



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Filip Bartůněk

**ZÁZNAM LETU A JEHO VYUŽITÍ PRO POTŘEBY
LETECKÉ ŠKOLY**

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621..... Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Filip Bartůněk

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Záznam letu a jeho využití pro potřeby letecké školy**

Název tématu (anglicky): Record of Flight and Its Use for The Needs of Flight School

Zásady pro vypracování

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

- Popis požadovaných dat pro leteckou školu
- Přehled dostupných trackovacích zařízení
- Celková analýza letu
- Detekce letiště vzletu, přistání, touch&go
- Detekce narušení omezených, zakázaných, nebezpečných, řízených a hlukově omezených prostorů
- Využití výstupních dat pro výcvikové záznamy



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Letecká informační příručka AIP ČR, LIS ŘLP ČR, s.p.
GlobalSat GTR-128/GTR-129 Development Document V 0.4, GlobalSat (manuál k trackovacímu zařízení)
Výcviková dokumentace (příručky výcviku, osnovy výcviku, deníky žáka), Letecká škola F AIR

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Karel Hanton**
Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: **28. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Filip Bartůněk
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 28. října 2016

Prohlášení

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

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

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

V Praze 28. 8. 2017



Filip Bartůněk

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Mgr. Karlu Hantonovi za cenné připomínky, odborné rady a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Stanislavu Pleningerovi, Ph.D. za cenné připomínky ke struktuře a obsahu práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ZÁZNAM LETU A JEHO VYUŽITÍ PRO POTŘEBY LETECKÉ ŠKOLY

bakalářská práce
srpen 2017
Filip Bartůněk

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Záznam letu a jeho využití pro potřeby letecké školy“ je řešení pro leteckou školu v oblasti automatizace administrativy letů, sledování letadel a záznamu letů včetně možnosti vyhodnocení. Od stanovení potřeb, přes výběr trackovacího zařízení a detekci jednotlivých dat až po finální způsob a podobu prezentace získaných informací.

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis „Record of Flight and Its Use for The Needs of Flight School“ is solution for flight school in the area of automation of flight administration, aircraft tracking and flight record including the possibility of evaluation. From the determination of requirements, through the choice of tracking device and the detection of individual data to the final method and presentation of the information obtained.

KLÍČOVÁ SLOVA

záznam letu, vyhodnocení letu, administrativa letů, tracker, sledování letadel, polohová data, GPS, letecká škola

KEY WORDS

record of flight, evaluation of flight, flight administration, tracker, aircraft tracking, position data, GPS, flight school

OBSAH

OBSAH	- 5 -
SEZNAM ZKRATEK	- 7 -
1 ÚVOD.....	- 9 -
2 POPIS POTŘEB LETECKÉ ŠKOLY.....	- 12 -
2.1 ADMINISTRATIVA USKUTEČNĚNÉHO LETU	- 12 -
2.2 INFORMACE O AKTUÁLNÍ POLOZE LETADEL.....	- 16 -
2.3 ZÁZNAM LETU A JEHO VYHODNOCENÍ VZHLEDEM K NAPLÁNOVANÉ TRATI A AKTUÁLNÍ SITUACI VZDUŠNÉHO PROSTORU	- 17 -
3 PŘEHLED TRACKOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	- 20 -
3.1 EXISTUJÍCÍ ŘEŠENÍ:.....	- 21 -
3.1.1 MOMOOK	- 21 -
3.1.2 FLIGHTTRACK	- 22 -
3.1.3 CHARTERWARE	- 24 -
3.1.4 CLOUDAHOY	- 24 -
3.2 TESTOVANÁ TRACKOVACÍ ZAŘÍZENÍ	- 25 -
3.2.1 MOBILNÍ TELEFON S APLIKACÍ MOBILETRACER	- 26 -
3.2.2 TRACKERY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL	- 27 -
3.3 TRACCAR.COM	- 30 -
4 DETEKCE ČASOVÝCH ÚDAJŮ O LETU	- 31 -
4.1 ČAS BLOCK-OFF	- 31 -
4.2 ČAS VZLETU	- 32 -
4.3 ČAS PŘÍSTÁNÍ	- 32 -
4.4 ČAS TOUCH&GO	- 33 -
4.5 ČAS BLOCK-ON	- 33 -
4.6 DOBA LETU BLOCK.....	- 34 -
4.7 DOBA PROVOZU	- 34 -
4.8 DOBA LETU V NOCI	- 34 -
4.9 PŘÍKLAD ZDROJOVÝCH DAT	- 34 -
4.10 DETEKCE SEGMENTŮ POHYBU LETADLA	- 35 -
4.10.1 STANOVENÉ PARAMETRY	- 40 -
4.10.2 VÝPADKY POLOHOVÝCH DAT.....	- 40 -
4.11 URČENÍ JEDNOTLIVÝCH ČASŮ	- 41 -
5 DETEKCE MÍSTA VZLETU, PŘÍSTÁNÍ, TOUCH&GO	- 44 -
5.1 PODKLADOVÉ INFORMACE/DATA	- 44 -
5.2 TECHNICKÉ PROVEDENÍ DETEKCE	- 44 -
6 DETEKCE LETU V OMEZENÝCH, REZERVOVANÝCH, VYHRAZENÝCH, ZAKÁZANÝCH, NEBEZPEČNÝCH, ŘÍZENÝCH A HLUKOVĚ OMEZENÝCH PROSTORECH.....	- 46 -
6.1 POKLADOVÉ INFORMACE/DATA.....	- 46 -
6.2 TECHNICKÉ PROVEDENÍ DETEKCE	- 47 -
7 PODOBA VÝSTUPNÍCH DAT A JEJICH VYUŽITÍ PRO VÝCVIKOVÉ ZÁZNAMY.....	- 48 -

7.1	ADMINISTRATIVA USKUTEČNĚNÉHO LETU	- 48 -
7.2	INFORMACE O AKTUÁLNÍ POLOZE LETADEL.....	- 50 -
7.3	ZÁZNAM LETU A JEHO VYHODNOCENÍ VZHLEDEM K NAPLÁNOVANÉ TRATI A AKTUÁLNÍ SITUACI VZDUŠNÉHO PROSTORU	- 58 -
8	ZÁVĚR	- 62 -
	POUŽITÉ ZDROJE	- 64 -

SEZNAM ZKRATEK

AD	Aerodrome	<i>Letiště</i>
ADS-B	Automatic dependent surveillance – broadcast	<i>Automatický závislý přehledový systém - vysílání</i>
AIP	Aeronautical information publication	<i>Letecká informační příručka</i>
ALT	Altitude	<i>Nadmořská výška</i>
ATZ	Aerodrome traffic zone	<i>Letištní provozní zóna</i>
CTA	Control area	<i>Řízená oblast</i>
CTR	Control zone	<i>Řízený okresek</i>
ČHMÚ		<i>Český hydrometeorologický ústav</i>
ČR		<i>Česká republika</i>
DOA	Design organisation approval	<i>Oprávnění organizace k projektování</i>
EASA	European Aviation Safety Agency	<i>Evropská agentura pro bezpečnost v letectví</i>
FIR	Flight information region	<i>Letová informační oblast</i>
GEN	General	<i>Všeobecný</i>
GNSS	Global navigation satellite system	<i>Globální navigační družicový systém</i>
GPS	Global positioning system	<i>Globální navigační systém</i>
GS	Ground speed	<i>Traťová rychlost</i>
GSM	Global system for mobile communications	<i>Globální systém pro mobilní komunikaci</i>
IFR	Instrument flight rules	<i>Pravidla pro let podle přístrojů</i>
IR	Instrument rating	<i>Přístrojová kvalifikace</i>
IR(A)	Instrument rating (aeroplanes)	<i>Přístrojová kvalifikace (letouny)</i>
L	Left	<i>Levý</i>
LAA	Light Aircraft Association	<i>Letecká amatérská asociace</i>
LDG	Landing	<i>Přistání</i>
LIS	Aeronautical information services	<i>Letecká informační služba</i>
LKBE		<i>Letiště Benešov</i>
LKD	Danger area in Czech airspace	<i>Nebezpečný prostor v českém vzdušném prostoru</i>
LKP	Prohibited area in Czech airspace	<i>Zakázaný prostor v českém vzdušném prostoru</i>
LKPM		<i>Letiště Příbram</i>
LKR	Restricted area in Czech airspace	<i>Omezený prostor v českém vzdušném prostoru</i>

