Obrázek 5: Četnosti instruktorů/pasažérů letu (zdroj vlastní)

4.3.5 Úkol

Sloupec specifikující úkol letu je určen pro kategorizaci letu, a to především jako informace pro piloty samotné. Nalezneme zde například označení výcvikových úloh, nebo popis činnosti pilota.

Na Obrázek 6 jsou vidět četnosti úkolů letu, kde muselo být z výběru odstraněno 112 úkolů, které byly dohromady použity pouze u 733 záznamů o letu. Mimo tradiční využití velmi malého procenta ze všech úkolů si lze povšimnout i relativně chaotických názvů jednotlivých úkolů. Často se jedná o kódové označení, kdy po konzultaci se zastupitelem aeroklubu byl zjištěn význam těchto položek. Jedná se o přežitek staršího standardu pro popis úkolů, které dodnes přetrvávají kvůli srozumitelnosti pro starší členy aeroklubu, kteří jsou na tato označení zvyklí.

Na základě těchto dat lze určit doporučení pro implementaci tohoto číselníku tak, aby bylo možné k jednotlivým úkolům možné přidat i dodatečný vysvětlující text. Úkol Aerovlek, který je veden u 33,81 % záznamů o letu je určen pro označení letu vlečného letadla.

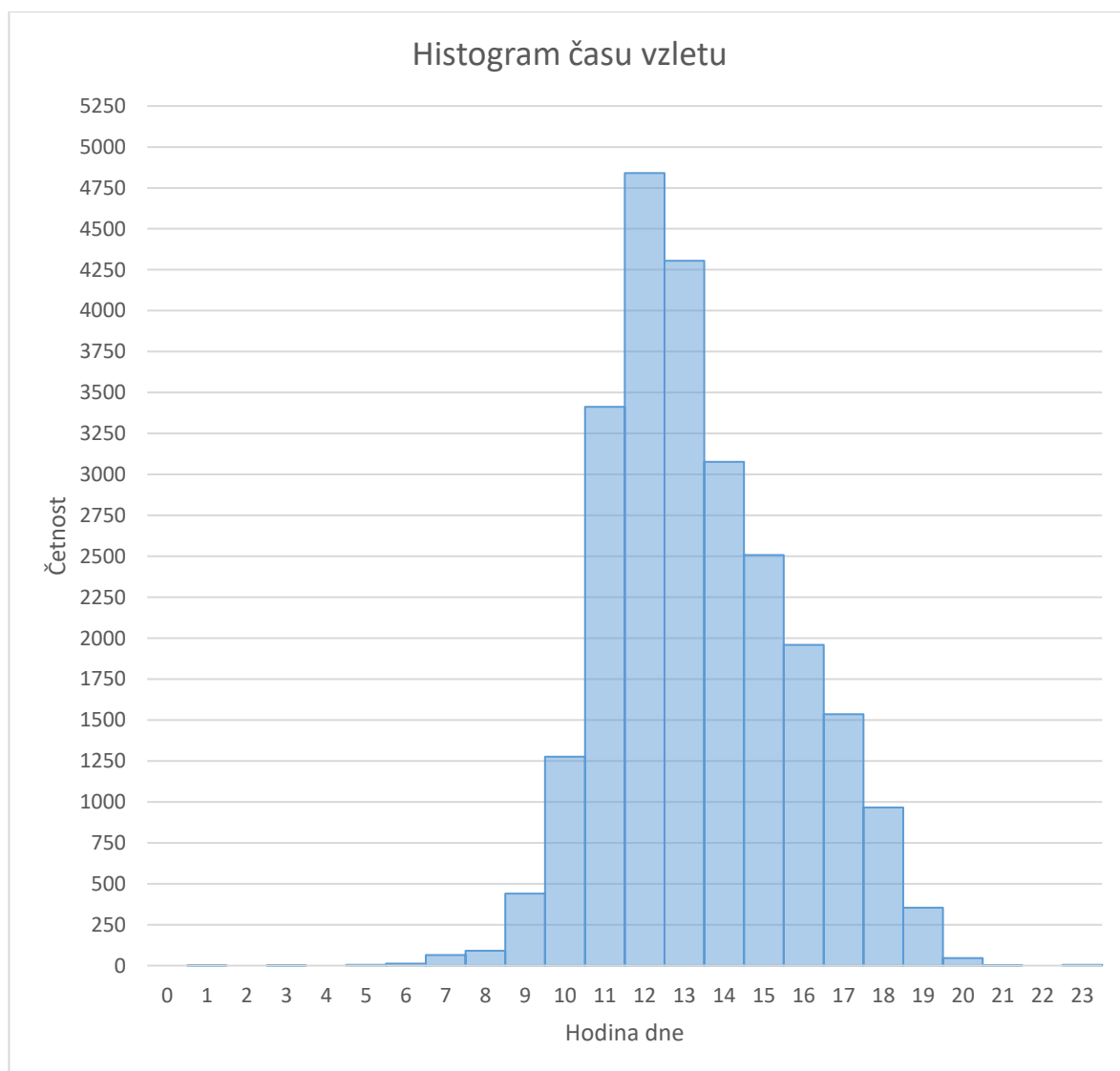


Obrázek 6: Četnosti úkolů letu (zdroj vlastní)

4.3.6 Čas vzletu

Čas vzletu představuje označení času, kdy letadlo provede vzlet a započne let. Bohužel u 6,7% záznamů o letu tento údaj chybí a vzhledem k tomu, že se jedná o důležitý údaj nutný k chronologickému řazení záznamů o letu, tak nelze provést analýzu na základě chronologické posloupnosti.

Vzhledem k situaci, kde studovaný aeroklub provádí činnost na letišti, které není způsobilé k provádění letů v noci, lze předpokládat, že zaznamenané časy se budou pohybovat během denních hodin. Histogram na Obrázek 7 tuto skutečnost potvrzuje. Až na výjimky se časy vzletu pohybují od šesté hodiny ranní až do deváté hodiny večerní. Dále lze určit, že v odpoledních hodinách se provádí více vzletů nežli dopoledne, neboť průměrný čas vzletu je v 13:49 a medián odpovídá času 13:28.

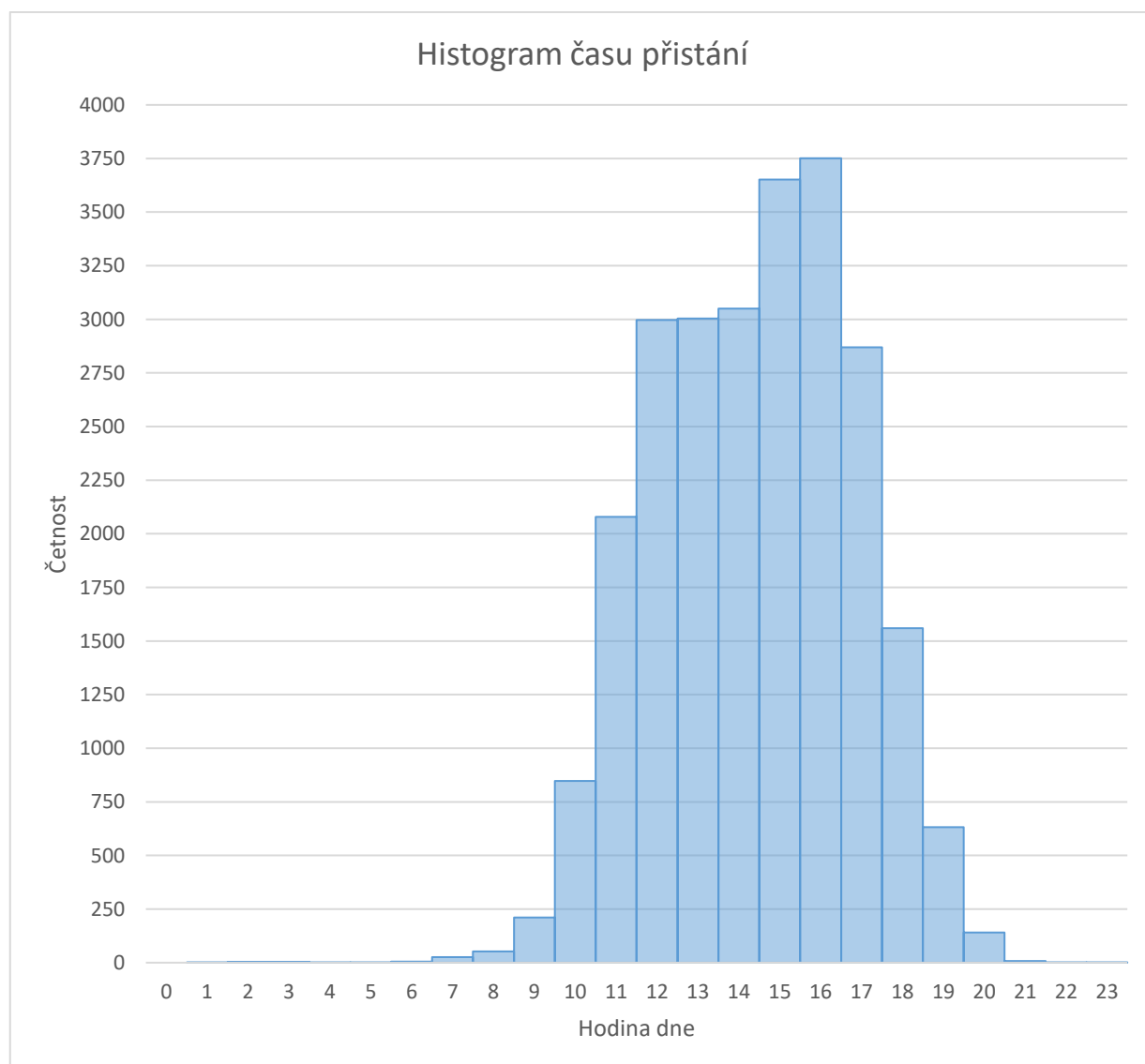


Obrázek 7: Histogram času vzletu (zdroj vlastní)

4.3.7 Čas přistání

Obdobně jako čas vzletu, tak i čas přistání označuje čas, kdy letadlo provede poslední z přistání a ukončí daný let, respektive záznam o letu. Zde též 6,7 % záznamů o letu neobsahuje čas přistání a dochází zde ke stejnému problému jako u času vzletu.

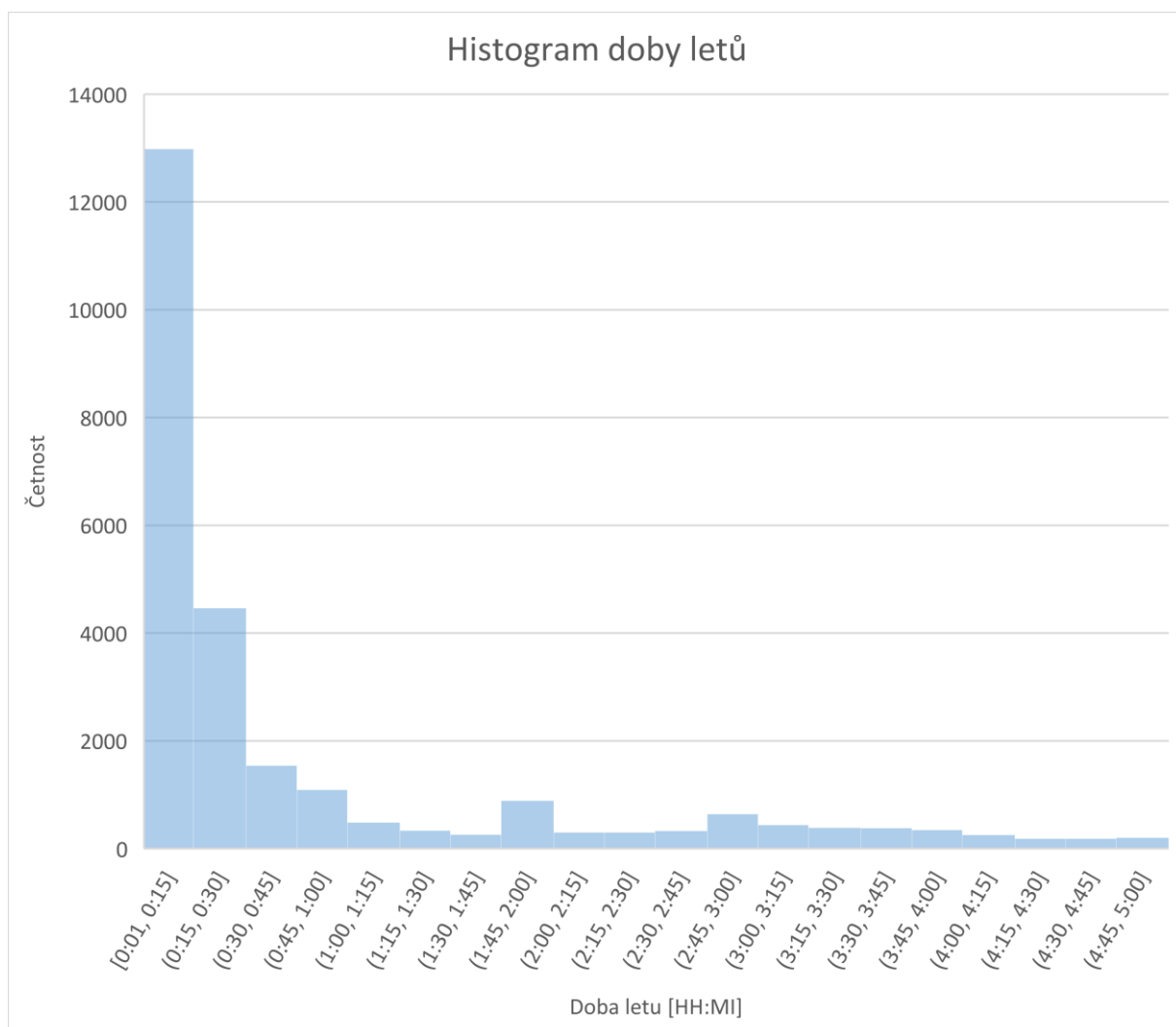
U časů přistání očekáváme podobný průběh jako u času vzletu, ale s určitým posunem do pozdějších hodin dne. Na Obrázek 8 je již na první pohled viditelný zmiňovaný posun, ačkoli přistání probíhají ve velmi podobném rozsahu od sedmé hodiny ranní do deváté hodiny večerní. Samotný posun je lépe čitelný z průměrného času přistání 14:52, který nastává o jednu hodinu a tři minuty později než průměrný čas vzletu. Obdobně tomu je u mediánu, který s hodnotou 15:02 nastává o jednu hodinu a třicet čtyři minut později.



Obrázek 8: Histogram času přistání (zdroj vlastní)

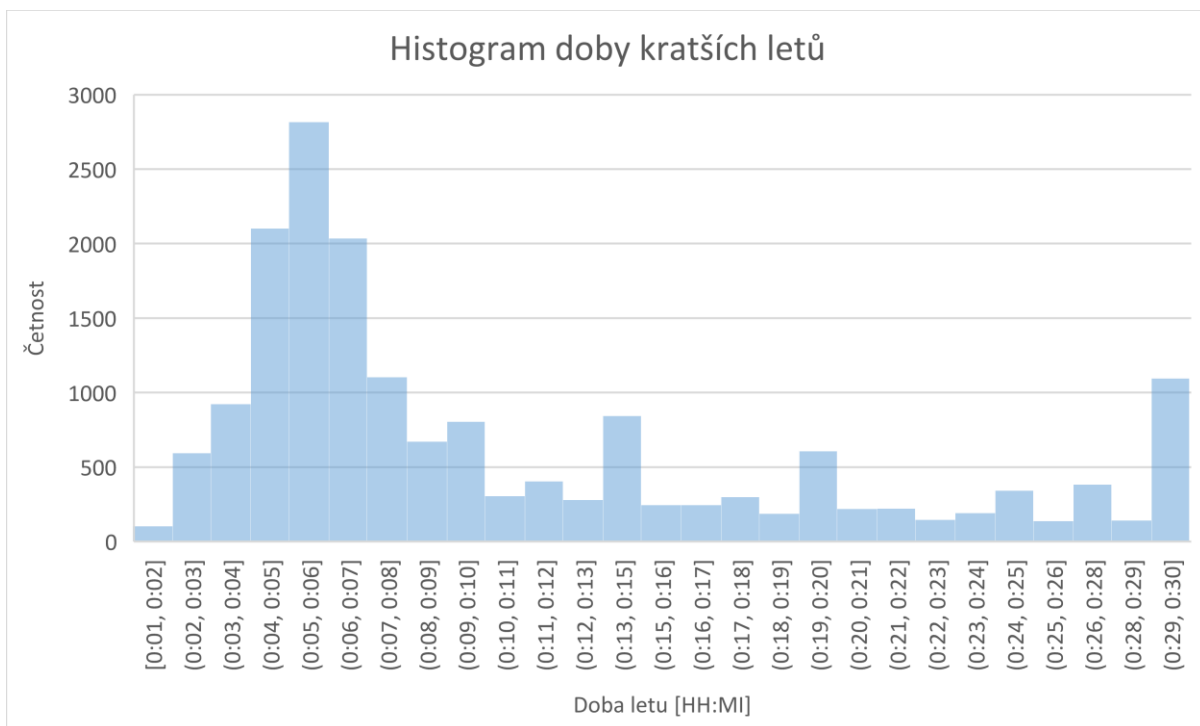
4.3.8 Čas letu

Čas letu lze také nazývat dobou letu, která reprezentuje časové období, ve kterém letadlo letělo. Na Obrázek 9 je znázorněn histogram, kde bylo ze zobrazení odstraněno 737 záznamů o letu, jež byly delší než pět hodin. Odstraněné data tvořila 2,7 % datového souboru a mají tak malý statistický význam. Ze zobrazených dat si lze všimnout, že 65,2 % letů provedlo kratší let než třicet minut.



Obrázek 9: Histogram doby letů (zdroj vlastní)

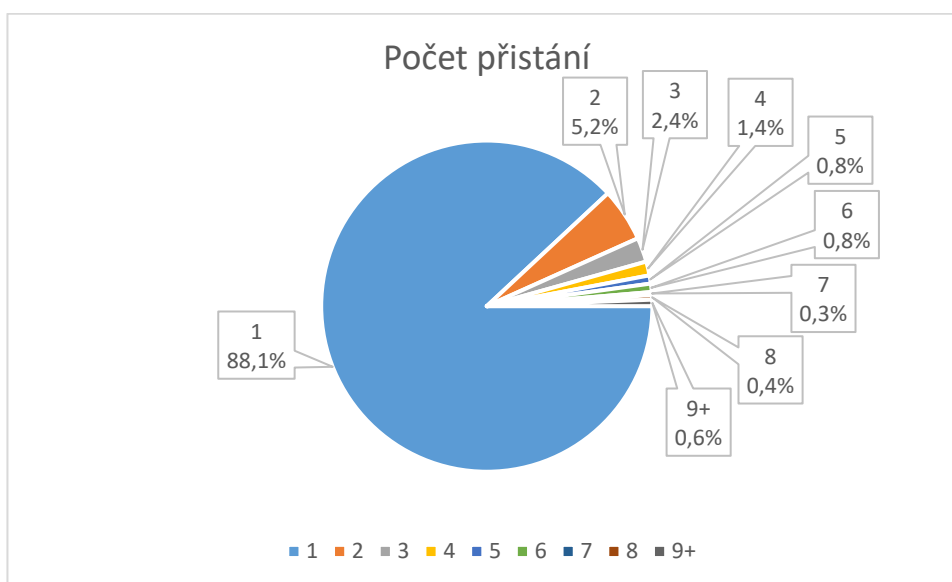
Pro získání lepšího pohledu na data je vhodné provést podrobnější náhled na záznamy o letu. Na Obrázek 10 je zobrazen histogram letů, které měly kratší dobu letu než zmíněných třicet minut. Výskyt časů 15, 20 a 30 minut jsou neočekávaně vyšší než jejich blízké okolí. To je pravděpodobně způsobeno zaokrouhlováním zapisovaných dat. Dále je možné vidět modus, který odpovídá šesti minutám doby letu.