LKTRA	Temporary reserved airspace in Czech airspace	<i>Dočasně rezervovaný vzdušný prostor v českém vzdušném prostoru</i>
LKTSA	Temporary segregated airspace in Czech airspace	<i>Dočasně vyhrazený vzdušný prostor v českém vzdušném prostoru</i>
MCTR	Military control zone	<i>Vojenský řízený okrsek</i>
ME	Multi engine	<i>Vícemotorový</i>
MEP	Multi engine piston	<i>Vícemotorový pístový</i>
METAR	Aerodrome routine meteorological report (in meteorological code)	<i>Pravidelná letištní zpráva (v meteorologickém kódu)</i>
MRVA	Minimum radar vectoring altitude	<i>Minimální nadmořská výška pro radarové vektorování</i>
MT	MobileTracer	<i>MobileTracer</i>
MTMA	Military terminal control area	<i>Vojenská koncová řízená oblast</i>
NOTAM	Notice to airman	<i>Poznámka pro letce</i>
PIC	Pilot in command	<i>Velitel letadla</i>
PPL(A)	Private pilot license (aeroplanes)	<i>Licence privátního pilota (letouny)</i>
QTY	Quantity	<i>Množství</i>
R	Right	<i>Pravý</i>
ŘLP		<i>Řízení letového provozu</i>
SE	Single engine	<i>Jednomotorový</i>
SLZ		<i>Sportovní létající zařízení</i>
SSR	Secondary surveillance radar	<i>Sekundární přehledový radar</i>
T/O	Take-off	<i>Vzlet</i>
TMA	Terminal control area	<i>Koncová řízená oblast</i>
UIR	Upper flight information region	<i>Horní letová informační oblast</i>
UL		<i>Ultralehké letadlo</i>
USD	United States dollar	<i>Americký dolar</i>
UTC	Coordinated universal time	<i>Koordinovaný světový čas</i>
VFR	Visual flight rules	<i>Pravidla pro let za vidu</i>

1 ÚVOD

Společně s nárůstem objemu letecké dopravy roste logicky i poptávka po výcviku pilotů, která je spojena s nárůstem provozu v leteckých školách poskytujících výcvik právě profesionálních pilotů. Z tohoto důvodu je nutné zefektivnit a zautomatizovat maximální množství rutinních činností, které jsou s leteckým výcvikem spojené. Tato bakalářská práce se zaměřuje na automatizaci administrativy letu, zajištění informace o aktuální poloze letadel a zkvalitnění a zefektivnění po letového rozboru. Zapojení počítačových algoritmů a automatizace do těchto procesů přinese nejenom jejich urychlení, ale také zamezí spoustě chyb způsobených lidským faktorem.

Prvním bodem je automatizace administrativy letu, neboli automatické generování dat o letu, jako je čas block-off, čas vzletu, čas přistání, čas block-on, počet vzletů, název letiště vzletu a přistání. Všechny tyto údaje nebo údaje z nich vypočítané je nutné zaznamenávat do palubního deníku letadla, následně do zápisníku letů studenta a instruktora a nakonec i do deníku žáka¹ k příslušné úloze, která byla daným letem splněna. V současné době se všechny tyto údaje zaznamenávají písemně a jak je evidentní, stejné informace se zapisují až 4-krát, což zabere celkem velký objem času a dává prostor na tvorbu chyb. Cílem této práce je vytvořit algoritmus pro automatické generování těchto dat a následně definovat způsob jejich zobrazení a využití. [1]

Druhým bodem této práce je zajištění a způsob zobrazení aktuální polohy letadel celé flotily letecké školy za účelem sledování studentů během sólo letů instruktorem na zemi a sledování všech letadel flotily dispečinkem letů. Díky tomu bude moci instruktor vyhodnocovat sólo let již v jeho průběhu a po návratu studenta ihned provést de-briefing. Dispečer díky aktuální informaci bude moci zaznamenat pravděpodobné zpoždění návratu letadla a v předstihu může upravit následující rezervace a zabránit tak prostoji posádek.

Posledním bodem je záznam a vyhodnocení letu. Ve většině současných leteckých škol praktického výcviku soukromých a profesionálních pilotů probíhá de-briefing² po letu jako rozhovor studenta a instruktora nad poznámkami, které si instruktor zaznamenal během letu a bezprostředně po něm. Veškeré odchylky od letěné trati a dodržování plánovaných výšek letu jsou diskutovány pouze na základě zaznamenaných nepřesností instruktorem na palubě. Není k dispozici žádný průkazný záznam letu, který by sloužil jako podklad pro po letový rozbor, co se týče letěné trati, výšek, případného narušení prostorů, apod. V případě letu ve dvojím³ lze tento nedostatek substituovat již zmíněnými poznámkami, ale v případě sólo⁴

¹ soubor výcvikových úloh a prvků pilotního výcviku vykonávaného studentem

² po letový rozbor provedeného letu studentem a instruktorem

³ instruktor je na palubě letadla a je velitelem letu

letů nemá instruktor na zemi žádnou přístupnou možnost zjistit, zda student dodržuje naplánovanou trať. Jediným způsobem je kontaktování ŘLP s žádostí o poskytnutí radarového záznamu, ale tento postup není standardně možný a vyžaduje zvláštní smluvní vztah s ŘLP. Navíc vylučuje letadla, která jsou vybavena odpovídačem pouze v módu A/C nebo nejsou vybavena odpovídači vůbec a jsou tak pro ŘLP neidentifikovatelná, pokud se nepohybují v řízeném prostoru, nebo je nelze odfiltrvat od okolního provozu. Co se týče radarového pokrytí, tak VFR lety se často pohybují pod výškou MRVA, kde není zajištěno radarové krytí. Cílem této práce je poskytnout instruktorovi a studentovi zobrazení kompletního záznamu letu ve vertikální a horizontální rovině nad leteckým mapovým podkladem s možností porovnat odletěnou trať s původně naplánovanou trasou.

Velkým přínosem této práce je její komplexnost, jelikož se nezabývá pouze popisem finálních služeb, které byly ve zkratce představeny v předchozích odstavcích, ale řeší též způsoby, jak získat potřebné informace o pohybu letadel včetně ověření vybraných zařízení v praxi.

Nezbytnou součástí práce je i vytvoření jednotlivých algoritmů pro zpracování vstupních údajů, jejichž výsledky jsou následně prezentovány v jednotlivých výstupech systému.

Tato bakalářská práce vychází z projektu, který započal u letecké školy F AIR, sídlící na Letišti Benešov, již v roce 2015 právě z výše uvedených důvodů. Jelikož žádný ze systémů, které jsme na trhu našli, nespĺňoval všechny požadavky letecké školy F AIR a nebylo by jednoduše možné jej napasovat na specifika našeho provozu a na rezervační/administrativní systém Flynet, který výše zmíněná letecká škola využívá. Rozhodli jsme se proto jít cestou spolupráce s partnerskou společností CS SOFT a.s. a rozvíjet tak dále jejich systém PublicRadar a MobileTracer. Díky tomu, že práce stojí na reálném využití, řada výstupů byla převedena do praxe již v průběhu její tvorby a zbylé funkcionality budou zpracovány do systému PublicRadar po odevzdání této práce. [2]

Na tomto místě je nutné zdůraznit, že všechny algoritmy a zpracování dat jsou určena pro provoz malých letounů (ultralehké a certifikované motorové letouny) používaných v leteckých školách, tzn. minimálně dvoumístné a maximálně šestimístné letouny s jedním nebo dvěma pístovými motory, a to ve vzdušném prostoru České republiky. Po drobných úpravách podmínek algoritmů a doplněných podkladových informací z jiných zemí je možné využít výstupy této práce i pro provoz ostatních kategorií letadel a ve vzdušných prostorech mimo ČR.

Autor bakalářské práce částečně navazuje na diplomovou práci Ing. Jana Kodada z roku 2014: Scénář letu na základě polohové informace. Oproti práci p. Kodada je tato práce

⁴ instruktor na zemi, student letí sám (= sólo) jako velitel letadla

zaměřena především na využití výstupů v praxi letecké školy a získání izolovaných údajů, výstupem není kompletní scénář letu. Analýza fází letu a časových údajů ležících na jejich rozhraní je postavena jednodušeji a nad celým záznamem letu. Dalším značným rozdílem je komplexnost pojetí problematiky od stanovení požadavků, přes výběr zdroje polohových dat a stanovení algoritmů, až po finální prezentaci výstupů. Obecně tato práce je více v praktické než teoretické rovině, jelikož hlavním cílem je uvést výstupy do funkční podoby v systému PublicRadar. [3]

2 POPIS POTŘEB LETECKÉ ŠKOLY

Jak již bylo nastíněno v úvodu, jsou tři základní skupiny dat, které letecká škola potřebuje o daném letu získat. Na následujících řádcích budou popsány potřeby v rámci jednotlivých oblastí, aby bylo možné v navazujících kapitolách stanovit algoritmy, které povedou k automatizaci zpracování polohových a pohybových dat o letadlech a následné prezentaci výstupů dle stanovených požadavků.

2.1 ADMINISTRATIVA USKUTEČNĚNÉHO LETU

Součástí dokumentace každého letadla je palubní/technický deník letadla, který slouží k evidenci jednotlivých letů. Záznam každého letu obsahuje: datum, jména posádky, čas a místo odletu (čas block-off a čas vzletu), čas a místo přistání (čas přistání a čas block-on), dobu letu block, dobu provozu, počet vzletů, druh letu, celkovou dobu provozu, celkový počet vzletů, informace o palivu, informace o oleji, informace o závadách a podpis velitele letounu. Konkrétní podoba technického deníku používaného v letecké škole F AIR je uvedena na Obrázku 1 a 2. Palubní deník ultralehkého letadla je jednodušší a hlavním rozdílem je, že se neeviduje doba letu block, pouze doba provozu.

Celková doba provozu a celkový počet vzletů slouží jako podklad pro provádění údržby letadla, kde jsou jednotlivé kontroly, prohlídky a revize limitovány náletem letadla, počtem vzletů (např. u podvozku) nebo časově (termínem).

Data o každém letu jsou zapsána posádkou také do jejich dokumentace, zápisníku letů, kde záznam každého letu obsahuje: datum, místo a čas odletu (block-off), místo a čas příletu (block-on), informace o letadle, označení letové doby jednopilotní (SE/ME) nebo vícepilotní, celkovou dobu letu, jméno PIC, počet přistání ve dne a v noci, dobu v provozních podmínkách noc a IFR, dobu v pilotní funkci velící pilot/druhý pilot/dvojí/instruktor/..., poznámky a potvrzení. Konkrétní podoba zápisníku letů pro pilota letounů dle standardů EASA je uvedena na Obrázku 3 a 4. Zápisník letů pro pilota ultralehkých letadel není povinný, ale v případě, že si jej pilot vede, tak je jeho podoba jednodušší a hlavním rozdílem je, že se neeviduje doba letu block, pouze doba provozu.

Datum Date	Posádka (Crew): Pilot – student		Místo odletu Place of DEP		Místo přistání Place of ARR		Doba letu BLOCK Flight time	Doba provozu Time in service	Počet vzletů Take-offs	Druh letu Nature of flight
	Instructor		Block OFF	Vzlet (T/O)	Přistání (LDG)	Block ON				
10.12. 2016	Novák	Zelený	LKBE		LKBE		0:49	0:40	6	V
			10:08	10:14	10:54	10:57				
11.12. 2016	Červenka	Kovář	LKBE		LKKV		1:23	1:10	1	I
			08:40	08:48	09:58	10:03				
12.12. 2016	Slavík	Zelený	LKBE		LKBE		1:10	1:00	10	V
			12:50	12:55	13:55	14:00				
			:	:	:	:	:	:		
			:	:	:	:	:	:		
			:	:	:	:	:	:		
			:	:	:	:	:	:		
			:	:	:	:	:	:		

Obrázek 1 - Technický deník letounu (levá strana) [4]

Doba provozu (Time in service) Celkem (Total)			Palivo Fuel				Stav oleje Oil QTY. (L/R)	Podrobnosti vzadu Details back	Předletová prohlídka Preflight checks
Hodiny Hours	Min. Min.	Vzlety Take-offs	Plán Plan	Plněno Refueled	Odlet DEP	Přilet ARR		Závady Defects	Podpis PIC ¹⁾ Signature of PIC
649	20	230	40	60	75	40	3/3	Y	Zelený
650	30	231	55	30	70	25	2,5/2,7	N	Kovář
651	30	241	40	35	60	30	3/3	Y	Zelený

1) Zahájením letu PIC potvrzuje provedení předletové prohlídky dle letové příručky
(Starting the flight PIC confirms that preflight checks have been executed according to the flight manual)

Obrázek 2 - Technický deník letounu (pravá strana) [4]

V letecké škole F AIR a stejně tak i v jiných školách podobné velikosti je nutné let zaevidovat do rezervačního/administrativního systému, který slouží jednak jako hlavní kniha letů a za druhé jako podklad k fakturaci pronájmu letadla a instruktora studentovi/klientovi. Vyplňují se zde obdobné informace jako do palubního/technického deníku letadla.