Obrázek 10: Histogram doby kratších letů (zdroj vlastní)

4.3.9 Počet přistání

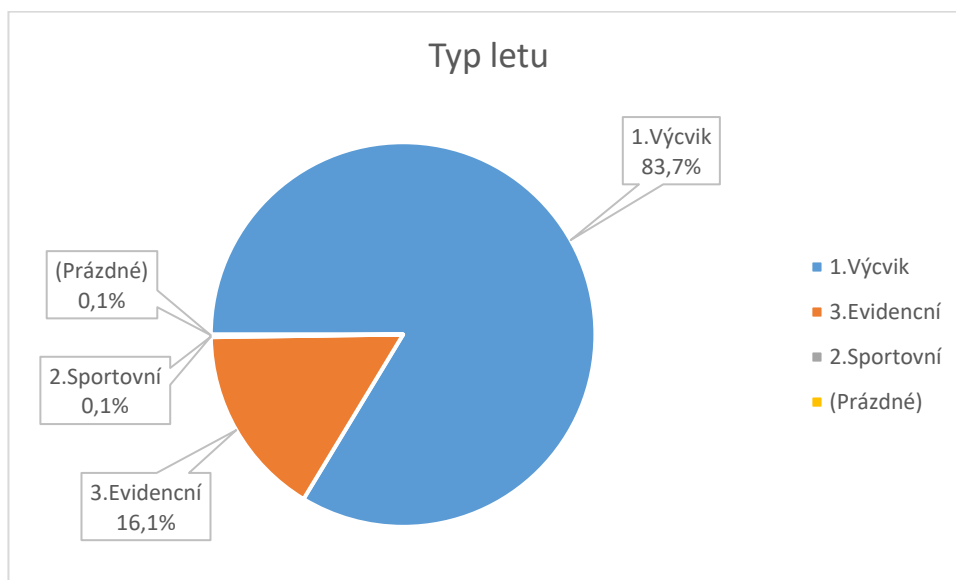
Označuje počet provedených přistání a bezprostředně navazujícího vzletu v rámci jednoho záznamu o letu. Dle předpokladů většina záznamů o letu reprezentuje jeden dílčí let neboli let, kde bylo provedeno jedno přistání. Tyto lety tvoří 88 % datového souboru.



Obrázek 11: Výšečový graf počtu přistání (zdroj vlastní)

4.3.10 Typ letu

Přidává záznamu o letu kategoričké označení významné pro navazující zaúčtování provedených letů. Na Obrázek 12 je možné si všimnout velmi malého množství unikátních položek, kde navíc pouze dvě z nich mají statisticky významné zastoupení v datech.



Obrázek 12: Výšečový graf typu letu (zdroj vlastní)

4.3.11 Místo vzletu a přistání

Vzhledem k tomu, že sloupce místa vzletu a přistání zobrazují podobnou skutečnost a dokonce v 96,4 % záznamů o letu je místo vzletu totožné s místem přistání, tak je možné popis těchto dat sjednotit. Tyto data nelze nijak užitečně zobrazit, neboť 96,6 % záznamů nabývá hodnoty jednoho konkrétního místa. Jedná se o letiště, kde sídlí aeroklub, který poskytl data pro tuto analýzu. Je tedy zřejmé, že naprostá většina letů je provedena z domácího letiště aeroklubu.

4.4 Analytický závěr

Pro možnosti zpracování a přístupu k datům v rámci systému lze vyvodit následující doporučení. Vzhledem k tomu, že atributy letadla, prvního a druhého člena posádky převážně nabývají pouze velmi malým procentem hodnot, tak je zároveň pravděpodobné, že zmíněné hodnoty se budou opakovat i v bezprostředně následujících záznamech o letu. Tato teorie byla potvrzena při konzultaci dat s uživatelem. Je tedy vhodné uživateli při vyplňování formuláře pro nový záznam o letu nabídnout hodnoty z chronologicky předcházejícího letu.

Atribut úkolu letu má často uživatelsky nečitelné hodnoty, takže se doporučuje přidání alternativního způsobu vysvětlení významu jednotlivých položek, kde by bylo možné kratším textem popsat plný význam položky.

Při nejběžnější době letu šest minut je vhodné co nejvíce zkrátit dobu vyplňování formuláře pro nový záznam o letu, aby uživatel neměl problém tyto lety včas zapsat.

Počet přistání jedna se v atributu počtu přistání vyskytuje velmi často a vzhledem k tomu, že se jedná o povinný atribut, tak se doporučuje předvyplnit tuto položku ve formuláři na zmíněnou hodnotu jedna.

Analýzou místa vzletu a přistání byla zjištěna velmi vysoká pravděpodobnost použití domácího letiště aeroklubu. Doporučuje se tedy umožnit aeroklubu nastavit jejich domovské letiště do systému, aby při vyplňování formuláře nového záznamu o letu bylo možné jednoduše toto letiště vložit.

5 NÁVRH ARCHITEKTURY SYSTÉMU

Cílem této kapitoly je navržení vhodné architektury pro vyvíjený systém na základě již existující části systému a požadavků na nové funkce systému.

5.1 Analýza

Aplikační systém doposud umožňuje jednoduchou evidenci letů, která je určena k udržování konzistence dat. Kontrolou validity záznamů je možné upozorňovat uživatele na chybná data. Při dokončení zápisu letů je umožněno exportování záznamů o letu do dalších systému prostřednictvím souboru ve formátu CSV. Takovéto funkční vybavení systému se ukázalo být nedostačující a je nutné navrhnout příslušná řešení.

Výpověď testovacích uživatelů se převážně shoduje na tom, že proces vyplňování formuláře pro vytvoření nového záznamu o letu je dlouhý a místy neintuitivní. Na druhé straně uživatel zodpovědný za exportování provedených letů poukazuje na malé možnosti sledování stavu zaznamenaných letů a nemožnost odhalit kompletně chybějící záznamů, které vznikají nedůsledností ze strany uživatelů.

5.2 Funkční a nefunkční požadavky

Požadavky na systém jsou uvedeny v Tabulka 3, které jsou vytvořeny na základě rozhovorů s cílovými uživateli systému, praktických zkušeností autora a výsledků statistické analýzy z kapitoly Analýza dat.

Tabulka 3: Funkční požadavky (zdroj vlastní)

Id	Název	Popis	Zdroj
FP1	Minimalizace	Formulář pro vytvoření záznamu o letu by měl minimalizovat počet nutných kliknutí.	uživatel
FP2	Vysvětlivky	Položky úkol a druh letu by měli mít možnost zobrazení dodatečné vysvětlivky jednotlivých položek.	uživatel
FP3	Nejbližší letiště	Pro vyplnění položky místa vzletu/přistání by měli být upřednostněny letiště, které jsou geograficky nejbližší k zařízení zapisovače.	autor
FP3	Příprava letu	Nový záznam o letu by mělo jít uložit bez určení vzletu, tak aby bylo možné záznam připravit před provedením skutečného vzletu.	uživatel
FP4	Personalizace přípravy letů	Připravené lety by měli být dostupné pouze pro uživatele, který je vytvořil.	autor
FP5	Odstraňování připravených letů	Připravené lety by mělo být možné odstranit v situaci neprovedení očekávaného letu.	autor
FP6	Aerovlek	Aplikace by měla umožňovat ukládání provedení párového letu dvou letadel v situaci metodou vzletu aerovlek.	autor
FP7	Podobný let	Uživateli by mělo být umožněno vytvořit záznam o novém letu na základě dat již provedeného letu.	uživatel

FP8	Stejné letadlo	Aplikace by měla při vytváření nového letu nabídnout uživateli letadlo z posledního provedeného letu.	analýza dat
FP9	Stejný pilot	Na základě zvoleného letadla by měl být uživateli nabídnut pilot, který byl uveden jako pilot u předcházejícího letu tohoto letadla.	analýza dat
FP10	Stejný instruktor	Na základě zvoleného letadla by měl být uživateli volitelně nabídnut instruktor, který byl uveden jako instruktor u předcházejícího letu tohoto letadla.	analýza dat
FP11	Výchozí letiště	Formulář pro vytvoření nového letu by měl umožňovat rychlé vložení místa vzletu na možnost domovské letiště aeroklubu a v případě místa přistání tuto možnost nabídnout volitelně.	analýza dat
FP12	Značení exportovaných letů	Uživateli by měli být k exportování nabídnuty lety, které ještě nebyly exportovány.	uživatel
FP13	Kontrola exportovaných letů	Zpřístupnit uživateli informaci o množství neexportovaných letů.	autor
FP14	Kontrola úplnosti exportovaných letů	Aplikace by měla uživatele informovat na neúplnost záznamů o letu při jejich exportování.	autor
FP15	Absence letů	Informovat uživatele o kompletní absenci provedeného letu, který byl automaticky rozpoznán.	autor
FP16	Časové zóny	Aplikace by měla interpretovat časové údaje v UTC, kde změnou nastavení je lze zobrazovat v středoevropském čase.	autor
FP17	Rozpoznávání letů	Systém by měl automaticky rozpoznávat provedené lety registrovanými letadly aeroklubu.	autor
FP18	Čas vzletu/přistání	Systém by měl automaticky rozpoznat časy vzletu a přistání provedených letů.	autor
FP19	Místo vzletu/přistání	Systém by měl automaticky rozpoznávat místo provedení vzletu a přistání provedených letů.	autor
FP20	Automatický aerovlek	Systém by měl rozpoznat párový vzlet dvou letadla způsobem vzletu aerovlek.	autor
FP21	Převedení letů	Uživatel by měl mít možnost vytvořit záznam o letu na základě dat z automaticky rozpoznávaných letů.	uživatel
FP22	Trať letů	Trať automaticky rozpoznávaných letů by mělo být možné zobrazit v mapě.	autor

Nefunkční požadavky na navrhovaný systém jsou uvedeny v Tabulka 4, kde navíc platí nefunkční požadavky z bakalářské práce autora.

Tabulka 4: Nefunkční požadavky (zdroj vlastní)

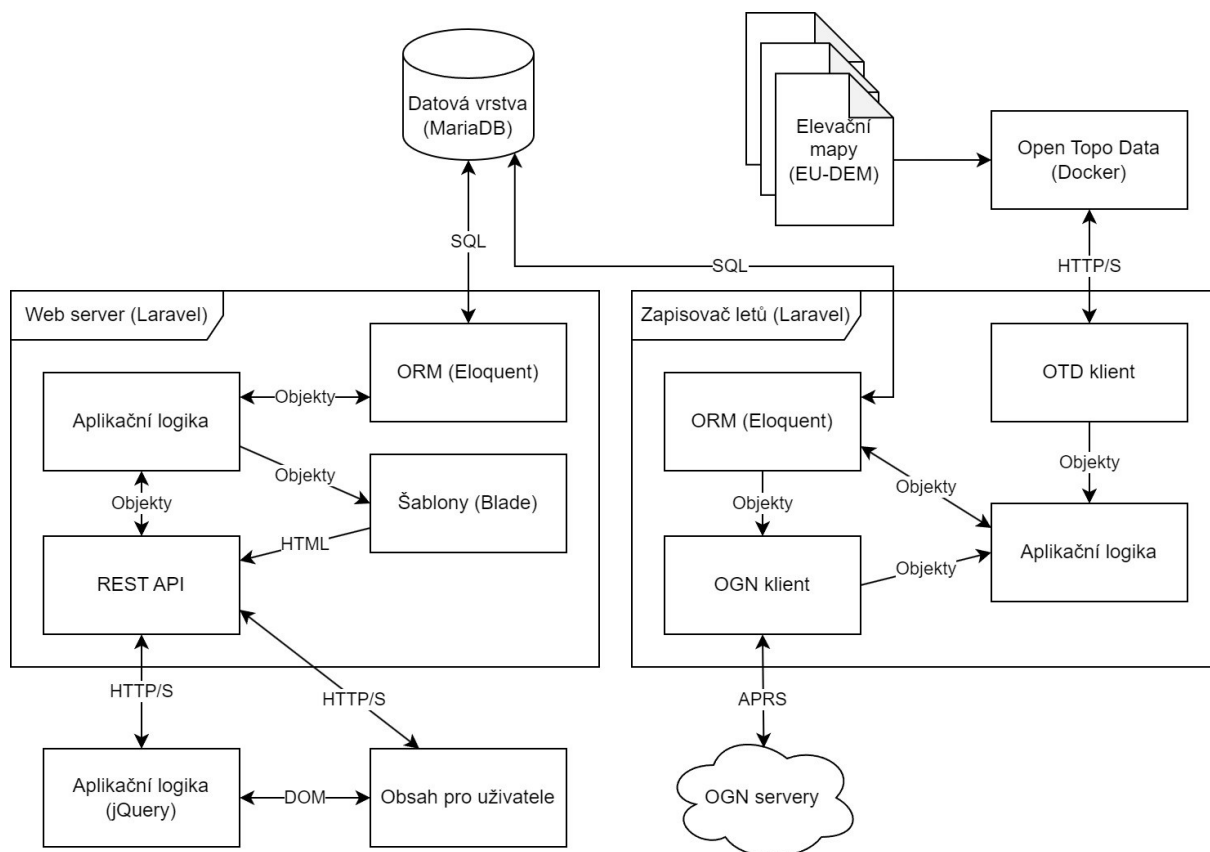
Id	Název	Popis
NP1	Zálohování	Systém by měl být pravidelně zálohován řádově v rozmezí několika hodin.
NP2	Dostupnost	Systém by měl být minimálně dostupný každý den od 9 do 21 hodin.
NP3	Zapísovač	Automatický zapisovač by měl zpracovávat data nepřetržitě.

5.3 Architektura systému

Rozvržení architektury může přímo ovlivnit dostupnost a stabilitu systému. Z tohoto důvodu je klíčové rozlišit požadavky a odpovědnost za tyto požadavky rozdělit do podsystémů. Požadavky FP1 až FP16 jsou běžné specifikace funkčnosti uživatelské aplikace, a tudíž jsou implementovány do stávající webové aplikace. Na druhou stranu požadavky FP17 až FP22 poukazují na samostatnou činnost aplikace bez interakce s uživatelem.

Navržením samostatného modulu aplikace pro tyto účely, je možné zajistit nezávislí a nepřetržitý běh procesu zpracování dat ze serverů OGN. Samostatný modul dále umožňuje

použití odlišného přístupu k datům. Stávající webová aplikace striktně odděluje data jednotlivých registrovaných aeroklubů. Takový přístup k datům v novém modulu není relevantní, neboť odpovědností tohoto modulu je automatické rozpoznávání provedených letů ve všech registrovaných aeroklubech. Navržená architektura s novým modulem zapisovače letů je zobrazena na Obrázek 13.



Obrázek 13: Architektura systému (zdroj vlastní)

Webový server i zapisovač mají vlastní instanci ORM pro přístup k databázi. Webový server je navržen poměrně běžným způsobem, kde aplikační logika pomocí REST API zprostředkovává data samotnému prohlížeči, tak i frontendové aplikaci. Poslední součástí webového serveru jsou šablony, které zjednodušují prezentaci dat v aplikaci.

Modul zapisovače letů mimo svou aplikační logiku obsahuje dva klienty, které jsou potřebné pro komunikaci s využívanými službami aplikace. OGN klient vytváří dotazy pro získávání dat z serverů OGN prostřednictvím protokolu APRS, který je podrobněji vysvětlen v kapitole Protokol APRS. Druhý klient je zodpovědný za extrakci dat z map elevace terénu, kde tato data jsou zprostředkována webovým serverem OTD uvnitř Docker kontejneru.

5.4 Použité technologie

Následující podkapitoly se zabývají použitými technologiemi v celém aplikačním systému. Mezi dále zmíněné technologie náleží i služba OGN popsaná v kapitole Open glider network.

5.4.1 Laravel

Laravel je open-source framework pro vývoj webových aplikací v jazyce PHP. Nabízí elegantní a expresivní syntaxi, bohatý ekosystém balíčků, knihoven a robustní sadu nástrojů pro usnadnění a urychlení vývoje. Díky těmto vlastnostem se stal jedním z nejoblíbenějších frameworků pro PHP.

Framework je postaven na osvědčené architektuře MVC, která rozděluje logiku aplikace od prezentační vrstvy. To umožňuje jednodušší udržovatelnost a škálovatelnost kódu. Laravel disponuje rozsáhlým ekosystémem balíčků a knihoven, které usnadňují vývoj běžných funkcí webových aplikací. Například jsou zde k nálezni balíčky pro autentizaci, autorizaci, validaci, ORM pro práci s databází a caching. Tento framework je optimalizovaný pro vysoký výkon a škálovatelnost. Podporuje horizontální škálování a lze ho nasadit na různé platformy a cloudové služby. Další výsadou frameworku je jeho výborně zpracovaná dokumentace, která je rozsáhlá a přehledná. To umožňuje vývojáři rychlý a efektivní vývoj aplikace.⁸²[16]

5.4.2 Eloquent

Jedná se o objektově-relační mapovač (ORM), který je integrovaný v Laravelu. Umožňuje pracovat s databází objektově orientovaným způsobem, čímž se zjednodušuje a zpřehledňuje vývoj webových aplikací.

Základní strukturou ORM jsou modely, které reprezentují tabulky z databáze. Tyto modely jsou implementovány jako třídy jazyka PHP, kde jejich metody slouží pro práci s daty v reprezentované tabulce. Lze tak implementovat abstrakci pro načítání, ukládání, aktualizaci, mazání a další specifické operace pro manipulaci s daty. Pro komplexnější databázové struktury Eloquent nabízí definici vazeb mezi dílčími modely.

Výhodami Eloquent, nebo spíše obecně ORM, je zjednodušení vývoje, srozumitelnost implementace, která umožňuje předcházet chybám. Abstrakcí SQL dotazů se zvyšuje produktivita vývojářů, kteří tak mohou s databází pracovat efektivněji a rychleji.[17]

5.4.3 Blade

Šablonovací systém Blade je stejně jako Eloquent integrovaný uvnitř frameworku Laravel. Umožňuje jednoduše a elegantně vytvářet dynamické HTML stránky s možností manipulovat dynamický obsah stránky vložením PHP kódu. Všechna manipulace obsahu tímto nástrojem je prováděna na straně serveru a klientovi je doručený čistý HTML kód. Blade se vyznačuje intuitivní syntaxí a bohatou sadou funkcí, které usnadňují práci s šablonami. Umožňuje tak použít běžných prvků jako jsou podmínky, cykly, proměnné, ale zároveň umožňuje vytváření hierarchické struktury šablon, které jsou složeny s dílčích sekcí.[18]

5.4.4 MariaDB

MariaDB je open-source relační databázový systém, který je kompatibilní s MySQL. Vznikla v roce 2009 jako fork MySQL poté, co jej získala společnost Oracle. MariaDB si klade za cíl zachovat kompatibilitu s MySQL a zároveň přinášet vylepšení v oblasti výkonu, stability a funkcí.[19]

Autor tento databázový systém vybral, protože má již rozsáhlou praktickou zkušenost s používáním tohoto systému. Je velmi důležité, že vybraný databázový systém je dostupný v podobě open-source, protože cílem celého vyvíjeného systému v této práci pravděpodobně bude taktéž open-source. Funkční vybavení MariaDB nijak neomezuje její využití v aplikačním systému, neboť mimo běžné vlastnosti umí pracovat i s geografickými daty a také nabízí dostatečnou škálovatelnost.