Nakonec musí být ještě provedený let přiřazen k některé z úloh ve výcvikové dokumentaci studenta, kde se opět vyplňuje identifikace letadla, jméno instruktora, doba provozu nebo doba letu block (dle druhu výcviku), trať letu a podpis instruktora. [6]

Požadavkem letecké školy za účelem zrychlení administrativy letu a zamezení tvorby chyb, které vznikají, když si pilot data zaznamenává během letu písemně, je generovat následující údaje automaticky a předvyplňovat je do příslušných polí evidence letů v systému PublicRadar, či přímo rezervačním/administrativním systémem letecké školy:

- čas block-off
- čas vzletu
- čas touch&go
- čas přistání
- čas block-on
- místo vzletu/přistání/touch&go
- doba letu block
- doba provozu
- počet vzletů ve dne a v noci
- doba letu v noci

Všechny uvedené údaje potřebuje letecká škola a pilot znát až po skončení letu. Stejně tak jejich vyžádání přes systém PublicRadar nebo rezervační/administrativní systém letecké školy probíhá až po skončení letu, což je důležitý faktor pro volbu detekčního algoritmu.

U všech časových údajů požadujeme přesnost na celé minuty (zaokrouhlení na nejbližší minutu) tak, jak je standardem uvádět ve výše uvedené dokumentaci.

Povolit možnost opravit časové údaje generované systémem PublicRadar pouze uživatelům systému, kterým jsou k tomu administrátorem přiřazena příslušná práva.

Ostatní údaje uvedené v palubním/technickém deníku letadla a v zápisníku letů pilota jako jsou role členů posádky (velící pilot, instruktor, apod.), druh letu, informace o palivu, apod. musí být vyplněny manuálně posádkou a jejich zjištění není předmětem této bakalářské práce.

Po ukončení letu je třeba jej automaticky vyhodnotit vzhledem k pohybu ve vzdušných prostorech vyžadujících povolení vstupu nebo v prostorech do nichž je vstup

zakázán permanentně nebo dočasně na základě aktivace. V případě, že některý ze zmíněných prostorů bude detekován, zobrazit indikaci v řádku ukončeného letu.

Během vyhodnocení provést analýzu nízkých průletů a v případě pozitivního nálezu zobrazit indikaci v řádku ukončeného letu.

2.2 INFORMACE O AKTUÁLNÍ POLOZE LETADEL

Za účelem přehledu o aktuální poloze všech letadel provozovatele je nutné jejich zobrazení nad mapovým podkladem včetně doplňujících informací. Tento přehled je třeba pro následující účely:

- 1) Dispečink letecké školy potřebuje informaci o aktuální poloze všech svých letadel, protože zajišťuje rezervace letadel a instruktorů na jednotlivé výcvikové lety. Např. v případě zpoždění některého letadla může pro navazující výcvikový let poskytnout letadlo jiné, nebo jinak vyřešit nastalou situaci.
- 2) Instruktor na zemi, který vypustil svého studenta na sólo let do prostoru letiště nebo na navigační let, potřebuje průběžně sledovat jeho aktuální polohu a provedení letu, aby ihned po jeho návratu mohl provést se studentem de-briefing.

Dostatečná obnovovací frekvence aktuální polohy je 15 s.

Aktuální poloha letadla musí být doplněna následujícími informacemi:

- typ a imatrikulace letadla
- aktuální rychlost letadla vůči zemi (GS)
 - o pro certifikované letouny v KTS
 - o pro ultralehká letadla v KM/H
- aktuální nadmořská výška letadla (GPS ALT)
 - o ve stopách
- aktuální zeměpisný kurz letadla
- aktuální indikace polohy letadla za 5 min, tzv. speed vector
- aktuální indikace, zda se letadlo pohybuje po zemi, nebo letí
- možnost zobrazit track letu od konce předchozího uloženého letu

Mapový podklad musí obsahovat následující vrstvy:

- základní topografický mapový podklad

- letiště, SLZ plochy a ostatní místa pro vzlet/přistání/touch&go zadané uživatelem systému PublicRadar
- VFR a IFR traťové body a tratě
- prostory CTR, TMA, MCTR, MTMA, ATZ
- prostory zakázané (LKP) a nebezpečné (LKD)
- prostory omezené (LKR), dočasně rezervované (LKTRA) a dočasně vyhrazené (LKTSA), nejlépe s indikací, zda jsou aktivované, či nikoliv
- omezené a zakázané prostory uvedené v NOTAM
- hlukově omezené prostory, primárně v okolí letišť
- aktuální srážky, bouřky, blesky
- aktuální oblačnost
- aktuální zobrazení webkamer
- aktuální meteorologická situace na letištích vydávajících METAR
- aktuální hranice mezi dnem a nocí, nejlépe zobrazení občanského svítání/soumraku a východu/západu slunce

Zobrazované vrstvy na mapovém podkladu musí být volitelné uživatelem.

Výše popsané zobrazení aktuálního přehledu letadel musí být přístupné přes webovou stránku systému PublicRadar, nebo přímo přes rezervační/administrativní systém letecké školy pouze registrovaným uživatelům s příslušnými právy nastavenými administrátorem.

Dále je třeba zobrazení na velkoplošné obrazovce na briefingu a dispečinku v letecké škole.

2.3 ZÁZNAM LETU A JEHO VYHODNOCENÍ VZHLEDEM K NAPLÁNOVANÉ TRATI A AKTUÁLNÍ SITUACI VZDUŠNÉHO PROSTORU

Let, který chceme vyhodnotit, musí být nejdříve ukončen (viz kapitola 2.1) a následně může být zobrazen jeho záznam. Zobrazení záznamu musí být součástí systému PublicRadar nebo rezervačního/administrativního systému letecké školy a musí mít následující části:

- zobrazení uložených informací o letu – datum, posádka, časy, počty vzletů, apod. (viz kapitola 2.1)
- zobrazení statistických informací o letu: maximální, průměrná a minimální výška letu, maximální, průměrná a minimální rychlost letadla
- zobrazení mapového podkladu s horizontální trajektorií letu s barevným rozlišením jednotlivých detekovaných fází letu a symbolem letadla

- zobrazení výškového profilu trati s barevným rozlišením jednotlivých detekovaných fází letu, s úrovní terénu, s grafem průběhu rychlosti letadla, vertikálními hranicemi prostorů a symbolem letadla
- zobrazení časové osy s posuvníkem, jehož poloha na časové ose koresponduje s umístěním symbolu letadla na trati, a s možností přehrát let s různým zrychlením pohybu letadla
- zobrazení času UTC v dané poloze letadla a doby od vzletu
- zvýraznění a zobrazení výpisu vzdušných prostorů, ve kterých byl let proveden s indikací těch, které vyžadují povolení vstupu nebo vstup do nich je zakázán permanentně nebo dočasně na základě aktivace
- zobrazení nabídky letů příslušejících dané posádce a uložených společně s právě zobrazeným letem – možnost vybrat více letů k zobrazení
- zobrazení panelu pro definování trati sloužící k porovnání se záznamem uskutečněného letu

Zaznamenaná poloha letadla v daném momentě musí být doplněna následujícími informacemi:

- typ a imatrikulace letadla
- rychlost letadla vůči zemi (GS)
 - o pro certifikované letouny v KTS
 - o pro ultralehká letadla v KM/H
- nadmořská výška letadla (GPS ALT)
 - o ve stopách
- zeměpisný kurz letadla
- indikace polohy letadla za 5 min, tzv. speed vector
- indikace, zda se letadlo pohybuje po zemi, nebo letí

Mapový podklad musí obsahovat následující vrstvy:

- základní topografický mapový podklad
- letiště, SLZ plochy a ostatní místa pro vzlet/přistání/touch&go zadané uživatelem systému PublicRadar
- VFR a IFR traťové body a tratě
- prostory CTR, TMA, MCTR, MTMA, ATZ
- prostory zakázané (LKP) a nebezpečné (LKD)

- prostory omezené (LKR), dočasně rezervované (LKTRA) a dočasně vyhrazené (LKTSA), nejlépe s indikací, zda byly v daném momentě aktivované, či nikoliv
- omezené a zakázané prostory uvedené v NOTAM
- hlukově omezené prostory, primárně v okolí letišť
- srážky, bouřky, blesky v daném momentě
- oblačnost v daném momentě
- zobrazení webkamer v daném momentě
- meteorologická situace na letištích vydávajících METAR v daném momentě
- hranice mezi dnem a nocí, nejlépe zobrazení občanského svítání/soumraku a východu/západu slunce v daném momentě

Zobrazované vrstvy na mapovém podkladu musí být volitelné uživatelem.