5.4.5 Javascript/jQuery

Vybraným nástroj pro správu dynamického obsahu webové stránky na straně klienta je jQuery. Jedná se o rozsáhlou knihovnu JavaScriptu, která si získala velkou oblibu díky své schopnosti zjednodušit a zefektivnit práci s webovými stránkami. Umožňuje vývojářům psát méně kódu a dosahovat stejného výsledku oproti čistému JavaScriptu. Oproti alternativním nástrojům se jQuery může pyšnit svou odlehčenou a rychlou architekturou. Svoji jednoduchostí jde tak naproti vývojářům, kteří se mohou snadno a rychle naučit tento nástroj efektivně používat.

5.4.6 Open Topo Data

Open Topo Data dále již jen zkráceně OTD, je bezplatné rozhraní API pro přístup k výškovým datům z celé Země. Umožňuje vývojářům a uživatelům snadno získat informace o nadmořské výšce libovolného místa na planetě. Rozhraní OTD je kompatibilní s Google Maps Elevation

API, což umožňuje vývojářům přechod mezi těmito službami. Tuto službu lze nasadit i na vlastním serveru v podobě kontejneru pro Docker. To umožňuje odstranění závislosti na externí službě, eliminace limitací použití rozhraní a potenciálně vyšší kontrolu nad daty.[20]

5.4.7 Open street map

Jedná se o kolaborativní projekt, jehož cílem je vytvořit a udržovat volně dostupnou mapu celého světa. Na rozdíl od tradičních map, které vytvářejí a aktualizují komerční společnosti, je Open Street Map založena na příspěvcích komunity dobrovolníků. Díky tomu je mapa neustále aktualizovaná, detailní a obsahuje informace, které na komerčních mapách často chybí. Jinými slovy jde o open-source projekt, který je tak dobrou volbou pro menší projekty vyžadující zobrazování dat s mapovým podkladem.[21]

6 DATOVÁ VRSTVA

Základním kamenem celého systému je relační databáze MariaDB. Tato databáze slouží k uchování dat jak webové aplikace, tak i zapisovače letů. Udržováním jedné databáze pro obě aplikace se zjednodušuje režie spojená se správou dat a umožňuje předcházet nekonzistentním stavům. Tato kapitola se zabývá změnami v datové vrstvě, které byly provedeny během tvorby této práce. Čtenáři je tak doporučeno nejdříve prostudovat kapitulu Návrh databáze serveru z bakalářské práce autora. Schéma databáze je zobrazeno na Obrázek 14, kde červené položky vyznačují provedené změny. Každá ze zobrazených tabulek obsahuje atribut unikátního identifikátoru, který je zároveň primárním klíčem. Vzhledem k přehlednosti a kompaktnosti nejsou tyto identifikátory ve schématu zobrazeny.

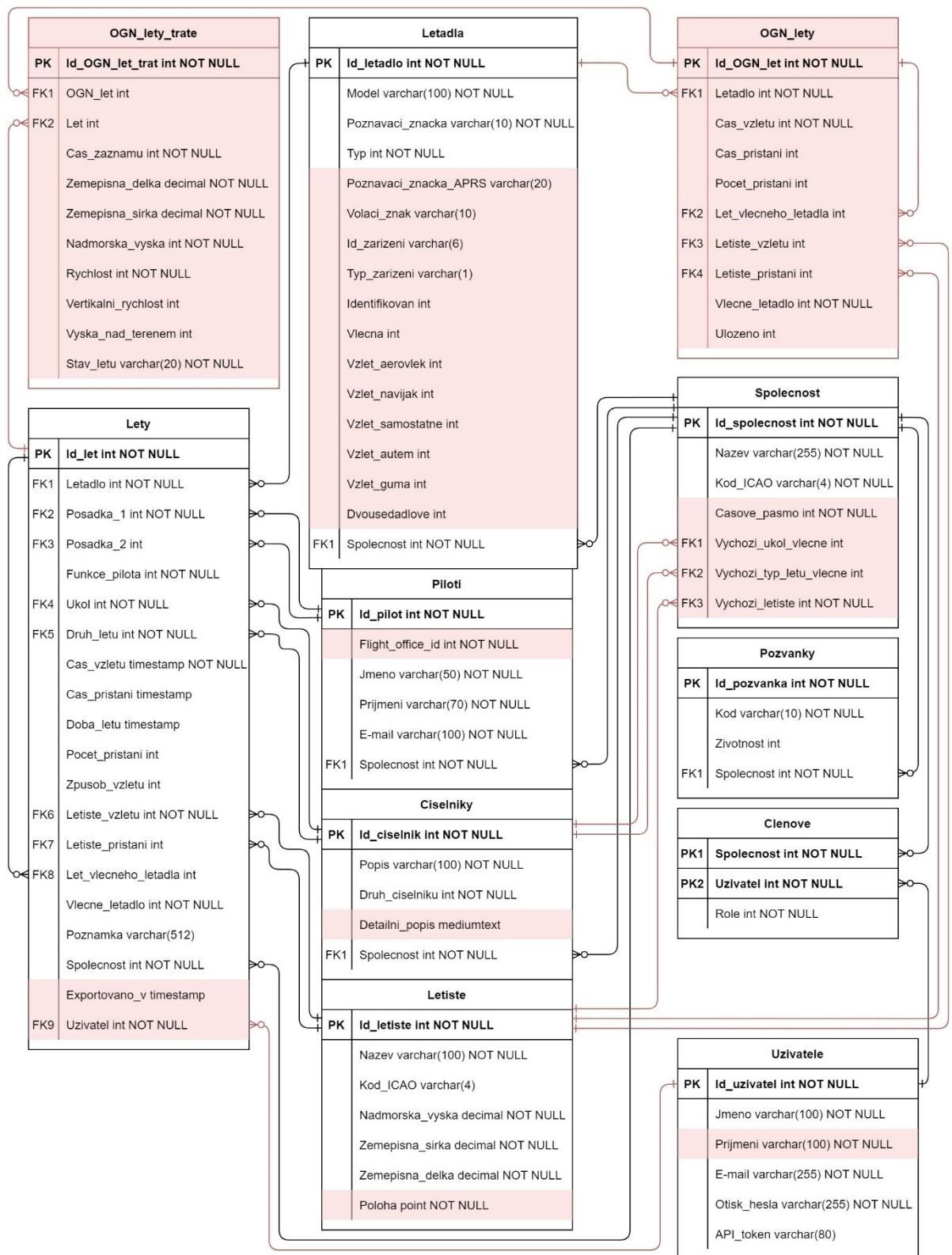
6.1 Změny tabulek

Základní tabulka letů obsahovala atribut datum provedení letu, který je nyní sjednocen do časové známky času vzletu. Sjednocením těchto atributů došlo k odstranění integritního omezení, které neumožňovalo zapsání letu zasahujícího do dvou a více kalendářních dní. Ovšem z důvodů kompatibility se systémem Flight Office je to omezení stále platné. Odpovědnost za toto omezení je přenesena do aplikační logiky. Mezi další změny v této tabulce patří dva nové atributy, kde nový atribut Exportovano_v slouží k evidování času, kdy došlo k poslednímu exportování daného záznamu pro externí systém. Jedná se o nulovatelnou položku časového razítka, kde jeho prázdná hodnota vyjadřuje, že ještě nedošlo k žádnému exportování této položky. Druhým novým atributem je cizí klíč do tabulky uživatelů, který umožňuje sledovat, který z uživatelů danou položku vytvořil.

Další upravenou tabulkou je tabulka pilotů. Zde byl přidán jeden nový číselný atribut, který značí identifikátor pilota uvnitř externího systému Flight office. To umožňuje snadné přenášení záznamů mezi těmito systémy. Tento atribut je povinný.

Tabulka číselníků byla rozšířena o atribut Detailni_popis, který umožňuje jednotlivým položkám číselníku přidávat rozsáhlejší popis pro snazší pochopení významu položky uživatelem. Jedná se o volitelný atribut, kde některé z položek nevyžadují dodatečné vysvětlení a popis.

Přidání atributu Příjmení do tabulky uživatelů je drobná úprava, která navazuje na změnu filozofie aplikace, kde původně byl uživatel reprezentován přezdívkou, ale nyní je reprezentován celým jménem.



Obrázek 14: Tabulkové schéma databáze (zdroj vlastní)

Tabulka společností nově obsahuje řadu atributů, které umožňují jednodušší interakci uživatele se systémem. Atribut `Casove_pasmo` udržuje preferenci aeroklubu pro zobrazování časových informací ve zvoleném časovém pásmu. Následují tři nové atributy, které formou cizích klíčů

referují výchozí položky, které mají být použity pro vyplnění záznamu o letu ve specifických situacích jako například nevyplnění položky formuláře uživatelem. Zde je zapotřebí být na pozoru, protože Výchozí položky úkolu a typu letu vlečného letadla vytváří cyklickou vazbu mezi tabulkami společností a číselníků. Tyto atributy jsou nepovinné a tím umožňují přerušení smyčky, kde nejdříve dojde ke vzniku spolčenosti bez těchto výchozích položek a následně po vytvoření patřičných číselníkových položek společnosti je lze přiřadit k výchozím položkám.

Entity uchovávající data letišť nově obsahují atribut databázového prostorového bodu, který uchovává geografickou polohu letiště stejně jako jeho souřadnice, ale ve formátu umožňujícím databázi provádět rychlé porovnávání a řazení letišť na základě geografických vzdáleností.

Nejvíce změn proběhlo v tabulce letadel, které lze rozdělit do dvou kategorií. Kde změny týkající se první kategorie značí vlastnosti každého letadla. Prvním z těchto atributů je Vlečna, kde pravdivostní hodnota určuje, jestli se jedná o letadlo schopné provést vzlet aerovleku v roli vlečného letadla. Druhým z atributů je Dvousedadlove, který opět pravdivostní hodnotou určuje, jestli dané letadlo má druhé sedadlo určené pro instruktora, nebo pasažéra. Tento atribut vytváří integritní omezení, kde letadlo bez tohoto atributu nesmí provést let obsahující druhého člena posádky. Následuje pětice atributů s prefixem Vzlet_, kde každý z nich určuje, zdali je dané letadlo schopné provést příslušný druh vzletu. Tyto atributy se týkají pouze letadel typu kluzák, kde u ostatních typů postrádají význam. Atributy druhé kategorie jsou extrahované z externí databáze pro možnost přiřadit letadlo k přijatým datům ze systému OGN. Atributy Poznavaci_znacka_APRS a Volaci_znak jsou určeny k identifikaci konkrétního letadla, které je tímto zařízením reprezentováno. Id_zarizeni je jednoznačným identifikátorem, které z pohledu sledování tohoto zařízení je pouze redundantní, protože k jednoznačné identifikaci stačí poznávací značka. Atribut Typ_zarizeni je jednoduchou číselníkovou hodnotou, která rozlišuje, o jaký typ vysílače se jedná. Mezi známe typy náleží OGN, Flarm a ICAO. Tento atribut je uchováván pouze pro úplnost informace. Posledním atributem je Identifikovan, který značí přání majitele zařízení, jestli má být zobrazena poznávací značka letadla.

6.2 Tabulka letů OGN

Účelem tabulky letů OGN je ukládání entit reprezentující let zaznamenaný zapisovačem letů. Tato tabulka je oddělena od stávající tabulky letů, protože lety vytvořené zapisovačem nelze považovat za plnohodnotné. Nacházejí se zde obdobné atributy, jako například časové známky vzletu/přistání, cizí klíče na letiště vzletu/přistání, cizí klíč letadla a atributy spojené s evidencí aerovleku. Pro evidenci aerovleku je použita rekurzivní vazba z letu vlečného letadla do letu

vlečného letadla, kde let vlečného letadla je určen pravdivostním atributem `Vlecne_letadlo`. Tento atribut umožňuje dodržování integritního omezení, kde let vlečného letadla nesmí být vlečeno letem jiného vlečného letadla.

Posledním z atributů je příznak uložení, který vyjadřuje, jestli byl daný let zapsán do tabulky plnohodnotných letů. V situaci převádění OGN letu mezi plnohodnotné lety by mělo dojít k smazání letu, tak aby jeden let neexistoval v systému dvakrát. Při odstranění OGN letu v situaci, kdy samotný let stále probíhá dojde k chybnému vytvoření nového záznamu OGN letu. Předcházení tomuto problému je zajištěno právě atributem uložení, který určí, jestli může být let ihned odstraněn, nebo tuto odpovědnost přebírá zapisovač letů.

6.3 Tabulka tratí

Vzhledem k potřebě validace funkčnosti zapisovače je zapotřebí ukládat zpracované údaje o poloze letadel během vytváření záznamu o letu. K tomuto účelu je určena tabulka `OGN_lety_trate`, která prostřednictvím atributů časové známky a zeměpisných souřadnic ukládá polohu letadla v čase a prostoru. Tabulka obsahuje dva cizí klíče do tabulek letů a OGN letů, které váží daný záznam o poloze k provedenému letu. Tyto klíče jsou výlučné, kdy za předpokladu existence vazby na OGN let nemůže zároveň existovat vazba na plnohodnotný let. Tímto integritním omezením se předchází nechtěným vazbám k OGN letům. Entita dále obsahuje volitelné informace, které jsou uloženy za předpokladu, že jsou dostupné. Mezi tyto atributy patří výška nad střední hladinou moře určená z GPS, odvozená výška nad terénem, údaje o horizontální rychlosti vzhledem k povrchu Země a vertikální rychlost letadla v daném momentu. Posledním z atributů je `Stav_letu`, který určuje stav zapisovače vzhledem k času a prostoru, v němž se letadlo nachází. Tento atribut je určen pouze pro validaci správné funkčnosti zapisovače.

7 WEBOVÁ APLIKACE

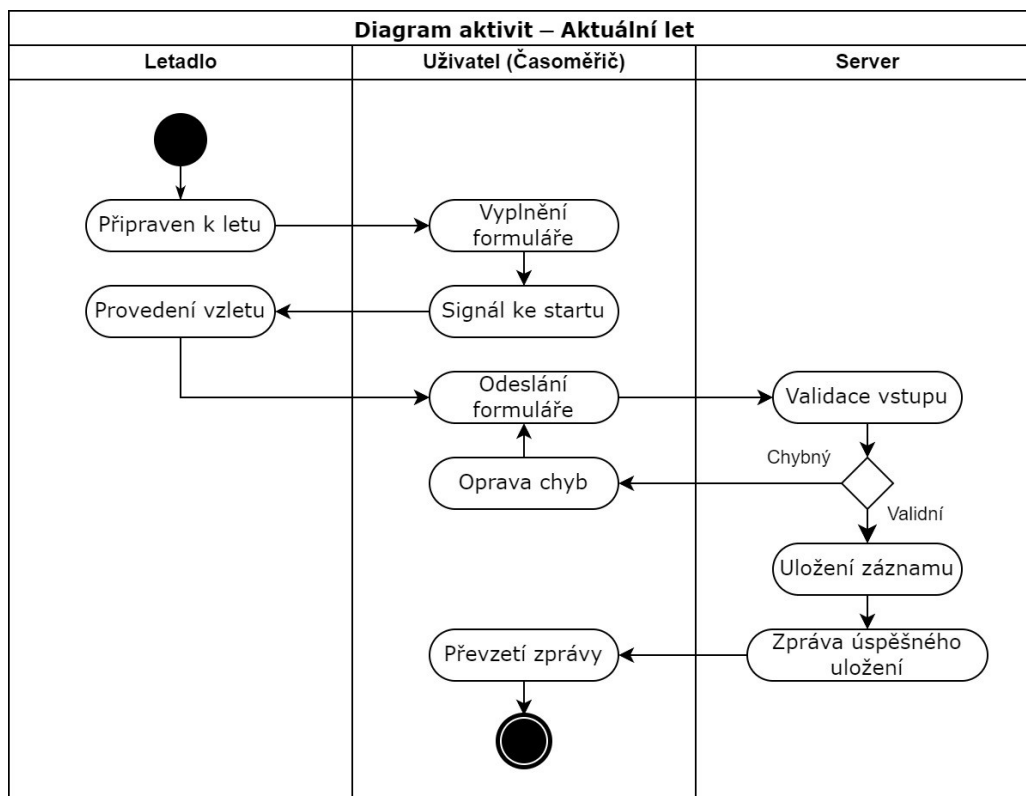
Z kapitoly Architektura systému je již známo, že systém se skládá ze dvou hlavních součástí. Následující text se zabývá změnami, které byly provedeny v rámci webové aplikace systému. Cílem těchto změn je splnění požadavků z kapitoly Funkční a nefunkční požadavky.

7.1 Interakce časoměříče s aplikací

Vzhledem k uvedeným požadavkům je zapotřebí definovat scénáře použití aplikace uživatelem. Správným identifikováním možných scénářů lze odchytnit řadu chybně implementovaných funkcí a předejít tak nežádoucímu chování aplikace. Následující scénáře se konkrétně zaměřují na interakci uživatele se systémem v situaci, kdy uživatel vytváří záznam o provedení letu do systému.

7.1.1 Scénář aktuální let

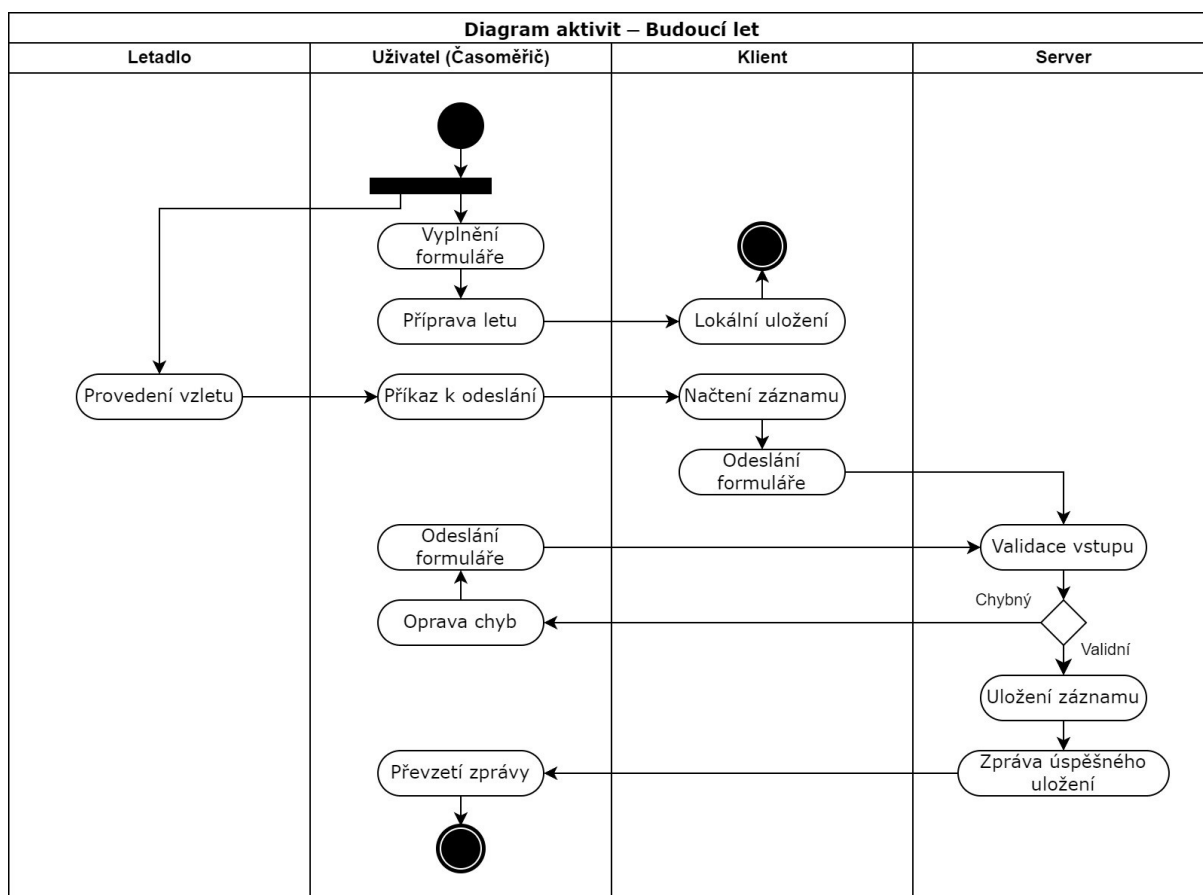
První z variant nastává, když uživatel vytváří záznam o letu ve stejný moment, kdy letadlo začíná provádět vzlet. Uživatel tedy bezprostředně před daným vzletem vyplňuje příslušný formulář a v momentu provedení vzletu letadla uživatel provádí uložení tohoto záznamu. Zmíněný scénář je zobrazen v diagramu aktivit na Obrázek 15.