Definování trati pro porovnání se záznamem skutečného letu musí mít následující funkcionality:

- definice horizontální trati mezi body uvedenými ve vrstvách na mapovém podkladu a mezi uživatelsky vytvořenými body
- definice výšky na jednotlivých úsecích trati
- definice úhlu klesání/stoupání před/po jednotlivých traťových bodech tak, aby byly plynule propojeny definované výšky v předchozím bodě

Jak je evidentní z výše popsaných potřeb, samotné vyhodnocení provedeného letu vůči naplánované trati není požadováno automaticky v tom smyslu, že by byly vypsány přesné horizontální a vertikální odchylky od trati. V tomto případě postačuje vizuální vyhodnocení trati instruktorem.

3 PŘEHLED TRACKOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Jak je popsáno v předchozí kapitole, potřebujeme získávat online aktuální polohová data o letadle obsahující informaci o poloze, rychlosti, výšce a kurzu, a tato data následně ukládat do databáze.

Existuje celá řada možností, jak získávat tyto informace o pohybu letadel všeobecného letectví. Profesionální letecká řešení využívající např. ADS-B nebo datalink jsou ale pro využití v této oblasti malého létání velmi nákladná. Výhody, které přinesou provozovateli, nejsou rentabilní vůči vynaloženým nákladům do upgradu letadel. Vezměme si např. dvoumístné cvičné letadlo pro VFR vybavené odpovídačem pracujícím pouze v módu A/C. Pro získání ADS-B out capability je nutné koupit nový odpovídač schopný módu S s funkcí extended squitter a certifikovaný zdroj GNSS polohy. GNSS polohu letadla můžeme získat ze zastavěného certifikovaného GNSS zařízení (navigace) nebo z GNSS modulu, který může být součástí některých odpovídačů. Nezbytnou součástí jsou náklady na zástavbovou dokumentaci a práci provedenou oprávněnou organizací pro zástavbu avioniky. Minimální celkové náklady jsou cca 150.000,- Kč na jedno letadlo. V případě ADS-B je navíc třeba vysílání z letadel zachytit a informace dostat do centrálního serveru systému, v našem případě PublicRadar. Vybudování takové sítě je pro provozovatele nemyslitelné, ale nabízí se možnost využití dat např. z amatérské sítě flightradar24.com. Co se týče datalinku, tak zde je nutné kalkulovat s náklady na upgrade palubního vybavení pro tyto účely a poplatky poskytovateli datalinkové infrastruktury (např. Iridium) za každý přenos.

Další možností je případná smluvní dohoda s řízením letového provozu o poskytování jejich přehledových dat (tyto data využívají především aerolinie pro přehled o svých letadlech), zde ale narážíme na problém s pokrytím nízkých hladin (pod MRVA), kde většinou naše cílová letadla létají, a pohybem na zemi. Dalším nedostatkem tohoto řešení je nemožnost identifikace letadel nevybavených odpovídačem nebo vybavených odpovídačem pouze v módu A/C, které nemůže ŘLP odfiltrovat od ostatního provozu a nemůže tak data poskytnout konkrétnímu provozovateli. Výjimkou je pohyb letadla v řízeném prostoru, kde je letadlo identifikováno na základě radiokomunikace.

Z výše uvedených důvodů jasně vyplývá, že profesionální řešení nejsou pro provoz letadel v letecké škole vhodná jednak z pohledu ceny, tak i z pohledu pokrytí všech letadel ve flotile provozovatele. Na základě těchto poznatků jsme se rozhodli hledat jinou možnost, jak získat potřebná data (uvedená v předchozí kapitole). Nejdříve jsme prostudovali existující řešení trackování letadel v oblasti všeobecného letectví.

3.1 EXISTUJÍCÍ ŘEŠENÍ:

Všechna akceptovatelná řešení jsou postavena na technologiích GNSS (primárně GPS) a GSM, které díky mobilním technologiím jsou velmi rozšířené (existuje velká řada hardwarových variant), cenově dostupné (výrazně levnější než předchozí popsaná řešení) a mají uspokojivou kvalitu.

3.1.1 MOMOOK

Dle webových stránek a telekonferenci s obchodním zástupce firmy je systém MOMook primárně určen pro administraci letů a činností letecké školy, organizaci výukových materiálů a jako testovací portál. Doplnkovou službou je možnost sledování letadel pomocí trackerů. Na první pohled se zdá, že jde o tracker přímo vyvinutý pro tento systém, ale není tomu tak. Jedná se o tracker využívaný především pro automobilový průmysl od výrobce Ruptela. Jeho připojení je možné pouze přes 12 V zásuvku, jelikož připojení přímo na elektrickou síť letadla s možností skrýt tracker s anténou do konstrukce letadla není certifikované. Tracker s externí GPS anténou a ilustrativním příkladem zobrazení v systému MOMook je na Obrázku 5. Více informací o trackeru zde: <http://www.ruptela.com/product/fm-pro4/> [7]



Obrázek 5 – MOMook [7]

Aktuální polohu letadel je možné sledovat přes systém MOMook včetně záznamu letu, který je možné využít pro de-briefing se studentem. Automatickou detekci jednotlivých časů (block-off, take-off, landing, touch&go, block-on), místa vzletu/přistání, narušení vzdušných prostorů a další výstupy, které uvádím v této bakalářské práci, systém MOMook pravděpodobně neumí (dle informací na webu a rozhovoru s obchodním zástupcem). [7]

Za jednotlivé trackery se platí jednorázový poplatek za pořízení a měsíčně za propojení se systémem a samotné využívání systému.

Více informací o systému MoMook zde: <https://momook.com>

3.1.2 FLIGHTTRACK

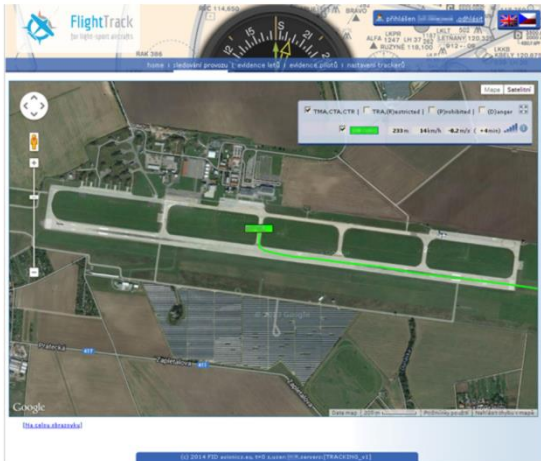
Systém FlightTrack je české řešení zajišťující evidenci letů, online sledování a záznam letu letadel vybavených trackerem FT300, který byl dle webových stránek výrobce vyvinutý přímo pro tento systém. Jeho nevýhodou je možné použití pouze v ultralehkých letadlech, není certifikovaný pro provoz ve všeobecném letectví. Jedinou možností, jak jej v certifikovaných letadlech použít je opět pouze přes 12 V zásuvku. Více informací o trackeru zde: http://fid-avionics.eu/public_fid/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=60 [8]

Automatická evidence letů zaznamenává pouze k danému letadlu čas a místo vzletu a přistání bez počtu vzletů a časů block-off a block-on (zřejmě z důvodu, že systém není primárně určený pro certifikovaná letadla). [8]

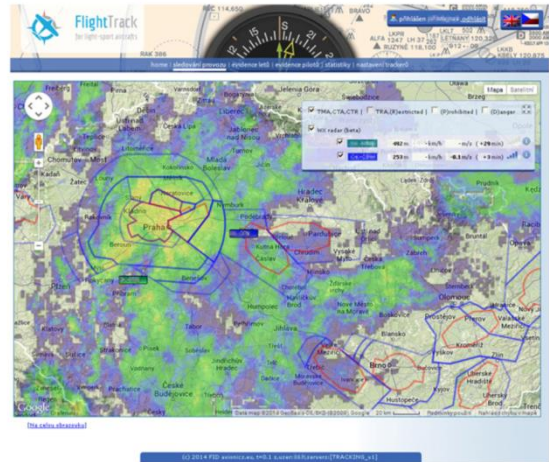
Zobrazení aktuální polohy všech letadel lze doplnit pouze vrstvou radaru srážek, žádnou jinou možnost zobrazení počasí systém neumožňuje. Zobrazení vzdušných prostorů je omezeno pouze na jejich horizontální hranice, zobrazení prostorů dle časové aktivace systém neumožňuje. [8]

Záznam letu lze zobrazit pouze nad mapou se vzdušnými prostory bez jakékoliv informace o historii počasí. [8]

Na Obrázcích 6 a 7 jsou uvedeny příklady zobrazení systému.

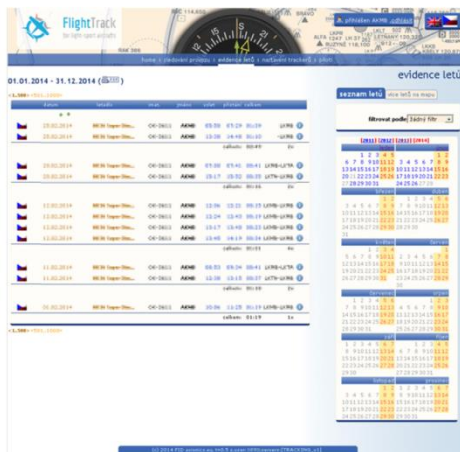


funkce sledování aktuální polohy letadla

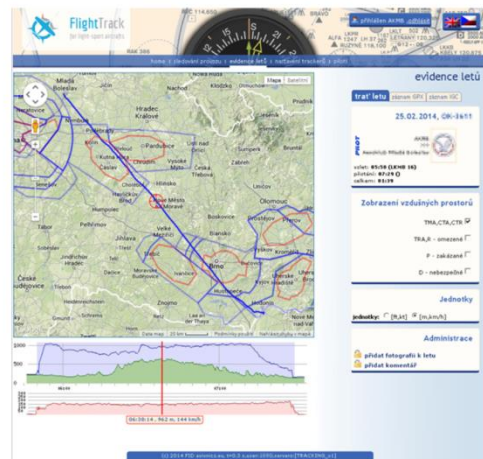


zobrazení aktuální polohy letadla na mapě včetně vrstvy WX radar

Obrázek 6 - FlightTrack - zobrazení aktuální situace [8]



Automatické vedení evidence letů



Záznam průběhu letu - zobrazení trasy letu, výškového profilu letu společně s profilem terénu

Obrázek 7 - FlightTrack - zobrazení evidence letů a záznamu průběhu letu [8]

Zajímavou funkcí je možnost FlightTrack propojit se systémem FlightOffice (více zde: <http://www.airjihlava.cz/flight-office-uvod>), který slouží pro administrativu letů, obdobně jako systém Flynet letecké školy F AIR. Případně FlightTrack nabízí export dat ve formátu GPX, pdf nebo csv. [8]

Za jednotlivé trackery se platí jednorázový poplatek za pořízení a měsíčně za propojení se systémem a samotné využívání systému. [8]

Více informací o systému FlightTrack zde: <http://www.Ftrack.eu>

3.1.3 CHARTERWARE

Charterware je německý systém nabízející trackovací zařízení s EASA certifikátem pro řadu malých letadel všeobecného letectví (tracker je na Obrázku 8), což je oproti předchozím dvěma řešením velkou výhodou. Zároveň nabízí i software pro správu letů včetně automatického načítání dat z trackerů, obdobně jako předchozí varianty. [9]



Obrázek 8 - Charterware tracker s identifikačním čipem pilota [9]

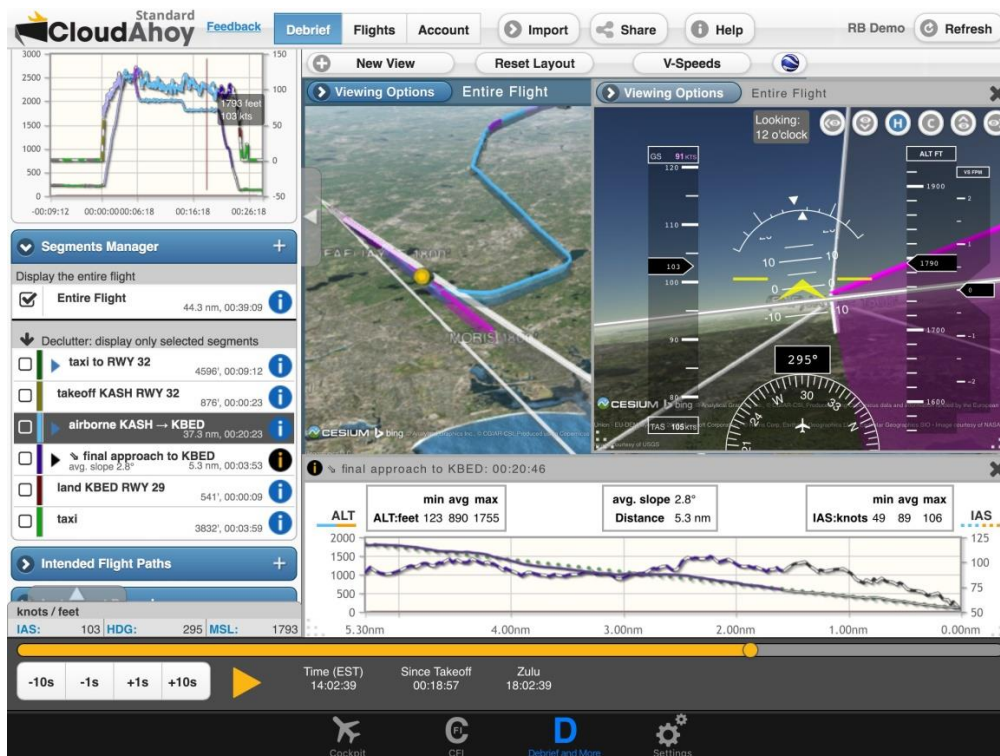
Získání certifikátu i pro jiná certifikovaná letadla je dle výrobce pouze otázkou doplnění oprávnění. Dle webových stránek systém neposkytuje online sledování polohy letadel a de-briefing nad záznamem letu včetně zobrazení prostorů a dalších funkcí přímo v systému (pouze v Google Earth). Systém pravděpodobně poskytuje primárně informace pouze pro evidenci letů. [9]