Obrázek 15: Diagram aktivit scénář aktuálního letu (zdroj vlastní)

7.1.2 Scénář budoucí let

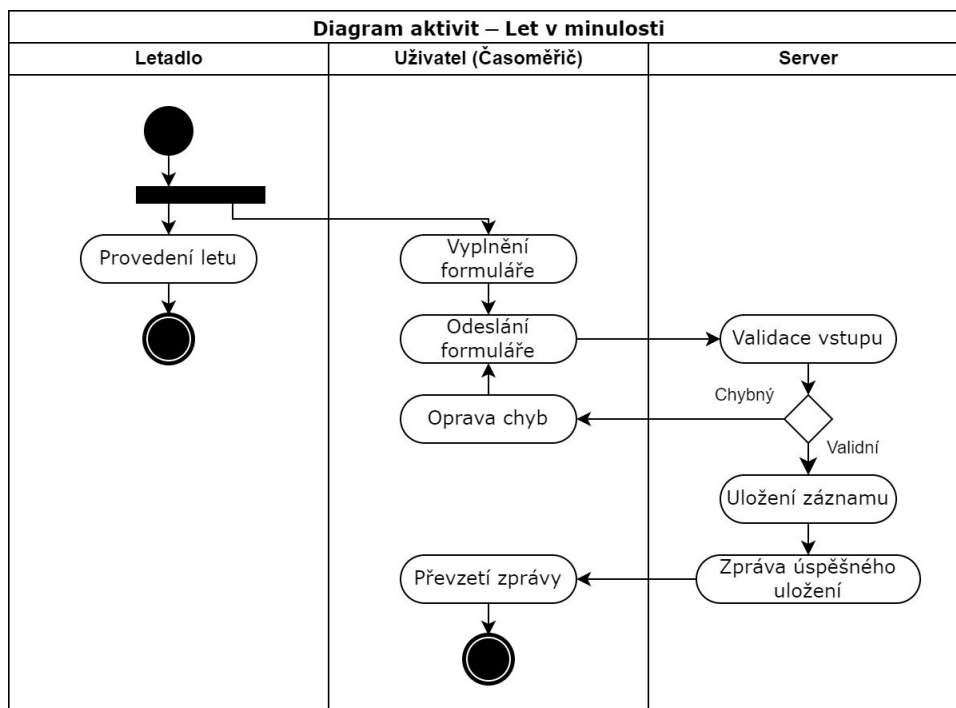
Uživatel očekává vzlet několika letadel bezprostředně po sobě. Tato situace znemožňuje uživateli pohodlně vyplnit záznamy o letu pro všechna letadla, která v danou chvíli provádí vzlet. Uživatel tak v nedefinovaně dlouhé době před provedením těchto vzletů provede přípravu všech záznamů o letu dotčených letadel. Připravené lety pak uživatel může jedním kliknutím provést uložení těchto záznamů v momentě provedení jejich vzletu. Zmíněný scénář je zobrazen v diagramu aktivit na Obrázek 16.



Obrázek 16: Diagram aktivit scénář budoucího letu (zdroj vlastní)

7.1.3 Scénář let minulosti

Další situace nastává, když letadlo již provedlo vzlet, a to včetně situace, kdy letadlo ještě neprovedlo přistání, i situace, kdy k přistání letadla již došlo. Uživatel tak vytváří záznam o letu, který již byl proveden v minulosti. Skutečnost o provedení vzletu a případně i přistání je zapsána uživatelem z jeho vlastní paměti. Zmíněný scénář je zobrazen v diagramu aktivit na Obrázek 17.

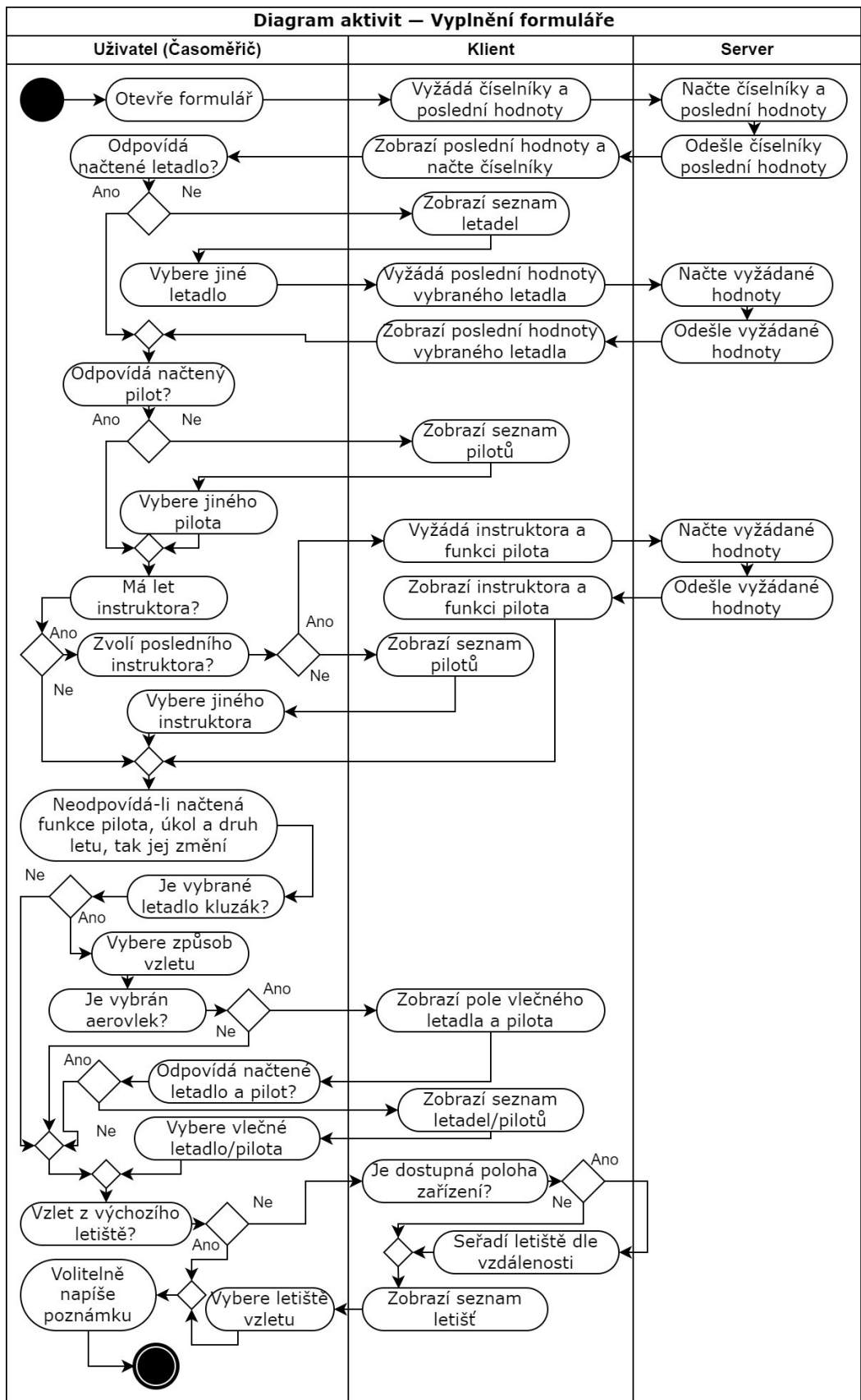


Obrázek 17: Diagram aktivit scénář letu v minulosti (zdroj vlastní)

7.1.4 Vyplňování formuláře nového letu

Nehledě na scénář, který je v dané situaci použit, se vždy v procesu nachází fáze vyplňování formuláře pro vytvoření záznamu o novém letu. Samotný formulář je v aplikaci otevřen a zobrazen v modálním okně tak, aby uživatel neztrácel kontext týkající se dalších záznamů o letu, které zůstávají schované pod modálním oknem. Tímto způsobem je zaručeno, že v žádné chvíli není uživateli odvedena jeho pozornost.

Na následujícím diagramu aktivit (Obrázek 18) je zobrazena interakce uživatele s formulářem. Ihned po otevření formuláře uživatelem je klientem vyslán požadavek na server. Zde jsou načteny hodnoty posledního zapsaného letu, neboť je vysoká pravděpodobnost, že se let bude opakovat. Mezi načtené hodnoty patří registrace letadla, jméno pilota, funkce pilota, úkol letu, druh letu a v situaci kdy se jedná o kluzák, je načten i způsob vzletu, který toto letadlo při posledním letu provedlo. V situaci, kdy způsobem vzletu byl aerovlek, jsou navíc načteny položky registrace vlečného letadla včetně pilota tohoto vlečného letadla. Společně s registrací letadla jsou o daném letadle načteny další informace pro zpříjemnění interakce uživatele s formulářem. V případě jednosedadlového letadla dojde k schování položky pro vyplnění druhé člena posádky a v případě kluzáku je výběr možných způsobů vzletu omezen na ty, které je kluzák schopen provést.



Obrázek 18: Diagram aktivit vyplňování formuláře nového letu (zdroj vlastní)

Mimo hodnoty posledního letu je při otevření formuláře zkontrolována dostupnost číselníků obsahující letadla, piloty, úkoly letu, druhy letu a letiště. Všechny číselníky kromě letišť obsahují řádově desítky položek a dá se očekávat nanejvýše několik stovek položek. Lze tak bez problému načíst celé tyto číselníky po otevření formuláře i v situaci nekvalitního připojení k síti. Na druhou stranu načtení celých číselníků pak umožňuje velmi responzivní chování našeptávače.

Pokud předvyplněná registrační značka letadla není shodná s registrační značkou letadla, kterou chce uživatel zapsat, lze požadovanou registrační značku vyplnit z již připraveného seznamu registračních značek letadel v aeroklubu. Po vybrání jedné z položek klient zasílá nový požadavek na server pro načtení posledních hodnot týkající se vybraného letadla, neboť dříve načtené hodnoty jsou pro jiné letadlo neplatné. Načtené položky jsou tytéž, jako v situaci při otevření formuláře zmíněné výše v této kapitole.

Následuje položka prvního člena posádky a v případě dvoumístného letadla i položka druhého člena posádky. Pokud uživateli nevyhovuje předvyplněná hodnota prvního člena posádky, tak stejně jako u položky registrační značka letadla je možné vybrat jiného pilota z připraveného seznamu. Zde ovšem klient nezasílá další požadavek na server pro aktualizaci dat, protože nejsou vázána na odlišného pilota. Jiná situace nastává u druhého člena posádky neboli instruktora. Tato položka není v rámci formuláře povinná a není dobrou praktikou tuto hodnotu předvyplnit. Za účelem použití možnosti předvyplnění této položky musí uživatel explicitně vyžádat, kde po stisku sousedícího tlačítka je proveden dotaz na server pro načtení této položky. Společně s položkou druhého člena posádky je načtena i nová funkce pilota ze záznamu o letu, ve kterém daný instruktor v daném letadle letěl.

Dalšími třemi položkami jsou funkce pilota, úkol letu a druh letu, které jsou předvyplněny na základě dříve vybraného letadla a pilota. Pokud uživateli nevyhovuje předvyplněná hodnota těchto položek, tak lze hodnotu funkce pilota změnit výběrem ze statického číselníku. Položky úkol a druh letu lze též změnit, ale ty používají dynamické číselníky.

Vytváření záznamu o letu letadla typu kluzák způsobí zobrazení položky pro vybrání způsobu vzletu. Z pěti možných způsobů vzletu jsou uživateli zobrazeny pouze ty, kterými konkrétní kluzák může provést vzlet.

Jednou z možností způsobu vzletu je aerovlek. Jedná se o specifický způsob vzletu, kde motorové letadlo táhne kluzák na laně. Pro zapsání této skutečnosti se ve formuláři zobrazí další dvě položky pro zapsání registrace vlečného letadla a pilota tohoto letadla. Zde jsou též použity

předvyplněné hodnoty z posledního letu. Pokud je zapotřebí měnit tyto hodnoty, tak se v případě pilota vlečného letadla použije stejný seznam pilotů jako u výběru prvního člena posádky. Seznam registračních značek vlečných letadel je limitován na letadla, která jsou schopna provádět vzlet aerovleku v roli vlečného letadla.

Ke konci formuláře lze nalézt pro volbu letiště vzletu. Tuto položku lze nově ponechat prázdnou, kde systém provede zapsání výchozího letiště aeroklubu. Následující a také poslední položku je poznámka pro možnost zapsání jakékoliv nestandardní situace týkající se daného letu. Vzhled formuláře je zobrazen na Obrázek 19.

Obrázek 19: Formulář nového záznamu o letu (zdroj vlastní)

7.1.5 Odlišnosti formuláře pro starší let

V předchozí kapitole Vyplňování formuláře nového letu bylo zmíněno, že daný postup lze aplikovat na všechny tři scénáře. To není doslovně pravda, neboť pro zapsání staršího letu je nutné explicitně zapsat časy vzletu/přistání a dalších položek. Jinými slovy formulář pro zapsání staršího letu má všechny položky a chování stejné jako v již zmíněném postupu. Pro tyto účely uživatel může v hlavičce formuláře přepnout mezi dvěma záložkami, kde první z nich se nazývá Aktuální let a druhá Starší let.

Položka Datum letu, která se nachází na úplném začátku formuláře je v režimu zapisování staršího letu editovatelná pro možnost určení dne zapisovaného letu. Aplikace nijak nelimituje uživatele pro vybrání data, které se nachází v budoucnosti vzhledem k chvíli vyplňování formuláře. Uživatel by teoreticky neměl být schopen vytvořit let s konkrétním časem vzletu v nespecifikovaně vzdálené budoucnosti. Let v budoucnosti vytvořený tímto způsobem nijak nenarušuje integritu dat aplikace a v praxi lze této vlastnosti využít pro zapsání letu v budoucnosti na základě odhadu uživatele, kde přesné informace o letu jsou do záznamu o letu dopsány později formou úpravy záznamu o letu.

V situaci zapisování záznamu o starším letu již nelze využít aktuálního času pro čas vzletu. Formulář tak v tomto režimu obsahuje položky pro zapsání času vzletu/přistání a doby letu. První dvě zmíněné položky využívají formulářové položky typu čas pro zamezení vložení neplatného času dne uživatele. Položka doby letu má tuto kontrolu vypnutou, neboť se nejedná o čas dne, ale o časové období.

Pokud je vybrán kluzák a zároveň způsob vzletu aerovlek, tak k již zmíněným položkám registrace letadla vlečného letadla a pilota vlečného letadla jsou dále zobrazeny položky pro zapsání času přistání a letiště přistání. Čas vzletu a letiště vzletu vlečného letadla není nutné specifikovat, neboť čas a místo vzletu vlečného letadla je vždy totožný s časem a místem vzletu vlečeného letadla. Dobu letu vlečného letadla též není zapotřebí specifikovat, protože v této situaci se jedná vždy o rozdíl časů vzletu a přistání a je možné ji automaticky dopočítat. Celou část formuláře pro specifikaci informací týkající se vlečného letadla lze tlačítkem odstranit pro situace, kde je zapotřebí zapsat let kluzáku s vzletem v aerovleku, ale vlečné letadlo není součástí evidence aeroklubu.

7.1.6 Seznamy formuláře

Aplikace kompletně nahrazuje našeptávač vestavěný ve formulářových prvcích jazyka HTML. Tímto nahrazením je získána větší kontrola nad samotným chováním našeptávače. V rámci formuláře pro vytváření nového záznamu o letu nalezneme pět samostatných číselníků, které vyžadují použití zmíněného našeptávače. Základní struktura našeptávače je postavena, tak že při kliknutí na formulářovou položku je vyvoláno další modální okno obsahující jeden z číselníků. Ihned po otevření našeptávače je kurzor uživatele ihned umístěn do vyhledávacího pole, a tím umožňuje ušetřit počet kliknutí uživatele. V této chvíli má uživatel na výběr ze dvou možností, kde může vizuálně začít listovat v zobrazeném seznamu a vybrat požadovanou položku, nebo může ihned začít psát do vyhledávače, který začne zobrazovaný seznam zužovat. Pokud vyhledávanému řetězci vyhovuje pouze jedna jediná položka, tak dojde k jejímu automatickému zvolení.

Proces porovnávání vyhledávaného řetězce je poměrně přímočarý. Všechny položky seznamu si vedle svého názvu vytváří navíc normalizovaný název pomocí regulárního výrazu. Normalizovaný název pak neobsahuje žádná velká písmena ani diakritiku. Provedením normalizace i nad vyhledávaným řetězcem je možné docílit chování, kdy uživatel nemusí psát vyhledávaný řetězec s diakritikou, aby docílil očekávaného vyhledání položky, která ve svém názvu diakritiku obsahuje. Samotné porovnání normalizovaných názvů položek s vyhledávaným řetězcem je provedeno filtrem, který vytváří shody v situacích, kdy se vyhledávaný řetězec nachází na začátku, uprostřed i na konci názvu položek. Uživatel tak není nucen psát vyhledávaný řetězec od počátku názvu položky, ale postačí mu vyhledání pár význačných znaků, o kterých ví, že cílovou položku odlišují od zbytku seznamu.

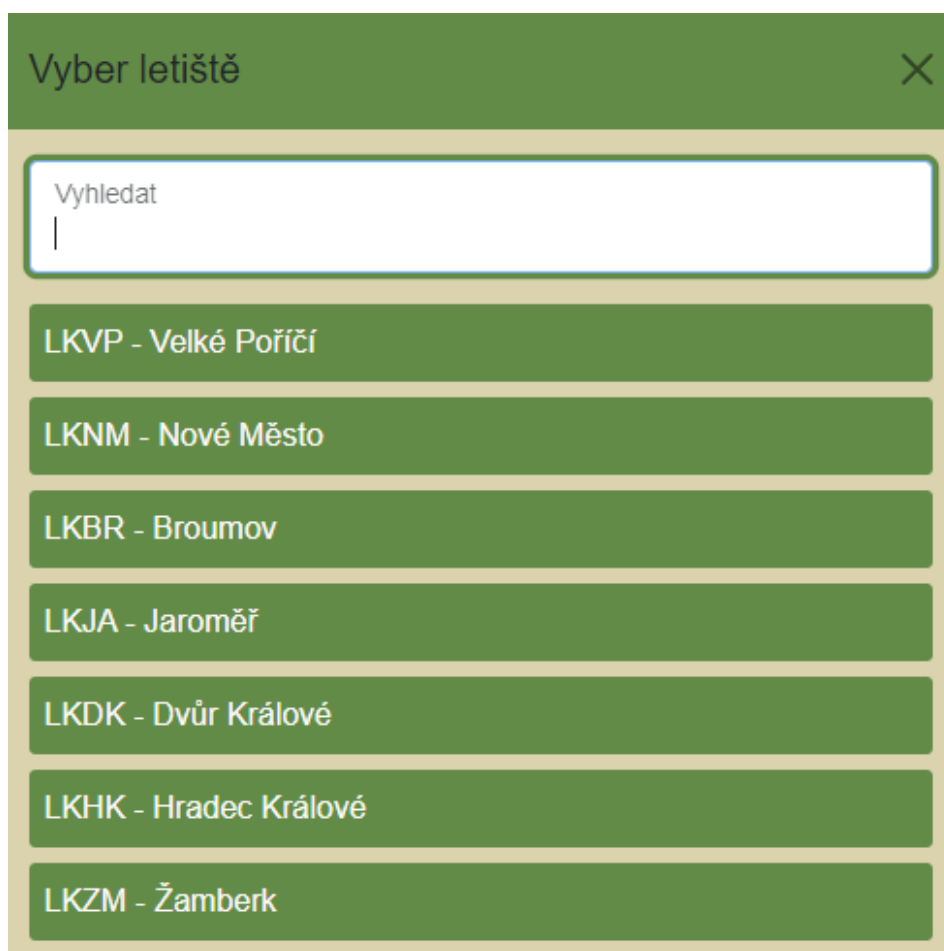
7.1.7 Seznam úkolů letu

Na základě konzultace s budoucími uživateli aplikace vznikl požadavek na zobrazení podrobnějšího popisu jednotlivých položek, protože názvy některých úkolů nejsou samo vystihující a mohou uživatele zmást, nebo uživatel dokonce není schopen zvolit správnou položku. Z těchto důvodů tento seznam navíc obsahuje možnost zobrazení podrobnějšího popisu každé položky. Každá položka tak vedle sebe má tlačítko s informativní ikonou, které po kliknutí zobrazí vyskakovací okno zobrazující podrobný popis položky. Některé položky úkolu letu nemusí mít podrobnější popis, protože jej nevyžadují. V této situaci je tlačítko zobrazení popisu položky podbarveno červenou barvou pro předání vizuální informace uživateli, že položka tento popis nemá.

7.1.8 Seznam letišť

Aplikace obsahuje databázi všech registrovaných letišť v České republice a jejím okolí. O letišti aplikace zároveň vede informace o poloze a nadmořské výšce letiště. Při prvním přístupu k aplikaci je uživatel dotázán na povolení přístupu k informacím o poloze používaného zařízení. Jedná-li se o zařízení vybavené modulem GPS, je tímto způsobem získána relativně přesná poloha zařízení. Pokud ovšem GPS modul není dostupný, tak prohlížeč použije polohu odvozenou od síťové adresy zařízení.

V momentě otevření formuláře pro vytvoření nového záznamu o letu, kdy dochází k získávání číselníků ze serveru, je do požadavku v případě dostupnosti přidána informace o poloze. Server použije tuto informaci o poloze jako kritérium pro řazení načtených letišť vzhledem k vzdálenosti od tohoto bodu. Pokud tuto informaci neobdrží, tak provede standardní abecední řazení. Díky řazení vzhledem k poloze zařízení lze uživateli na začátku seznamu nabídnout právě ta letiště, které s největší pravděpodobností chce uživatel vybrat. Náhled seznamu letišť je zobrazen na Obrázek 20.



Obrázek 20: Seznam letišť (zdroj vlastní)

7.1.9 Časová pásma

Letecký předpis udává povinnost zapisovat všechny časy týkající se záznamu letu v UTC. V praxi ovšem často vítězí lenost a praktičnost, kdy piloti místo UTC používají aktuální místní čas. Této komplikaci předchází aplikace zavedením systému zobrazování času v různých časových pásmech.

Na pozadí jsou všechny časové údaje před uložením převedeny na časovou známku UTC. Každý z aeroklubů v nastavení svých preferencí může provést volbu časového pásma, ve kterém chce mít časové údaje zobrazeny. Lze tak používat místní čas, který je pro uživatele příjemný na použít, zatímco skutečné zapsání je provedeno dle předpisu v UTC.

Ve formuláři pro vytváření nového záznamu o letu, kam uživatel zapisuje časová data, je poblíže tlačítek odstartování/uložení letu zobrazován aktuální čas s přesností na sekundy společně s informací o časové zóně, která je použita. Jako zdroj tohoto času je použit server, který má spolehlivě správně nastavený aktuální čas, protože pokud by byl použit čas zařízení uživatele, tak nelze spolehlivě říct, že se jedná o správný časový údaj. Po získání aktuálního času ze serveru dojde ke spuštění cyklického časovače s intervalem jedné sekundy pro aktualizování zobrazovaného času. Tímto způsobem je zařízení spolehlivý zdroj tohoto času a zároveň je zamezeno provádění zbytečných dotazů na server.

7.2 Interpretace záznamů o letu

Navržení vhodného zobrazování zaznamenaných letů je klíčové pro zpříjemnění uživateli používání aplikace. Již v rámci bakalářské práce se autor zaměřoval na dodržení struktury zapisování záznamů o letu do papírového deníku. Takový záznam zobrazoval v uvedeném pořadí následující informace, které začínají registrační značkou letadla a dále první člen posádky, druhý člen posádky, čas vzletu a čas přistání. Pro vhodné zobrazování na mobilních zařízeních jsou informace o prvním a druhém členu posádky zobrazeny nad sebou, a nikoliv vedle sebe, jak tomu je u papírového deníku.

Tato práce přináší do systému novou funkci, která umožňuje vytváření párového záznamu dvou letů, které provádí vzlet typu aerovlek. Zde se uplatní vlastnost zobrazování záznamů o letu, která způsobuje, že sousedící záznamy v seznamu mají každý vlastní ohraničení. Záznamy jsou tak vizuálně odděleny dvojitým ohraničením. Pro případ zobrazení párového záznamu aerovleku je toto ohraničení spojeno do jednoduchého ohraničení. Obrázek 21 ukazuje rozdíl

zobrazení. První dva záznamy jsou párovány způsobem vzletu aerovlek a třetí záznam zobrazuje běžný samostatný let motorového letadla.

27.03.2024			
OK-vlečná	Pilot: PilotC	09:40	09:41
▼			
OK-kluzák	Pilot: PilotA	09:40	09:43
	Inst./Cest.: PilotB		
▼			
OK-motor	Pilot: PilotA	09:38	09:39
▼			

Obrázek 21: Zobrazení aerovleku (zdroj vlastní)

7.2.1 Rozbalovací nabídka akcí

Nad každým letem lze provádět dvě nové akce, které celkové množství akcí zvyšují na čtyři. To vynucuje navržení kompaktního mechanismu, který umožní uživateli tyto akce provést nad každým letem. Záznamy o letu v zobrazeném seznamu tak mají nově silnější ohraničení s ikonou šipky, aby uživatel jednoznačně věděl, že kliknutím na daný záznam o letu dojde k zobrazení rozšířené nabídky obsahující všechny možné akce.

7.2.2 Dynamické stránkování

Seznam záznamů o letu je teoreticky nekonečný. Tato vlastnost vynucuje nasazení funkce umožňující načítání záznamů po částech. Za tímto účelem lze použít dva přístupy. První z nich je stránkování dat, ve kterém si uživatel sám bude volit, jaká stránka seznamu bude zobrazena. Stránkování by tak uživateli umožňovalo se vracet do historie přesně na konkrétní stránky ke konkrétním záznamům o letu. Druhou možností je dynamické načítání záznamů do jednoho nedělitelného seznamu, které odproští uživatele od nutnosti přepínat mezi stránkami seznamu.

Autor nakonec zvolil druhou ze zmíněných metod, protože uživatel velmi zřídka přistupuje ke starším záznamům o letu. Zobrazované lety jsou chronologicky řazeny od nejmladšího po nejstarší let, a tudíž se dynamické načítání záznamů stává ideální volbou, která umožňuje uživateli jednoduchým posouváním seznamu dostávat ke starším letům. To znamená, že čas hledání záznamu uživatelem roste úměrně s časem stáří záznamu, ale zároveň platí čím starší je záznam o letu, tak tím menší je pravděpodobnost, že k němu bude vyžadován přístup.

Samotné dynamické načítání je provedeno pomocí technologie Ajax, která na straně serveru vytvoří požadavek na načtení všech záznamů o letu a jejich načtení omezí na konkrétní počet záznamů. Kde načtení každého dalšího balíku záznamů je vyvoláno asynchronním voláním klienta. Jednou z otázek je, kolik záznamů by jeden tento balík měl obsahovat. Pro získání pocitu nekonečného seznamu je nutné načíst záznamy přímo zobrazené, ale i záznamy přesahující okraj obrazovky. Ačkoliv mají záznamy statickou výšku, zařízení uživatele může mít různé rozlišení, které způsobí rozdílné množství záznamů zobrazené na obrazovce. Autor zjistil, že v rozlišení obrazu 4k a režimu zobrazení na výšku dojde k zobrazení zhruba třiceti záznamů na obrazovce. Odtud byla odvozena velikost balíku načítaných záznamů na hodnotu čtyřiceti záznamů, aby i na největších obrazovkách bylo načteno více záznamů, než je zobrazeno.

Klient vytváří požadavky na další balík záznamů o letu na základě dvou eventů uskutečněných uživatelem. První z nich je reakce na posouvání seznamu, jakmile se uživatel posouváním seznamu dojde ke konci dosud načtených záznamů, tak vyvolá event pro načtení dalšího balíku záznamů. Druhá metoda je tlačítko na konci zobrazovaného seznamu, které umožňuje uživateli vyvolat načtení dalších hodnot manuálně v situacích, kdy seznam obsahuje méně záznamů, a tudíž znemožňuje vyvolání eventů posouváním seznamu. Tato metoda zároveň slouží jako záložní pro situace, ve kterém používaný prohlížeč nepodporuje event vyvolaný posouváním seznamu.

7.3 Vytváření podobného letu

Na základě požadavku FP7 uvedeného v Tabulka 3 je zapotřebí umožnit vytvořit let na základě dat již provedeného letu. Tento požadavek vyplývá z faktu, že velká část údajů v záznamech o letu se často opakuje. Uživatel je často v situaci, kdy ví, že plánovaný let již historicky provedl a nyní jej chce provést znovu.

Zvolením akce pro vytvoření nového podobného záznamu o letu dojde k otevření běžného formuláře pro vytváření záznamu o novém letu v režimu zapisování staršího letu z kapitoly Odlišnosti formuláře pro starší let. Takto otevřený formulář aplikace předvyplní údaji z vybraného letu. Jediné údaje, které nejsou předvyplněny, jsou údaje o času vzletu/přistání a době letu. Vynechání těchto údajů je velmi důležité, neboť uživatel chce vytvořit nový záznam o letu s novými časy.

Použití formuláře pro nový starší let pro předvyplnění hodnotami je velmi důležité pro výsledné chování aplikace. Neboť mezi předvyplněné hodnoty například patří i údaje o místu přistání,

které se zpracovávají pouze v tomto režimu formuláře. Pokud chce uživatel vytvořit kopii letu formou scénářů pro vytváření záznamu o aktuálním nebo budoucím letu, tak při přepnutí formuláře do tohoto režimu dojde k zachování vyplněných hodnot a hodnoty specifické pro starší let jsou smazány.

7.4 Správa uživatelů a aeroklubu

Následující kapitoly se zabývají změnami, které se týkají správy uživatelů a aeroklubů. Jedná se o podpůrné funkce, které například uživateli umožňují se dostat z nestandardních situací.

7.4.1 Obnova hesla

System již obsahuje funkci, která umožňuje uživateli změnit přístupové heslo ke svému účtu. Ovšem může nastat situace, kdy z nspecifikovaného důvodu uživatel své přístupové heslo zapomene, nebo obecně k němu ztratí přístup. Aplikace tak musí uživateli nabídnout možnost obnovit své heslo. Tohoto cíle lze dosáhnout mnoha způsoby mezi které například patří manuálním zásahem administrátora pro vytvoření dočasného přístupu pro uživatele za účelem změny hesla. Tato metoda je ovšem v praxi nevhodná, protože snižuje míru zabezpečení systému a vytváří pracovní povinnosti na administrátora. Autor zvolil metodu obnovy hesla pomocí emailové adresy uživatele, kde odpovědnost za zabezpečení účtu se přenáší na emailovou schránku uživatele.

Zvolením funkce pro obnovení zapomenutého hesla na přihlašovací stránce aplikace dojde k dotázní uživatele na uvedení jeho emailové adresy. Tato adresa musí odpovídat registrovanému účtu v aplikaci a tímto způsobem je do procesu zavedena další úroveň zabezpečení, kde v situaci neznalosti této adresy je požadavek na obnovu ihned uzavřen. V situaci nalezení odpovídajícího účtu uživatele dojde k vygenerování náhodného řetězce znaků a číslic, které poslouží jako dočasné heslo pro uživatele. Nejdříve je z generovaného hesla vytvořen otisk hesla pro bezpečné ukládání a následně je tento otisk vepsán do databáze k účtu uživatele namísto jeho stávajícího hesla. Vygenerované heslo je poté předáno k odeslání do emailové schránky uživatele. Zde je vygenerované heslo vloženo do šablony obsahující další důležité informace jako například připomenutí uživateli, že vygenerované heslo je zapotřebí neprodleně změnit. Takto vytvořená zpráva je následně odeslána uživateli.

7.4.2 Výchozí hodnoty aeroklubu

Do nastavení aeroklubu, který je zobrazeno na Obrázek 22, byly přidány nové položky, mezi které mimo jiné patří i volba časového pásma z kapitoly Časová pásma.

Dalšími dvěma novými položkami nastavení jsou výchozí položky úkolu a druhu letu vlečného letadla. Vzhledem k nové funkci vytváření párového záznamu o letu, který teoreticky způsobuje zdvojnásobení délky formuláře pro vytváření takového letu, lze využít situace, kdy letadlo vystupující v roli vlečného letadla provádí let, jež má vždy stejný úkol a druh letu. Zvolením těchto položek v rámci nastavení aeroklubu je možné je z následného formuláře pro vytváření nového záznamu o letu kompletně odstranit.

The image shows a settings form for an aeroklub. It is divided into five sections, each with a title and a form field containing a default value, followed by a green button to change the value.

- Výchozí letiště**: Letiště: LKHK, Změnit výchozí letiště
- Výchozí úkol vlečné**: Úkol: 1/11, Změnit výchozí úkol
- Výchozí druh letu vlečné**: Druh letu: Výcvik, Změnit výchozí druh letu
- Časová zóna**: Zóna: Europe/Prague, Změnit zónu
- Pozvánky**: Životnost: 1 hodina, Generovat

Obrázek 22: Nastavení výchozích hodnot (zdroj vlastní)

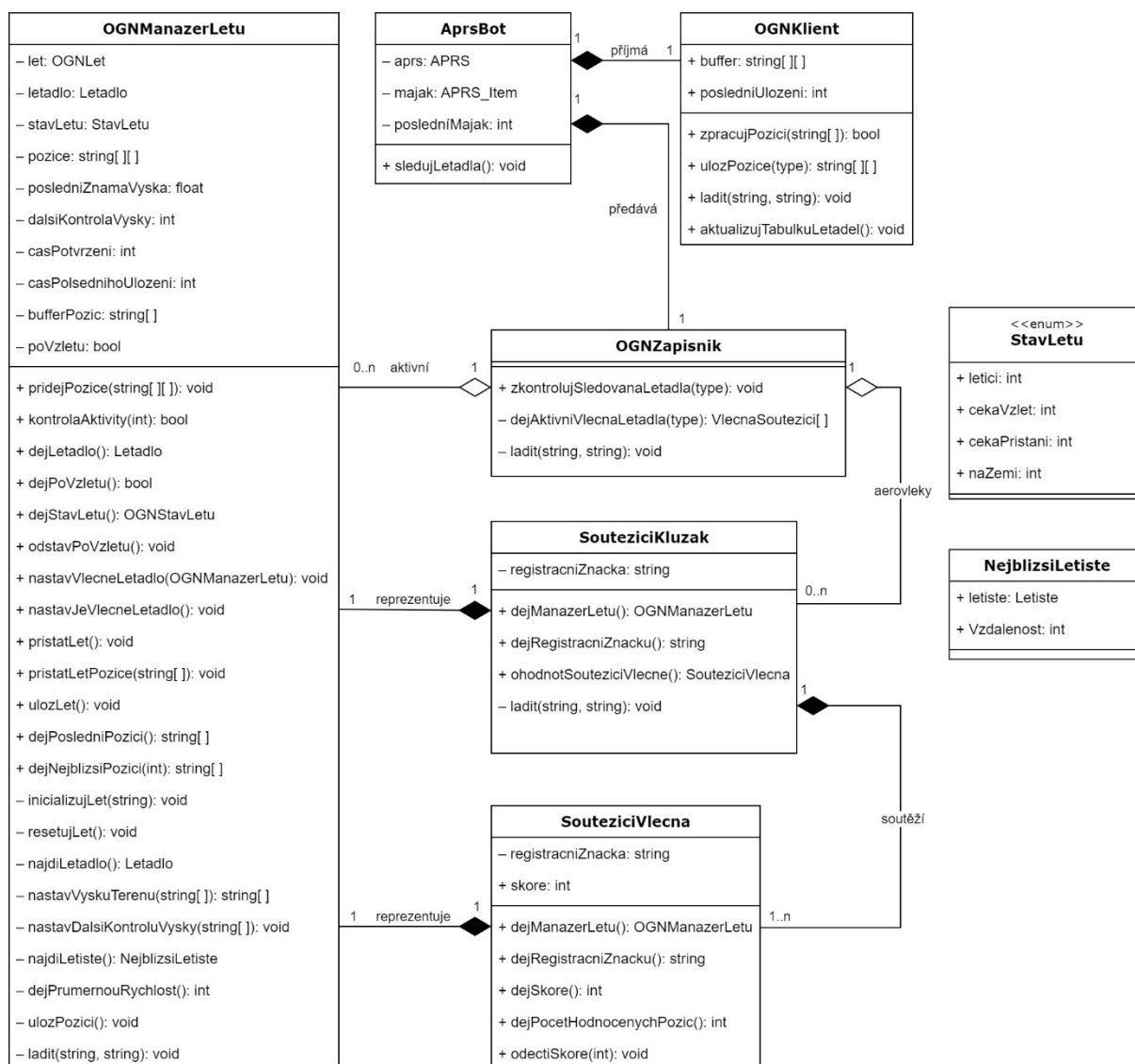
8 AUTOMATICKÝ ZAPISOVAČ LETŮ

Kompletně novým modulem systému je zapisovač letů. Zmíněný modul je samostatný a může fungovat nezávisle na webové aplikaci. Důvodem pro oddělení zapisovače do samostatného modulu vychází z požadavku na jeho nepřetržitý běh. To v situaci sledování většího množství letadel může způsobit vyšší výpočetní zatížení na hostující zařízení. Možnost nasadit zapisovač na odděleném zařízení, tak umožňuje větší míru škálovatelnosti systému. Následující kapitola se zabývá celkovou stavbou zapisovače a způsobem fungování jeho dílčích součástí.

8.1 Architektura zapisovače

Z Obrázek 13 je již poznat hrubý pohled na architekturu zapisovače, který je zaměřen na interakci s jeho blízkým okolím. Pro správné pochopení fungování zapisovače letů je zapotřebí se podívat hlouběji. V následujícím diagramu tříd (Obrázek 23) je zobrazena struktura zapisovače letů. Prvním úkolem modulu je získávání dat ze systému OGN obsahující polohy, rychlosti, výšku a další informace týkající se sledovaných letadel, která jsou podrobněji rozebrána v kapitole Protokol APRS.