Cena trackeru a instalačního kitu s dokumentací je poměrně vysoká, pravděpodobně z důvodu certifikace pod EASA. Platí se jak za pořízení trackeru, tak měsíčně za využití systému. [9]

Více informací o systému Charterware zde: <http://www.charterware.net/>

3.1.4 CLOUDAHOY

Americký systém CloudAhoj je zaměřený především na kvalitní de-briefing letu – rozbor jednotlivých fází letu včetně přístrojového přiblížení, apod. Jako zdroj polohových a dalších dat o letu je možné využít mobilní aplikaci CloudAhoj, data z jiných trackerů ve standardizovaných formátech nebo data z palubní avioniky, která často obsahují řadu dalších informací jako jsou údaje z motorových přístrojů, apod. Systém neposkytuje evidenci letů a online zobrazení polohy letadel. Příklad zobrazení tratě v CloudAhoj je uvedený na Obrázku 9. [10]



Obrázek 9 - CloudAhoy – de-briefing letu [10]

Více informací o systému zde: <https://www.cloudahoy.com>

Jak je patrné z výše popsaných systémů, tak na trhu existuje několik řešení zaměřených přímo na potřeby provozovatele v oblasti všeobecného letectví, ale žádné z nich nesplňuje všechny požadavky, které byly stanoveny v kapitole 2, a poplatky za využívání jednotlivých systémů jsou při velikosti flotily letecké školy F AIR příliš vysoké v poměru k poskytovaným službám a ústupkům, které bychom museli provést ve stanovených požadavcích.

Z výše uvedených důvodů jsme se rozhodli ve spolupráci s CS SOFT a.s. pro rozvoj systému PublicRadar a trackování letadel flotily F AIR levnějšími zařízeními, které nám poskytnou všechna potřebná data uvedená v kapitole 2 a navíc můžeme systém uzpůsobit vlastním požadavkům již při jeho vývoji. [2]

3.2 TESTOVANÁ TRACKOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Během práce na tomto projektu jsme v letadlech F AIR ve spolupráci s CS SOFT a.s. vyzkoušeli několik trackovacích zařízení za účelem zvolení nejvhodnějšího, který bude následně nainstalován do všech letadel flotily. Zvolili jsme cestu nezávislého zařízení (až na napájení), které zaznamenává GPS polohové údaje o letu a online je zasílá přes GSM síť na server systému PublicRadar. Všechny trackery vystupovali na serveru PublicRadar v režimu

registrovaných zařízení, neboli jejich identifikace na online přehledové mapě byla vidět pouze po přihlášení uživatele s příslušnými právy. Na veřejné stránce PublicRadar (<http://publicradar.cz>) byly trackery zobrazeny s identifikací „FLIGHT“. Konfiguraci trackerů a jejich integraci do systému provedl CS SOFT a.s.

3.2.1 MOBILNÍ TELEFON S APLIKACÍ MOBILETRACER

Testování jsme zahájili s mobilními telefony s aplikací MobileTracer (MT) vyvinutou CS SOFT a.s. přímo pro systém PublicRadar. Aplikace ke stažení pro Android a Apple zařízení je k dispozici na následujících odkazech:

Android:

[https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.cssoft.mtracer&feature=search_result - ?t=W251bGwsMSwyLDEsImN6LmNzc29mdC5tdHJhY2VyII0](https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.cssoft.mtracer&feature=search_result?t=W251bGwsMSwyLDEsImN6LmNzc29mdC5tdHJhY2VyII0).

Apple:

<https://itunes.apple.com/us/app/mobiletracer/id1019179148>

Telefony byly v letadlech napájeny z 12 V zásuvky.

Aplikace má dva módy:

- 1) Flight – zaznamenává polohové údaje do vnitřní paměti a zároveň je odesílá na server PublicRadar přes GSM síť
- 2) Standby – nezaznamenává žádnou polohu

V aplikaci byla zaškrtnuta možnost „Only when charging“, což znamená, že mód Flight se zapnul pouze v případě, že byl telefon připojený na napájení, tedy když bylo nastartované letadlo. Dále jsme aplikaci MT doplnili aplikací Llama, ve které lze nastavit spouštění/vypínání jednotlivých funkcí telefonu na základě určitých podmínek. Toho jsme využili k nastavení vypínání mobilních dat v případě, že telefon není připojen k napájení. Tyto dvě opatření jsme zavedli poté, co se telefony velmi často úplně vybili během stání letadla na zemi i přesto, že byly připojené do 12 V zásuvky a v případě běžícího motoru se dobýjeli. [11]

SIM karta vložená do telefonu měla datový balíček 400 MB na měsíc.

Toto řešení jsme otestovali v letecké škole F AIR se dvěma telefony ve dvou letadlech:

- TECNAM P2008JC, malý dvoumístný jednomotorový cvičný letoun využívaný především pro základní výcvik PPL(A), NIGHT a timebuilding
- Cessna C172, malý čtyřmístný jednomotorový cvičný letoun využívaný především pro výcvik IR(A) a timebuilding

Aktuální polohu letadel je možné sledovat na webové stránce publicradar.cz a záznam letu ve formátu .kml stáhnout z telefonu po letu.

Přes všechny výše uvedené úpravy a nastavení byla náročnost telefonů na provoz příliš vysoká. V případě, že letadlo 2-3 dny neletělo, tak se telefon vybil a následně musel být vyjmut z letadla, nabit, zapnut a vrácen zpět na původní místo do letadla. Toto nelze v provozu několika desítek letadel zajistit.

V případě, že je aplikace pro trackování nainstalovaná např. na tabletu, který slouží zároveň třeba jako GNSS navigace a databáze checklistů (především v ultralehkých letadlech), pak je v zájmu pilota, aby toto zařízení bylo zapnuté a je zajištěn jeho chod během letu. V tomto případě je náročnost na provoz zařízení nižší.

Co se týče spolehlivosti poskytovaných dat, tak jsme zaznamenali občasné výpadky GPS polohy zřejmě z důvodu ztráty signálu kvůli integrované anténě v telefonu. Příjem dat přes GSM fungoval do výšky 3000 m (nad touto výškou nelze GSM zařízení používat) s občasnými výpadky způsobenými zakrytí výhledu GSM antény telefonu hlavně v zatáčkách.

Z důvodu výše uvedené vysoké náročnosti na provoz a občasným výpadkům jsme se rozhodli pro otestování zařízení přímo určených pro trackování a abychom splnili i požadavek nižší ceny, jak je uvedeno v předchozích kapitolách, vybírali jsme v automobilovém průmyslu.

3.2.2 TRACKERY PRO AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL

Díky jejich velkému rozšíření v automobilovém průmyslu je cena trackeru nízká oproti konkurenci nabízející trackery „pro letectví“.

Během práce na tomto projektu byly vyzkoušeny dva typy trackerů, oba od společnosti GlobalSat.