Komunikace s OGN serverem prostřednictvím zmíněného protokolu je iniciována objektem AprsBot a odpovědi jsou přeměrovány do objektu OGNKlient, který je zodpovědný za prvotní zpracování přijatých dat. Zpracovaná data se v pevně daných intervalech předávají objektu OGNZapisnik, který zapouzdřuje logiku zapisovače pro rozpoznávání jednotlivých letů. Každému sledovanému letadlu je vytvořena instance třídy OGNManazerLetu, která je zodpovědná za sledování letadla a zapisování důležitých událostí, které se mohou v čase vyskytnout. Třídy SouteziciKluzak a SouteziciVlecna jsou určeny k speciální reprezentaci manažera letu v zápisníku za účelem rozpoznávání párových letů.



Obrázek 23: Diagram tříd zapisovače letů (zdroj vlastní)

8.2 AprsBot

Protokol APRS nepoužívá běžný model komunikace klient-server, ale obě strany v komunikaci vystupují jako sobě rovné. Každý uzel účastníci se komunikace musí vytvořit tzv. maják, který o sobě předává popisující informace. Mezi tyto informace náleží například geografická poloha uzlu a jeho volací značka. Před navázáním komunikace je zapotřebí sestavit filtr za účelem zasílání dat pouze z letadel, které jsou relevantní. S majákem a sestaveným filtrem již lze navázat spojení se systémem OGN. Ihned po navázání spojení je zapotřebí zaslat zprávu obsahující specifikaci metody pro zpracování přijímaných zpráv.

Po provedení výše zmíněné inicializace komunikace se přechází do fáze sledování letadel, kde v pevně stanovených intervalech je OGNKlient dotázán pro zpracování všech přijatých zpráv

z předchozího intervalu. Délka intervalu je určena dobou obsluhy celé procedury a jednou sekundou čekání, které je implementováno formou uspání procesu, aby se předešlo přetěžování procesoru. V delším intervalu pěti minut se následně opětovně zasílá maják, protože systém OGN při absenci těchto zpráv po zmíněné době uzavře spojení.

8.3 OGNKlient

Příchodem zprávy je vyvolána metoda pro zpracování pozice, která využívá regulárních výrazů k extrahování jednotlivých informací ze zprávy. V první řadě je cílem odhalit nechtěné zprávy, kde využitím jedné z položek popisující zařízení, jež zprávu odeslalo, zpracování zprávy je přerušeno vždy, pokud se nejedná o letadlo. Druhá položka, která se v této chvíli sleduje, je čítač chybných bitů. Autor na základě doporučení z dokumentace použil pravidlo, aby při výskytu pěti a více chybových bitů byla zpráva zahozena.

Napříč zprávou se používá řada různých oddělovačů jednotlivých informací, kde některé části zprávy je vhodné extrahovat pomocí bitové masky. Po extrakci dat je u číselných dat zapotřebí provést transformaci datového typu a validovat použité jednotky těchto dat. Například údaj o čase zprávy je nutné převést na časovou známku v UTC, nebo převedení zeměpisných souřadnic. Nakonec jsou připravená data zabalena do struktury typu pole, které je přidáno do bufferu, v němž jsou data zprávy přichystána na vyzvednutí objektem AprsBot, který je předá třetímu objektu OGNZapisnik.

8.3.1 Filtr letadel

Zmíněná třída OGNKlient navíc implementuje funkci pro generování filtru letadel. Porovnáním vlastní databáze letadel s externí databází obsahující informace týkající sledovacích zařízení, které jsou instalována v letadlech. Samotné porovnávání je realizováno na základě shody registrační značky letadla, která je uvedena v obou zdrojích. Extrahovaná data jsou nejdříve zapsána do vlastní databáze, ze které je dále možné tyto data použít pro sestavení filtrovacího řetězce.

Zmíněné data mimo jiné obsahují přání vlastníka sledovače, jestli zařízení může být sledováno bez limitů, nebo bez zobrazení identifikace letadla, anebo si přeje nebýt sledován vůbec. Tyto žádosti generátor filtru respektuje a záznamy obsahující tyto žádosti odstraňuje z filtru.

8.4 OGNManazerLetu

Těžiště celého zapisovače se odehrává v manažeru letu, který je zodpovědný za správu celého životního cyklu sledovaného letadla. V momentě příchodu první zprávy z konkrétního letadla dojde k vytvoření instance manažera letu, který je danému letadlu přiřazen. Manažer letu zůstává v paměti i po úspěšném uzavření letu zmíněného letadla, a to hlavně z důvodů možného výskytu situace, kde došlo ke ztrátě signálu, a tudíž se přerušil příjem nových zpráv. K zániku manažera letu tedy dochází pouze při zastavení celého procesu zapisovače.

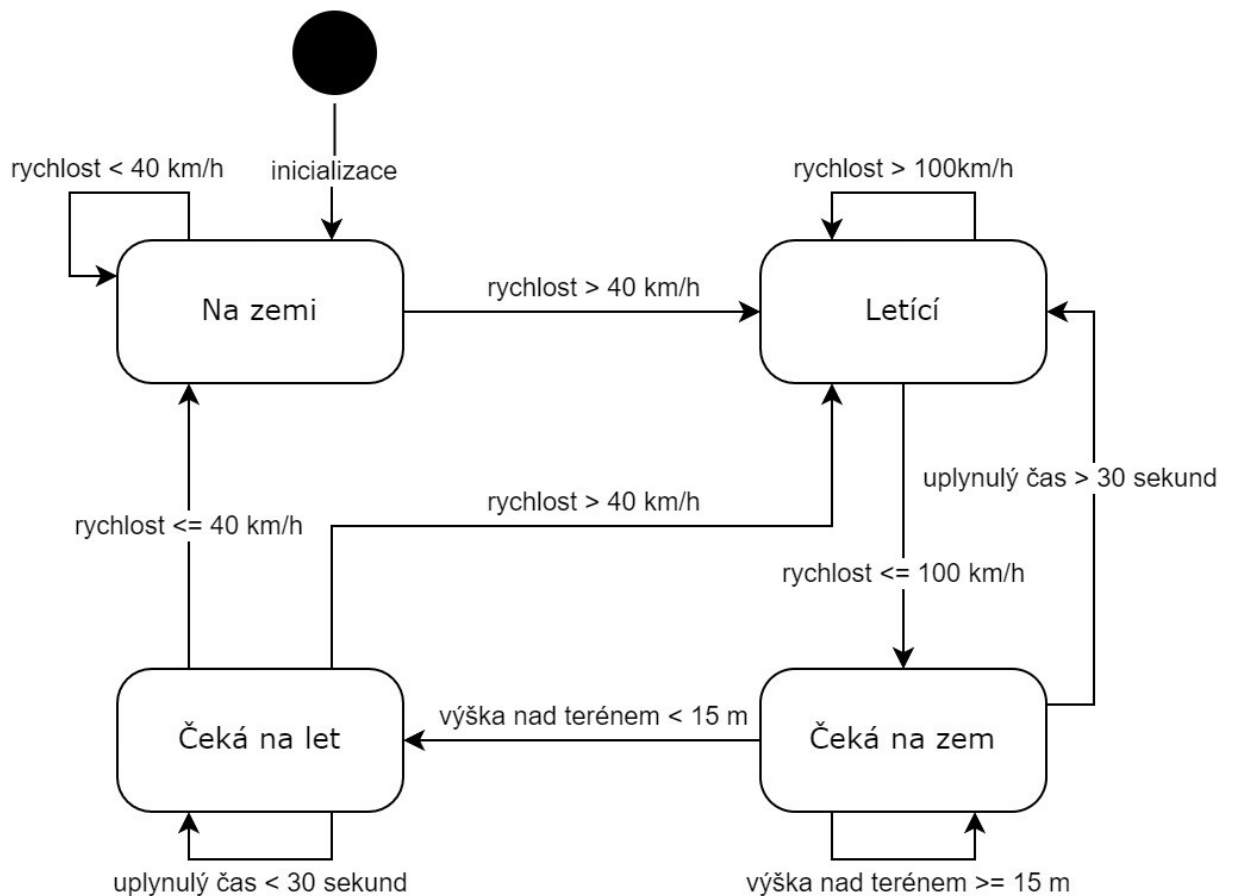
8.4.1 Uspořádávání zpráv

Předpokladem Manažera letu je, že příchozí zprávy o pozicích letadla jsou nepravidelné a neuspořádané. Tedy může nastat situace, kde zpožděné zprávy dorazí později než zprávy s vyšší časovou známkou. Takto chybně doručené zprávy by mohly narušit rozhodování Manažera letu, a tím způsobit chybné výsledky.

Manažer letů těmto komplikacím předchází použitím prepisovatelného bufferu o délce deseti zpráv, kde příchozí zpráva je chronologicky zařazena do bufferu dle své časové známky tak, aby zprávy v bufferu byly vzestupně seřazeny podle časové známky. Pokud buffer naplní svou kapacitu deseti zpráv, tak v situaci přidání nové zprávy přejde k odstranění nejstarší ze zpráv za účelem uvolnit prostor pro zprávu novou.

8.4.2 Konečný automat Manažera letu

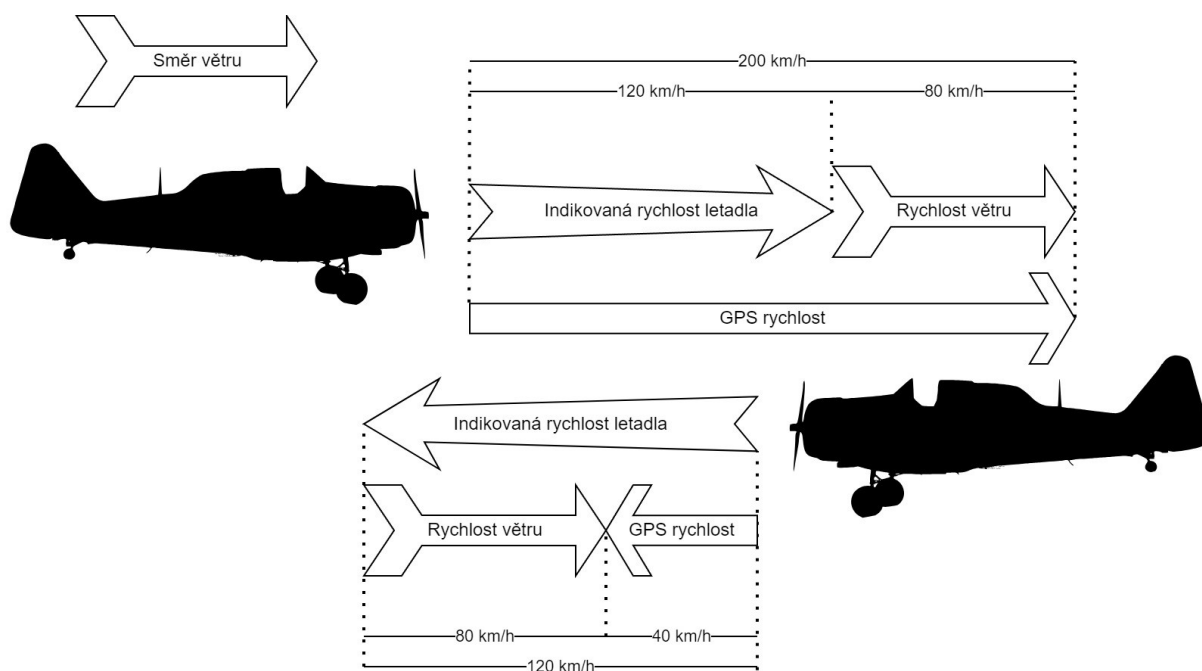
Funkce Manažera letu je definována následujícím stavovým automatem (Obrázek 24), který se skládá ze čtyř možných stavů. Manažer letu musí být schopen správně rozhodnou časový moment, kdy letadlo provede vzlet, respektive přistání. Předpokladem schopnosti udělat toto rozhodnutí je znalost stavu, ve kterém se letadlo nachází. Základní dva stavy „Na zemi“ a „Letící“ jsou určeny k reprezentaci situace, ve kterém se letadlo pohybuje po zemi, nebo v případě druhého stavu naopak letí. Zbývající dva stavy „Čeká na zem“ a „Čeká na let“ řeší komplikace spojené s určením přistání neboli přechodu ze stavu „Letící“ do stavu „Na zemi“, které jsou blíže popsány v kapitole Problém rychlosti.



Obrázek 24: Konečný automat Manažer letu (zdroj vlastní)

8.4.3 Problém rychlosti

Provedení přistání letadla nelze jednoduše určit na základě rychlosti získané z přijatých zpráv, protože se jedná o GPS rychlost neboli rychlost vůči zemi. Určení správného rozhodnutí lze odvodit pouze od indikované rychlosti letadla, která přímo závisí na aerodynamických jevech působících přímo na letadlo. Rozdíly mezi indikovanou rychlostí a GPS rychlostí je ilustrovány na Obrázek 25, kde lze vidět, že letadlo letící proti směru větru má GPS rychlost výrazně nižší než letadlo letící po směru větru. Tento příklad lze dotáhnout do extrému, ve kterém je indikovaná rychlost letadla stejná jako rychlost větru. V daném případě by GPS rychlost nabývala nulové hodnoty, ačkoliv letadlo skutečně stále letí.



Obrázek 25: Indikovaná vs. GPS rychlost (zdroj vlastní)

8.4.4 Určení času vzletu a přistání

Při určování vzletu nenastává Problém rychlosti, protože jsme schopni s jistotou říct, že letadlo se nachází na zemi. Silný vítr, který by umožňoval vzlet při extrémně nízké GPS rychlosti, se vyskytuje velmi zřídka a pilot zpravidla nesmí provést vzlet za těchto podmínek. K určení vzletu tedy postačí sledování GPS rychlosti letadla a ve chvíli kdy překročí specifickou rychlost, se tento moment prohlásí za vzlet. Autor tuto hraniční rychlost stanovil na 40 km/h, protože letadla se při pojíždění po zemi pohybují rychlostí do 20 km/h a v extrémech do 35 km/h. Naopak schopnost letadla letět při nižší rychlosti než 40 km/h je možná jen u speciálních modelů letadel a samozřejmě helikoptér, které nejsou v cílové skupině této aplikace. Provedením rozhodnutí o vzletu se Manažer letu přepíná ze stavu „Na zemi“ do stavu „Letící“ a provádí zápis do záznamu o letu obsahující čas vzletu. Navíc dojde ke spuštění algoritmu z kapitoly Určení letiště vzletu a přistání.

Určení přistání je již komplikovanější proces, protože letadlo ve stavu „Letící“ se může kdykoliv nacházet v oblasti silného větru, a tudíž nastává Problém rychlosti. Nelze tedy jednoduše spoléhat GPS rychlost letadla. Provedení spolehlivého určení přistání lze docílit kombinovanou kontrolou GPS rychlosti letadla a výšky nad terénem. Určení výšky letadla nad terénem je blíže popsáno v kapitole Výpočet výšky nad terénem. Tento výpočet je časově náročný a je důležité se určování výšky nad terénem, pokud možno vyhýbat. Použitím relativně vysoké rychlostní hranice lze zamezit zbytečnému určování výšky nad terénem, neboť pokud

se letadlo pohybuje rychleji než autorem určených 100 km/h, tak lze s jistotou říct, že letadlo opravdu letí. Poklesem rychlosti letadla pod tuto hranici dojde k přepnutí Manažera letu do stavu „Čeká na zem“, kde začne docházet k určování výšky nad terénem. Pokud ve zmíněném stavu Manažera letu nedojde v následujících 30 sekundách k rozhodnutí, že letadlo se nachází blízko země, tak dojde k navrácení stavu „Letící“, kde letadlo musí znovu splnit podmínku rychlosti. Hranice určující blízkost země je nastavena na relativně vysokou hodnotu 15 metrů. Tato hodnota je vhodná, protože umožní vysokou toleranci v nepřesnosti měření výšky nad terénem a zároveň se nejedná o konečné rozhodnutí o provedení přistání.

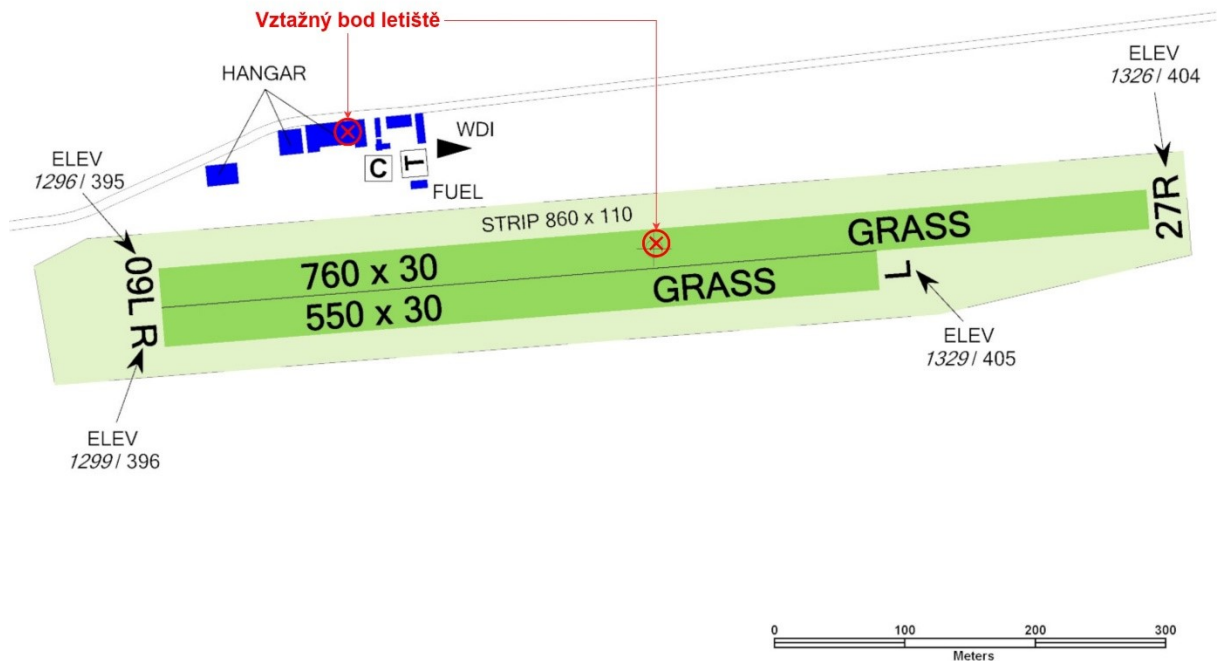
Manažer letu při výskytu letadla do 15 metrů nad zemí provede přepnutí stavu z „Čeká na zem“ do stavu „Čeká na let“. Zde dojde k určení času přistání a letiště přistání. Pro potvrzení přistání je nutné vyčkat na následující chování letadla, protože se může jednat o letmé přistání a vzlet, kde letadlo ihned po přistání znovu začne akcelerovat a přejde zpět do režimu letu. Manažer letu tedy po dobu 30 sekund ignoruje všechny příchozí zprávy a k potvrzení přistání použije až zprávu, která přijde po tomto časovém období. Pokud letadlo v tuto chvíli má nižší GPS rychlost než již zmíněných 40 km/h, tak dojde k přepnutí Manažera letu do stavu „Na zemi“ a dojde k uložení času a letiště přistání, které byly určeny v předchozím stavu při poklesu výšky letadla nad terénem pod 15 metrů. Na druhou stranu, kdy GPS rychlost letadla je vyšší než 40 km/h, tak dojde k zapomenutí určeného času a letiště přistání, kde je v záznamu o letu je inkrementována hodnota počtu přistání, a nakonec je Manažer letu přepnut do stavu „Letící“. Celý tento postup je znázorněn v konečném automatu na Obrázek 24.

8.4.5 Určení letiště vzletu a přistání

Záznamy o letu musí obsahovat označení letiště, ze kterého byl proveden vzlet, respektive přistání. Systém již obsahuje databázi letišť, kde je dostupné i geografické umístění letiště prostřednictvím zeměpisných souřadnic. Na Obrázek 26 lze vidět, že půdorys letiště může být komplexní a rozsáhlý. Bod geografického umístění letiště, který nazýváme vztažným bodem letiště je uložen v databázi. Tento bod se může nacházet správně ve středu VPD, ale zároveň může být poblíž zázemí letiště. Vzhledem k tomu, že letadla provádí vzlety a přistání na VPD, která mohou být v nejbližších bodech i několik kilometrů vzdálená od vztažného bodu letiště. Je tedy nutné přidat toleranci vzdálenosti od vztažného bodu letiště.

Druhá komplikace s určováním letiště je spojená se skutečností, že systém aktuálně neumožňuje evidenci místa přistání do terénu mimo letiště a automaticky detekované lety mají za úkol zjednodušovat uživateli vytváření záznamu o letu. Tudíž určení letiště by mělo být

benevolentnější a určit letiště i v situaci, kde skutečné místo vzletu/přistání je relativně hodně vzdálené od vztažného bodu letiště. Tento přístup umožní správné určení letiště i v situaci, kdy v momentě vzletu nejsou přijímány žádné zprávy z letadla, protože díky nízké výšce nad terénem je pravděpodobná ztráta signálu kvůli terénním překážkám.



Obrázek 26: Vztažný bod letiště (zdroj [22])

Autor stanovil vyhledávací rádius letiště na 8 kilometrů, kde z dostupných letišť uvnitř této kružnice se středem v místě vzletu/přistání vybere nejbližší z těchto letišť. Pokud by v budoucnu byla implementována funkce pro evidenci přistání do terénu mimo letiště, tak bude nutné nejen zmenšit vyhledávací rádius, ale bude nutné porovnávat i směrovou orientaci VPD s kurzem letadla v momentě přistání.

8.4.6 Výpočet výšky nad terénem

Pro výpočet výšky nad terénem je použito služeb systému Open Topo Data nasazeném uvnitř Docker kontejneru. Kdykoliv potřebuje zapisovač zjistit výšku pozice nad terénem, tak nejdříve sestaví HTTP požadavek obsahující zeměpisné souřadnice pozice, který zašle na OTD kontejner, který prohledá elevační mapy uložené v souborech typu TIFF. Právě operace prohledávání elevačních map je časově náročná, a tudíž je vhodné minimalizovat použití této funkce v zapisovači. Extrahovaná nadmořská výška terénu na dotazované pozici je zaslána zpět zapisovači, který odečtením nadmořské výšky od GPS výšky získá výšku pozice nad terénem.

8.5 OGNZapisnik

Je objekt zodpovědný za zapouzdření vnitřní logiky zapisovače. Každá nově příchozí zpráva z objektu AprsBot je nejdříve identifikována registrační značkou letadla. V situaci, kde zápisník dosud nevede žádné data spojené s konkrétním letadlem, vytvoří novou instanci Manažera letu, kterému předá zodpovědnost za dané letadlo. Zápisník vede seznam všech Manažerů letu a určuje, kterým předává zprávy obsahující pozice jim přiděleného letadla.

8.5.1 Rozpoznávání aerovleku

Z příchozích zpráv lze odhalit vzájemným porovnáváním souběžný vzlet letadel typu kluzák a vlečné letadlo. K tomuto účelu jsou určeny dvě třídy „SouteziciKluzak“ a „SouteziciVlečna“, které obalují třídu Manažera letu. Zápisník vede soutěžící kluzáky v odděleném seznamu od ostatních Manažerů letu. Při každé iteraci zapisovače jsou soutěžící kluzáky zkontrolovány, jestli nemají nastavenou signalizační vlajku provedení vzletu. Pokud soutěžící kluzák provedl vzlet, tak tuto vlajku nastaví a následně zápisník spustí soutěž pro hledání vlečného letadla tohoto kluzáku.

Pro hledání vlečného letadla je nutné mít možnost vzájemně porovnávat pozice z různých Manažerů letu, kde je zapotřebí zapsané pozice synchronizovat podle časové známky. Každý Manažer letu udržuje historii deseti pozic, ve kterých je nejdříve nalezena pozice s časovou známkou nejbližší k časové známce pozice z druhého Manažera letů. Časový rozdíl těchto zpráv nesmí být větší než deset sekund, protože následující porovnání pozic ztrácí přesnost v čase. Pokud není nalezena žádná pozice, tak je porovnání v dané iteraci přeskočeno.

V nově spuštěné soutěži pro hledání vlečného letadla je do soutěže zařazen každý aktivní Manažer letu, který zodpovídá za letadlo schopné provádět vzlet aerovleku. Na začátku je každé soutěžící vlečné přiřazeno skóre 1 000 bodů, které reprezentují množství metrů vzdálenosti. Samotné porovnávání je založeno na výpočtu vzájemné vzdálenosti zvolených pozic, kde vypočítaná vzdálenost v metrech je odečtena od přiřazeného skóre vlečného letadla. První soutěžící vlečná, která provede deset úspěšných porovnání a zároveň má stále kladné skóre, je prohlášena za vlečné letadlo pro daný kluzák. Pokud v soutěži nezůstane jediné vlečné letadlo, tak je soutěž ukončena a kluzáku je zapsán způsob vzletu navijákem.

Vlečné lano používané mezi kluzákem a vlečným letadlem se délkou pohybuje mezi 15 až 60 metry. Pro úspěšné určení vlečného letadla stačí, aby soutěžící vlečná udržela po dobu deseti kontrol průměrnou vzájemnou vzdálenost menší než 100 metrů. Takto přidaná tolerance

umožňuje průchodu chybných záznamů pozic algoritmem, kde pár chybných měření nemusí znamenat vyřazení soutěžící vlečné. Pokud se soutěžící vlečná během libovolné kontroly dostane do záporného skóre, tak je ihned odstraněna ze soutěže. To znamená graduální zužování možných kandidátů, kde vlečná letadla vzdálenější více jak 1 000 metrů jsou ze soutěže odstraněny hned v první iteraci.

8.6 Nasazení zapisovače do provozu

Předpokladem pro automatický zapisovač letů je jeho nepřetržitý běh při naslouchání nově příchozích zpráv od letadel. Autor pro nasazení zapisovače zvolil linuxové prostředí, kde lze nasazení zapisovače jednoduše realizovat použitím systémového nástroje Systemd pro spouštění služeb operačního systému. Vytvořením konfiguračního souboru, který obsahuje specifikaci spouštění zapisovače, a především pravidla pro jeho spuštění je zajištěn plynulý a nepřetržitý běh zapisovače. Mezi tato pravidla například náleží, že před spuštěním zapisovače musí být nejdříve spuštěna služba databáze, na které je zapisovač závislý. Běh zapisovače ve zmíněném režimu umožňuje větší míru kontrolu nad zapisovačem, kde při jakémkoliv selhání systému dojde k opakovanému pokusu o spuštění zapisovače pro zajištění nepřetržitého běhu. Systemd navíc automaticky provádí zápis výstupu zapisovače do žurnálů pro možnost ladění běhu služby zapisovače.

8.7 Ladění a validace zapisovače

Odchytávání implementačních chyb automatického zapisovače letů představuje netriviální úkol. Jedním z možných přístupů je navržení sofistikovaného generátoru zpráv obsahující pozice letadel. Požadavkem na zmíněný generátor by bylo nahrazení služby OGN vlastními zprávami, které by obsahovaly smysluplná data o sledovaném letadle. Mezi data využívané zapisovačem se nachází souřadnicová poloha, časová známka zprávy, ale také údaje o rychlosti, GPS výšce, nebo kvalitě přijaté zprávy.

Autor nakonec ustoupil z implementace zmíněného generátoru a použil alternativní přístup k ladění funkčnosti zapisovače. Použitím reálných dat ze systému OGN bylo možné se vyhnout implementaci testovacího generátoru. To ovšem sebou nese další komplikace, protože za účelem provedení testu je nutné provést reálný let pro vytváření dat v systému OGN. Zde autor využil, že je sám držitelem pilotní licence a během vývoje a podle potřeb sám prováděl testovací lety. Zmíněný postup autorovi nejen ušetřil velké množství času, ale zároveň autor měl vlastní kontrolu nad samotným letem pro generování potřebných dat.

8.8 Uplatnění letů vytvořených zapisovačem

V předchozích kapitolách, již byl vysvětlen princip fungování zapisovače letů, kde výstupem zapisovače jsou rozpoznané lety uložené v databázi. Tyto lety nelze považovat za kompletní záznamy o provedení letů, jelikož zapisovač není schopen z OGN získat informace ohledně členů posádky na palubě letadla, respektive jejich úkol a druh letu. V následujících kapitolách je vysvětleno, jakým způsobem jsou rozpoznané lety zapisovačem uplatněny ve webové aplikaci.

8.8.1 Propojování záznamu o letu s letem OGN

Pokud je konkrétní let již zapsán do záznamu o letu, tak záznam rozpoznávaného letu zapisovačem postrádá význam. Cílem funkce propojování letů je zamezení výskytu duplicit v systému a tím možné matení uživatele. V momentě vytvoření záznamu o letu uživatelem spustí kontrolu výskytu podobného letu mezi rozpoznávanými lety zapisovače. Tutéž kontrolu provádí zapisovač při ukládání kompletního záznamu rozpoznávaného letu.

Systém rozpoznává podobné lety na základě jejich časů vzletu/přistání, kde odchylka těchto časů byla stanovena na jednu minutu. Problémem míry odchylky je, kdy uživatel mohl vytvořit záznam o letu na základě odlišného pozorování než zapisovač, a tím pádem zapsat tyto časy s odchylkou, která může být i větší než několik minut. Na druhou stranu akceptování podobnosti záznamů s příliš velkou odchylkou může vést k propojení záznamů, které ve skutečnosti nerepresentují stejný let.

V momentě propojení záznamů letu jsou evidované pozice rozpoznávaného letu převedeny k záznamu o letu pro možnost zobrazení trati letu z kontextu záznamu o provedení letu. Následně je rozpoznávaný let označen k odstranění, neboť takový let stále nemusí být zapisovačem řádně ukončen. Zmíněným označením se zodpovědnost za odstranění letu předává zapisovači, který jej provede v momentu řádného ukončení rozpoznávaného letu.

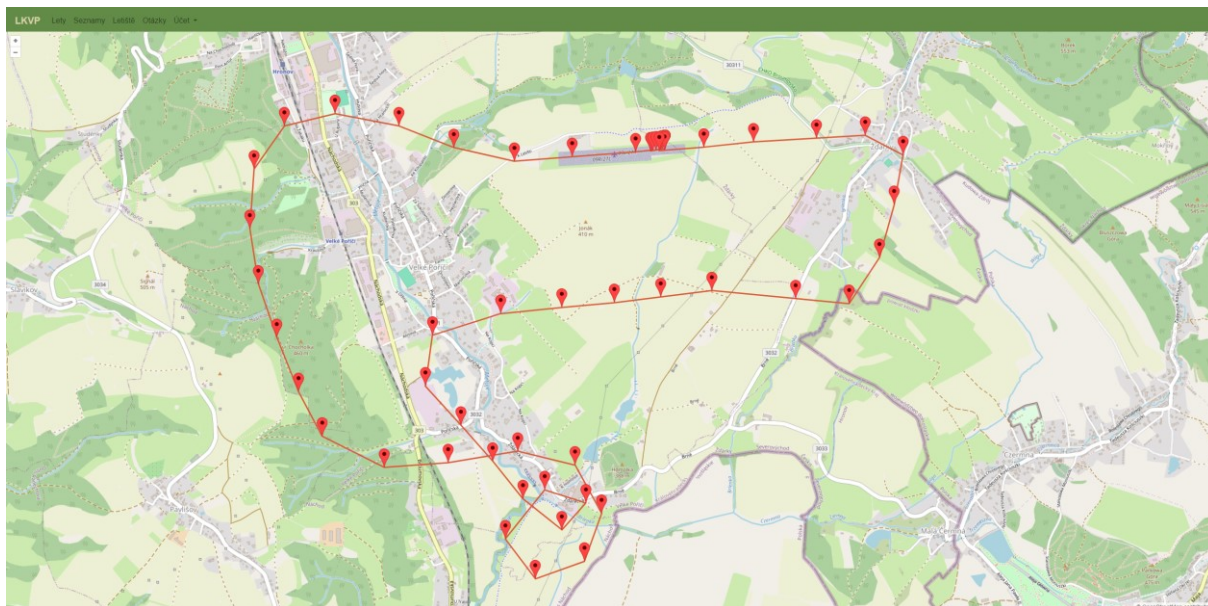
8.8.2 Zjednodušení formuláře vytváření záznamu o letu

Každý z rozpoznávaných letů lze v rámci webové aplikace použít jako základ pro vytvoření záznamu o letu. To umožňuje uživateli zjednodušenou interakci s aplikací, kde se snaží provést vytvoření již uskutečněného letu z rozpoznávaného letu zapisovačem. Aplikace použije údaje o letadle, časy vzletu/přistání a letiště vzletu/přistání pro předvyplnění formuláře pro vytvoření záznamu o letu z kapitoly Vyplňování formuláře nového letu.

8.8.3 Zobrazení letu v mapě

Zapísač ke každému z rozpoznávaných letů v pravidelných intervalech ukládá údaje o poloze letadla a dalších telemetrických údajů. Autor stanovil interval ukládání těchto údajů na 5 sekund, tak aby nedošlo ke ztrátě užitečné hodnoty dat a zároveň se aktivně předcházelo zahlcení kapacity databáze v čase.

Uživatel má možnost si každý rozpoznávaný let nebo záznam o letu spojený s těmito údaji zobrazit v mapě z kapitoly Open street map, která je zobrazena na Obrázek 27. Zmíněná funkce umožňuje uživatelům provádět ruční porovnávání a validaci letů za účelem kontroly správnosti vytvořených záznamů o letu. Tato funkce dále hrála nemalou roli při ladění funkčnosti a správného chování zapisovače letů, kde autor porovnával rozpoznávaná data zakreslená v mapě s vlastní zkušeností při provádění zkušebních letů.

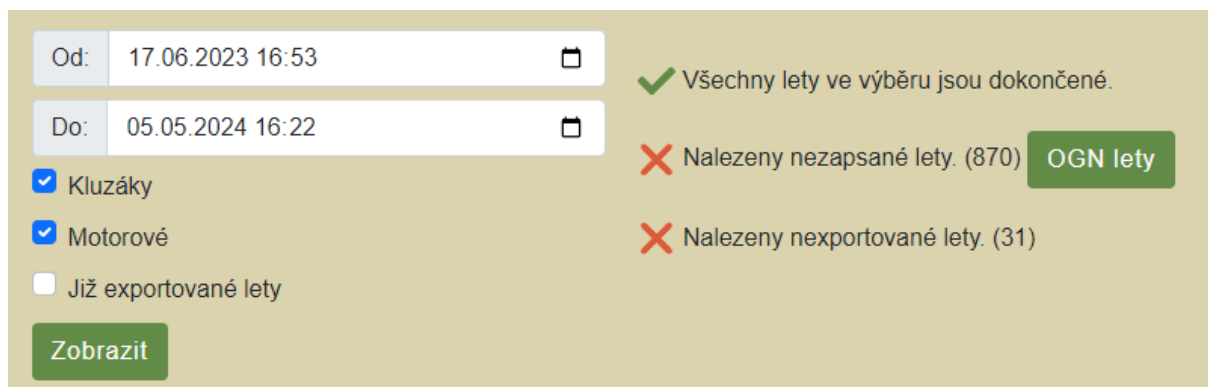


Obrázek 27: Trať letu v mapě (zdroj vlastní)

8.8.4 Validace před exportováním letů

Exportování záznamů o letu systém umožňoval již v rámci tvorby bakalářské práce autora. Zde byla tato funkce rozšířena o automatickou validaci záznamů (Obrázek 28) o letu, kterou umožnili data z automatického zapisovače letů. Z dílčích validačních bodů byl vytvořen jednoduchý seznam obsahující grafickou reprezentaci splnění jednotlivých bodů validace. Systém tak pomáhá uživateli, který je zodpovědný za export záznamů o letu a jejich dalším zpracování, odhalovat skryté chyby ve vytvořených datech ostatními uživateli. Aktuálně systém kontroluje výskyt rozpoznávaných letů zapisovačem, kterým neodpovídá žádný záznam o letu.

Tato kontrola poukazuje na kompletní opomenutí vytvoření záznamu o letu uživatelem. Druhá kontrola je založena na označení záznamů o letu, které byly již dříve exportovány, a tím umožňuje předejít duplicitnímu exportování. Systém tak aktivně uživateli nabízí pouze dosud neexportované lety a zároveň jej informuje o skutečnosti, kolik záznamů o letu ještě nebylo exportováno, pokud nějaké existují.



The screenshot shows a flight search interface with the following elements:

- Start date and time: "Od: 17.06.2023 16:53" with a calendar icon.
- End date and time: "Do: 05.05.2024 16:22" with a calendar icon.
- Filters:
 - Kluzáky
 - Motorové
 - Již exportované lety
- Buttons:
 - A green "Zobrazit" button.
 - A green "OGN lety" button.
- Status messages:
 - A green checkmark: "Všechny lety ve výběru jsou dokončené."
 - A red cross: "Nalezeny nezapsané lety. (870)"
 - A red cross: "Nalezeny nexportované lety. (31)"

Obrázek 28: Validace letů (zdroj vlastní)

8.9 Budoucí vývoj systému

Autor má v plánu pokračovat ve vývoji systému, a hlavně se zaměřit na možnosti progresivních webových aplikací pro umožnění používání systému i bez stálého připojení k internetové síti. Mezi další plánované změny náleží provedení revize systému rolí aplikace a možnosti sledování provozu v systému za účelem získání vyšší míry kontroly nad aktivitami uživatelů.

Aplikace byla testována vybranými uživateli, kteří mají zkušenosti s analogickým zápisem dat a ihned přišli s cennými poznatky, kde by systém měl řešit problematiku předávání odpovědnosti za evidenci letů mezi uživateli. Pokud uživatel odpovědný za evidenci letů chce během letového provozu předat zmíněnou odpovědnost druhému uživateli, tak vzniká problém, kde druhému uživateli trvá poměrně dlouhou dobu převzít odpovědnost. Za účelem zrychlení procesu předávání odpovědnosti za evidenci letů bude vhodné do systému implementovat funkci notifikací, kde uživatel zasláním notifikace druhému uživateli jej vyzve k převzetí odpovědnosti. Tímto způsobem dojde k výraznému zrychlení, kde druhý uživatel nebude muset ve svém zařízení vyhledávat webovou stránku zapisovače, ale jednoduchým kliknutím na notifikaci bude automaticky přesměrován do aplikace.

9 ZÁLOHOVÁNÍ

Nedílnou součástí každé aplikace, která zpracovává citlivá data na ztrátu, by mělo být zálohování dat aplikace. Provádění záloh umožňuje předejít ztrátě dat aplikace při zhroucení systému. Tato situace může nastat fyzickým poškozením serveru, například požárem v budově, nebo napadení systému škodlivým softwarem. Těmto rizikům by se především mělo předcházet na úrovni operačního systému a jeho zálohování. Ovšem to je již mimo rozsah této práce.

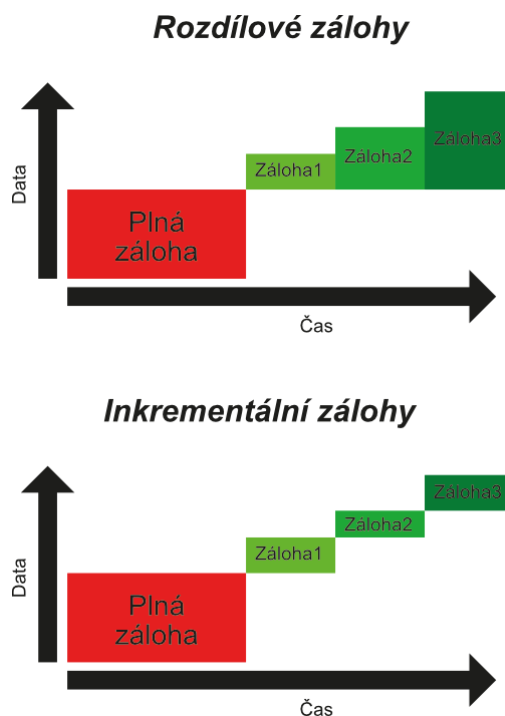
Hlavním cílem této kapitoly je navrhnout a automatizovat proces zálohování dat relační databáze MariaDB, kterou aplikace používá k perzistenci dat. Zálohování databáze tak přidává sekundární ochranou vrstvu nad zálohou operačního systému, která mimo jiné umožňuje obnovu dat v situacích, kdy dojde k poškození pouze dat databáze a není tak nutné obnovovat celý operační systém. Tento druh poškození dat může být způsobeno například neopatrným zacházením s databází, selháním souborového systému, nebo samotného paměťového média.

9.1 Metody zálohování

Rozlišujeme tři základní metody zálohování, a to plné, rozdílové a inkrementální zálohování. Plné zálohování je nejjednodušší ze zmíněných variant. V daný časový okamžik vytváříme kopii všech dat databáze. Tuto metodu lze ve většině případů realizovat pomocí běžných nástrojů operačního systému pro vytvoření kopie dat na úrovni souborového systému. Ovšem tato metoda je paměťově velmi náročná, protože při každé další kopii ukládá celý obraz databáze, který obsahuje mnoho nezměněných částí.

Druhou variantou je vytváření rozdílové zálohy. Před použitím rozdílové zálohy je nutné nejdříve provést plnou zálohu, ale každá následující záloha ukládá pouze změny provedené vzhledem k dané plné záloze. Tímto způsobem se částečně odstraňuje problém ukládání nezměněných dat, ale mezi jednotlivými rozdílovými zálohami tento problém přetrvává. Výhodou této metody je vzájemná nezávislost jednotlivých rozdílových záloh.

Poslední metodou je inkrementální zálohování. Ta se velmi podobá rozdílovému zálohování a stejně tak potřebuje provést nejdříve plnou zálohu. Následující zálohy pak ukládají pouze data změněná od poslední jiné inkrementální zálohy. Tím se odstraňuje problém opětovného ukládání nezměněných dat, ale vzniká závislost mezi jednotlivými zálohami. V případě ztráty jedné ze záloh znemožní použití jakékoliv chronologicky následující zálohy. Rozdíly mezi inkrementální a rozdílovou zálohou jsou zobrazena na Obrázek 29.



Obrázek 29: Rozdílová vs inkrementální záloha (zdroj [23])

9.2 Data aplikace

Správná volba metody zálohování závisí na datech aplikace určených k zálohování. Tato data se skládají z dynamických číselníků, dat o uživatelích a záznamech letů. Data číselníků a uživatelů se v čase přidávají, nebo mění spíše zřídka. Ovšem záznamy letů se přidávají pravidelně v průběhu dne.

Pro zvolení metody zálohování je nutné odpovědět na dvě základní otázky. Za jak dlouhé období do selhání systému je akceptovatelné ztratit data? Zde se zaměříme na záznamy letů, které vznikají mnohem častěji než jakákoliv jiná data v systému. Ochrana těchto dat je nutná od chvíle vzniku v rukou časoměřiče až do chvíle jejich exportování pro externí systém Flight office. Toto období může trvat, jakkoliv dlouho mezi jedním až třiceti dny. Rozpoznání selhání systému v průběhu letového dne dochází ihned při nemožnosti zapsání dalšího letu. Tudíž se dá očekávat rozpoznání selhání maximálně několik hodin od jeho opravdového selhání. V případě neletových dnů pak tato doba může trvat i několik dní, ale zároveň v této době žádná data nevznikají a ani se nemění. Pokud tedy rozpoznáme selhání systému, tak je možné využít znalosti uživatelů, kteří tato data vytvářeli a obnovit je tímto způsobem. Odpovědí na otázku tedy je, že řádově jednotky hodin je akceptovatelné pro ztrátu dat.

Druhou otázkou je, za jak dlouhé období je potřeba vytvořené zálohy uchovávat? Systém napadený škodlivým softwarem může ovlivnit uložená data a tím je znehodnotit. Takový

software se může v systému nacházet i několik měsíců až let, než dojde k jeho odhalení. Vzhledem k tomu, že všeobecné letectví je převážně sezónní aktivita a uzávěrka všech dokumentací se provádí jednou ročně, kde se předchozí roky převádí do archivace, je tak ideální období pro uchovávání záloh je právě jeden rok.

9.3 Automatizační skript

Předpokládané prostředí nasazení databáze pro aplikaci je některá z distribucí Linuxu. Pro implementaci skriptu je tedy použito jazyka Bash a nástroje Cron pro jeho automatické spouštění. Na základě dat aplikace a dostupných metod zálohování je ideální kombinace inkrementální zálohy společně s plným zálohováním. Inkrementální zálohování umožní provádět zálohy i několikrát denně bez ukládání velkého množství duplicitních dat, a tudíž vysoké náročnosti na kapacitu uložení. Na druhé straně plné zálohování nám umožňuje v delším intervalu udržovat bezpečnou kopii databáze po delší dobu.

Základní požadavky na skript je jeho univerzálnost a možnost jednoduchého použití. Skript tedy provádí abstrakci vytváření záloh tak, aby uživatel nebyl zatěžován udržováním konzistentní adresářové struktury záloh. Uživatel tak nemusí mít znalostní bázi týkající se vytváření záloh.

9.3.1 Adresářová struktura

Povinným parametrem skriptu je zadání absolutní cesty k adresáři, kam mají být zálohy ukládány. Uvnitř tohoto adresáře jsou skriptem vytvořeny dva podadresáře. První z nich je určen pro inkrementální zálohy a druhý z nich pro plné zálohy. V případě inkrementálních záloh obsahuje adresář jeden specifický podadresář určený pro plnou zálohu, ke které se vztahují všechny inkrementální zálohy. Pro každou zálohu, ať inkrementální, nebo plnou je vytvořen samostatný adresář obsahující jednoduchý soubor s časovou značkou vytvoření zálohy a podadresářem obsahující samotnou zálohu.

Ačkoliv již záloha obsahuje metadata, ve kterých lze najít časovou značku vytvoření, tak skript používá vytvoření vlastního souboru pro možnost šifrování a komprimace zálohy. Tímto způsobem je odstraněna závislost skriptu na volbě použití šifrování, nebo způsobu komprimace.

9.3.2 Vytváření záloh

Plnou zálohu lze vytvořit použitím přepínače „-f“. Tímto skript vytvoří nezávislou plnou zálohu databáze do příslušného adresáře, který pro přehlednost pojmenuje prefixem a aktuálním datem.

Skript umožňuje provedení inkrementální zálohy jednoduchým přepínačem „-i“. Nejdříve najde nejnovější předchozí inkrementální zálohu. Pokud taková záloha neexistuje, tak použije plnou zálohu a v případě absence i této zálohy provede plnou zálohu. Nad nalezenou zálohou vytvoří novou inkrementální zálohu obsahující rozdíly v databázi od dané poslední zálohy do aktuálního stavu.

9.3.3 Obnovení ze zálohy

Skript nevyžaduje specifikaci konkrétní zálohy, která by se měla použít k obnově, ale uživatel pomocí zvolení jednoho z přepínačů „-ro“ a „-rn“ specifikuje, jestli se má hledat starší nebo novější záloha vzhledem k následujícímu parametru časové známky. Skript na základě toho parametru nalezne nejbližší starší, nebo novější, zálohu podle specifikovaných parametrů. V případě nalezení takové zálohy je uživateli prezentována časová známka vytvoření dané zálohy a je vyžadováno potvrzení, jestli uživatel chce danou zálohu použít k obnovení.

Nalezenou zálohou může být plná, ale i inkrementální záloha. Pokud se jedná o inkrementální zálohu, tak nejdříve skript postupně aplikuje všechny předchozí inkrementální zálohy na zálohu plnou. Tím dojde aktualizaci plné zálohy do stavu inkrementální zálohy vyžádané uživatelem.

Po připravení plné zálohy k požadovanému datu se může přejít k samotnému obnovení dat. Nejdříve je nutné zastavit službu spravující databázi, aby se předešlo nekonzistentnímu stavu během obnovy. Následuje smazání obsahu datového adresáře databáze a poté se zkopírují data zálohy do tohoto adresáře. Nakonec je nutné předat zpět vlastnictví tohoto adresáře uživateli mysql pro zajištění přístupu k datům. Po úspěšném dokončení všech operací je možné službu databáze opět spustit.

9.3.4 Archivace inkrementální zálohy

Poslední z přepínačů skriptu je „-c“, který umožňuje převedení všech existujících inkrementálních záloh na zálohu plnou, kterou přenese do adresáře pro plné zálohy s aktuálním datem. Nakonec všechny použité inkrementální zálohy odstraní pro uvolnění prostředků. Tato metoda je určena pro přechod mezi častými inkrementálními zálohami na plné zálohy, které se ukládají v mnohem delších intervalech.

9.3.5 Odstraňování starých záloh

Skript obsahuje konfiguraci, která specifikuje, po jaký počet dní se mají ukládat inkrementální zálohy a po jaký počet dní se mají ukládat plné zálohy. Při každém spuštění skriptu je kontrolováno, jestli existují zálohy starší než konfigurované období. Plné zálohy nespĺňující toto kritérium jsou odstraněny. V případě inkrementálních záloh jsou nejdřív všechny zálohy nespĺňující toto kritérium aplikovány na příslušnou plnou zálohu, aby se předešlo ztrátě konzistence a návaznosti mezi zálohami. Poté je možné tyto zálohy bezpečně odstranit.

Na základě kapitoly Data aplikace jsou inkrementální zálohy ukládány po dobu 30 dní a plné zálohy pak po dobu jednoho roku.

9.3.6 Cron a automaziace

Samotná automatizace zálohování je provedena nástrojem Cron. Vzhledem k poznatkům z kapitoly Data aplikace je důležité zvolit správné intervaly mezi zálohami. Cílem tedy je provést několik inkrementálních záloh napříč celým dnem. Je důležité určit denní dobu, kdy bude systém relativně málo vytížen, aby provádění zálohy mělo minimální dopad na dostupnost systému.

První záloha dne by měla být provedena před jakýmkoliv začátkem letového provozu, která se pohybuje mezi sedmou až devátou hodinou ranní. Provedení první zálohy je tedy nastaveno na sedmou hodinu ranní. Další snížení zátěže systému nastává v době oběda. Nastavením dalšího zálohování na dvanáctou hodinu je zároveň dodržen maximální rozestup několika hodin od poslední zálohy. Stejným způsobem jsou odvozeny časy pro zbylé dvě zálohy prováděné v daném dni. Tyto zálohy se provádí v sedmnáct a dvacet tři hodin. Archivace těchto záloh do jedné z nich je pak prováděna jednou měsíčně.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo analyzovat, navrhnout a implementovat automatizované zpracování dat z OGN a zálohování datové vrstvy v aplikačním systému. Tento systém umožňuje kontrolu validity formulářů, dále je implementována vlastní funkce autocomplete, která nabízí na základě číselníkových hodnot vyplnění polí formulářů. Pro tvorbu zapisovače letů z OGN byly použity nové optimalizační funkce pro dosažení kvalitního uživatelského prožitku a byl vytvořen modul pro automatické sledování leteckého provozu, který dále uživatelům zjednodušuje práci se systémem.

Při tvorbě aplikačního systému byl použit systém OGN s Automatic Packet Reporting System (APRS) umožňující práci s GPS, což bylo využito pro zaznamenání časových údajů vzletu a přistání, dále pro rychlost a klesání a stoupání letadla. Při implementaci byla využita i práce s topografickou mapou, která je v systému virtualizovaná prostřednictvím technologie Docker. Při propojování záznamů letů s letem OGN byla pomocí synchronizace eliminována duplikace dat.

Pro potřeby zálohování dat byl vytvořen automatizační skript, který pracuje s inkrementální i plnou zálohou. Tento skript je spouštěn pětkrát denně v obdobích minimálního vytížení systému, s tím že je vytvořena inkrementální záloha a plná záloha je vytvářena jedenkrát měsíčně.

Praktický výstup je funkční a v práci je zmíněn i budoucí možný vývoj aplikačního systému. Při jeho tvorbě se autor setkal s řadou nových technologií, jako například práci s geolokačními prostředky. Při řešení bylo nutné, aby se autor vypořádal s chybějícími podkladovými daty, kde poskytnutá data evidence letů pro analýzu neobsahovala některá velmi důležitá data potřebná pro potvrzení některých teorií autora.

Samotná implementace modulu pro automatické sledování provozu byla velkou výzvou pro autora, který musel řešit velké množství komplikací spojených s chybovostí a spolehlivostí zdroje dat, které jsou způsobené vlastnostmi rádiového přenosu dat z letadel. Autor dále měl příležitost využít praktického ladění programu, kde místo navržení sofistikovaného generátoru dat přistoupil k praktickému testování v podobě zkušebních letů. Z pohledu vývoje softwaru bylo tedy netradičně nutné ověřit aplikační systém praktickým provedením letu, který poskytl potřebná data pro testování systému.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BUIS, Alan. Earth's Atmosphere: A Multi-layered Cake. *NASA* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://climate.nasa.gov/news/2919/earths-atmosphere-a-multi-layered-cake/>
- [2] SHAW, Robert J. Dynamics of Flight. *NASA* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/UEET/StudentSite/dynamicsofflight.html>
- [3] SKOLNIK, Merrill I. Radar. *Britannica* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/radar>
- [4] SKYBARY. Primary Surveillance Radar. *SKYbary* [online]. 2021 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/primary-surveillance-radar-psr>
- [5] SKYBARY. Secondary Surveillance Radar. *SKYbary* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/secondary-surveillance-radar-ssr>
- [6] SKYBARY. Transponder. *SKYbary* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/transponder>
- [7] WBUCZAK, ACASADO, PHILOOO, LUCIANO2 a SAFESKY, ed. About OGN. *Open Glider Network* [online]. 2018, 4. 11. 2022 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <http://wiki.glidernet.org/about>
- [8] WBUCZAK. System's architecture. In: *Open Glider Network* [online]. 2018, 4.11.2022 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://ognproject.wdfiles.com/local--files/about/ogn-topology.png>
- [9] JALOCHA, Pawel, SCHAUMON, ed. Aprs Interaction Examples. *Open Glider Network* [online]. 2019, 4. 5. 2020 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <http://wiki.glidernet.org/aprs-interaction-examples>
- [10] WADE, Ian, ed. APRS WORKING GROUP. *APRS Protocol Reference* [online]. Protocol Version 1.0. Tucson: Tucson Amateur Packet Radio, 2000 [cit. 2024-04-24]. ISBN 0-9644707-6-4. Dostupné z: <http://www.aprs.org/doc/APRS101.PDF>
- [11] BRUNINGA, Bob. *Automatic Packet Reporting System* [online]. 1999, 12. 9. 2013 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <http://www.aprs.org/>
- [12] ŠIMBERA, Jan. *SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY* [online]. Praha, 2018 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/projekty/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-kartografie-a-dpz/souradnicove-systemy/>. Výukový materiál. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta.
- [13] FRACZEK, Witold. Mean Sea Level, GPS, and the Geoid. *Esri* [online]. 2003 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.esri.com/news/arcuser/0703/geoid1of3.html>
- [14] BREITENBACH, Uwe a Susana OTERO. *Vereinsflieger.de* [online]. 2012 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://vereinsflieger.de/>

- [15] KÖLBL, Zdeněk. Flight Office GA. *Air Jihlava service s. r. o.* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.airjihlava.cz/cs/sluzby/flight-office-ga-program-pro-letecke-spolecnosti>
- [16] Laravel dokumentace [online]. [2013?] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://laravel.com/docs/10.x>
- [17] Laravel Eloquent [online]. [2013?] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://laravel.com/docs/10.x/eloquent>
- [18] Laravel Blade Templates [online]. [2013?] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://laravel.com/docs/10.x/blade>
- [19] MARIADB FOUNDATION. About MariaDB Server. MARIADB FOUNDATION. *MariaDB Foundation* [online]. 2009 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://mariadb.org/about/>
- [20] AJNISBET. *Open Topo Data* [online]. [2019?] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.opentopodata.org/>
- [21] OpenStreetMap. *OpenStreetMap* [online]. [2024?] [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://www.openstreetmap.org/about>
- [22] LKVP. In: ŘÍZENÍ LETOVÉHO PROVOZU. *VFR příručka* [online]. 2024 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/ad/lkvp_adc.jpg
- [23] TOUCHWOOD. Moderní metody zálohování. *Poradna.net* [online]. 2005 [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://pc.poradna.net/articles/2929913-moderni-metody-zalohovani>
- [24] SEKCE PRO SPRÁVU A VEŘEJNOST. *Úřad pro civilní letectví* [online]. 2024 [cit. 2024-05-08]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/>
- [25] *Letecká amatérská asociace ČR* [online]. 2024 [cit. 2024-05-08]. Dostupné z: <https://www.laacr.cz/>
- [26] ČESKÁ REPUBLIKA. Letecký předpis L 7: Poznávací značky letadel. In: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-7/index.htm>. 2023.
- [27] KDÉR, František. *Metodika výcviku na kluzácích: Základní výcvik – Řízení kluzáku* [PDF]. 1978. Dostupné také z: <http://krtek.taaa.eu/~th/flying/v-pl-4.pdf>
- [28] ÚSTŘEDNÍ VÝBOR SVAZU PRO SPOLUPRÁCI S ARMÁDOU. *Metodika leteckého výcviku na kluzácích: obrazová část* [PDF]. 1984. Dostupné také z: <https://www.aeroklubhb.cz/wpdata/schoolbook/MLV-SPL-04.pdf>

SEZNAM PŘÍLOHY

Příloha A: Aplikační systém	85
Příloha B: Služba automatick zapisovače	86
Příloha C: Zálohovací skript	87

PŘÍLOHA A: APLIKAČNÍ SYSTÉM

Obsahuje kompletní zdrojové kódy k webové aplikaci serveru včetně automatického zapisovače letů a migrační soubor pro vytvoření databáze. K spuštění je zapotřebí zajistit připojení k databázi, připojit docker kontejner Open topo data společně se soubory topografických map. Použitím nástrojů Composer a Artisan lze provést spuštění webové aplikace.

PŘÍLOHA B: SLUŽBA AUTOMATICKÉHO ZAPISOVAČE

Soubor pro spuštění služby automatického zapisovače letů na systému s Linuxovou distribucí Fedora. Tento soubor je nutné vložit do adresáře `/etc/systemd/system/` a následně dle pravidel Systemd spustit.

PŘÍLOHA C: ZÁLOHOVACÍ SKRIPT

Soubor obsahující skript pro provádění zálohování.