3.2.2.1 GlobalSat GTR-129

Tracker byl umístěn v letounu TECNAM P2008JC stejně jako telefon s aplikací MT, a připojený přes 12 V zásuvku k napájení. Vnitřní baterie zajišťovala chod trackeru ještě několik hodin po vypnutí motoru (= odpojení napájení). Nastavení trackeru spočívalo především v automatickém zasílání polohových údajů přes GSM na server systému PublicRadar. V případě, že zařízení ztratilo GSM signál, většinou během letu ve větší výšce, tak si ve své vnitřní paměti vytvářelo tzv. buffer, neboli záznam polohových dat, který byl

následně při opětovném navázání spojení odeslán na server a track byl tak kompletní. SIM karta vložená do trackeru byla s tarifem mobilních dat s měsíčním limitem 400 MB. V provozu letecké školy F AIR se ověřilo, že tento datový balíček je naprosto dostatečný při měsíčním náletu kolem 120 letových hodin, což je v případě výcvikového letadla vysoký nálet.



Obrázek 10 - GlobalSat GTR-129 [12]

Náročnost na provoz tohoto trackeru byla již od počátku menší než telefonů popsaných v předchozí kapitole. Především pro to, že po vybití vnitřní baterie není třeba zařízení vyndat z letadla, nabít a vrátit zpět. Po obnovení napájení (= nastartování motoru) se tracker automaticky zapne a pracuje v plném rozsahu.

Spolehlivost polohových dat byla vyšší než v případě mobilních telefonů. Výškový limit pro GSM přenos je stejný jako v předchozím případě: 3000 m.

Jelikož je tracker primárně určený pro automobilový průmysl, obsahuje celou řadu vstupů uzpůsobených pro automobily, které v našem případě ale nebyly využity. [13]

Podoba trackeru je na Obrázku 10.

Cena trackeru: cca 120 USD

3.2.2.2 GlobalSat TR-600G a TR-606

Jako druhý tracker pro testování byl pořízen GlobalSat TR-600G, který má oproti předchozímu GTR-129 externí GSM i GPS anténu (viz Obrázek 11), od čehož jsme si slibovali kvalitnější polohová data bez výpadků a spolehlivější GSM spojení s letadlem.

Tracker byl nainstalován do letadla TECNAM P2006T, dvoumotorový čtyřmístný cvičný letoun využívaný především pro výcvik MEP a MEP/IR. Opět připojený přes 12 V zásuvku k napájení. Tracker obsahuje vnitřní baterii, která zajišťuje jeho chod ještě několik hodin po odpojení napájení (= vypnutí motoru). Přenos dat na server PublicRadar probíhal přes SIM kartu se stejným datovým tarifem jako v předchozím případě a opět byl zvolený měsíční limit dostačující.



Obrázek 11 - GlobalSat TR-606 [14]

Spolehlivost trackeru splnila očekávání, především v oblasti nižšího výskytu výpadků GSM signálu. V případě, že zařízení ztratilo GSM signál, většinou během letu ve větší výšce, tak si ve své vnitřní paměti vytvářelo tzv. buffer, neboli záznam polohových dat, který byl následně při opětovném navázání spojení odeslán na server a track byl tak kompletní.

Jelikož tento tracker pracuje dle našeho očekávání a potřeb, zakoupili jsme další 3 obdobná zařízení, ale novějšího typu TR-606. Trackery byly instalovány do letadel Cessna C150 a Cessna C152, využívaných především pro výcvik PPL(A). Po nalezení vhodné polohy antén, byla spolehlivost a kvalita dat z trackerů obdobná jako v případě TR-600G.

Cena trackeru: cca 125 USD

Pro konfigurace obou výše uvedených trackerů GlobalSat slouží příkazy zasílané na zařízení prostřednictvím SMS zpráv a TCP terminál. [15]

Funkčnost trackerů TR-600G a TR-606 je uspokojivá a splňuje všechny požadavky, které byly stanoveny. Dalším krokem je oficiální zástavba trackeru do letadla, jeho připojení přímo na elektrickou síť letadla a uložení kabeláže a zařízení do nepřístupných míst, aby nemohl být tracker neoprávněnou osobou odpojen. Na možnosti certifikace zástavby se již pracuje společně s partnerskou společností disponující oprávněním Design Organization Approval (DOA).

Jednou z hlavních myšlenek systému PublicRadar je ale jeho otevřenost polohovým informacím z jakéhokoli zdroje poskytujícím data v rozsahu nutném pro analýzu popsanou v následujících kapitolách. Výše zvolený tracker je jedním možným řešením ověřeným v praxi.

3.3 TRACCAR.COM

V závěru tvorby této bakalářské práce jsme narazili na společnost Traccar.com, která se zabývá zpracováním polohových dat z velkého množství trackovacích zařízení a na svých webových stránkách nabízí několik služeb s tím spojených. Obdobným způsobem bylo postupováno v této bakalářské práci – stanovit algoritmy použitelné na data z široké škály vstupů. [16]

Na dotaz ohledně doporučení trackovacího zařízení pro všeobecné letectví mi bylo bohužel odpovězeno, že v této oblasti zkušenosti nemají. Ale dostali jsme alespoň doporučení na spolehlivé trackery v automobilovém průmyslu, jedná se o zařízení od společnosti CalAmp a Teltonika. Tyto zařízení prověříme a v případě lepších výsledků než u GlobalSat, můžeme uvažovat o jejich zakoupení ve větším počtu.

4 DETEKCE ČASOVÝCH ÚDAJŮ O LETU

Hlavní myšlenkou níže navržené analýzy letu je pohled na data „shora“, neboli možnost identifikovat fáze pohybu letadla nejenom na základě současných a minulých dat, ale také dat budoucích (po hledané fázi letu/okamžiku). K samotné detekci všech dat o letu bude docházet na základě dotazu/žádosti uživatele v PublicRadaru, nebo přes rezervační/administrativní systém používaný leteckou školou v okamžiku, kdy bude chtít uživatel k uskutečněnému letu doplnit zbylé informace, ukončit jej a zapsat do palubního/technického deníku letadla. Nad současnou podobou polohových dat uložených v databázi proběhne analýza, tak jak je popsána na následujících řádcích. V okamžiku dotazu na data o provedeném letu se může letadlo nacházet v jakémkoliv fázi dalšího letu.

Celá logika detekce požadovaných dat je na základě polohy a pohybu, jiná vstupní data nejsou požadována z toho důvodu, aby algoritmus byl co možná nejvíce robustní a použitelný tak na data z širšího spektra zdrojů (jiné druhy trackerů, ADS-B, SSR, ...).

Na tomto místě je vhodné zdůraznit, že výsledným produktem analýzy jsou pouze následující časové údaje. Jiné časové údaje pro naše účely nevyžadujeme.

- čas block-off
- čas take-off
- čas landing
- čas touch&go
- čas block-on

Popis a definice jednotlivých časových údajů je následující.

4.1 ČAS BLOCK-OFF

Definice: **čas block-off je okamžik, kdy se dá letadlo poprvé do pohybu s cílem vzletět** [17]

Většinou je postup činností posádky před odjezdem ze stojánky následující: předletová prohlídka letadla, usazení posádky, nastartování, nastavení palubního vybavení, rádiová komunikace na příslušné frekvenci letiště a odjezd ze stojánky na vyčkávací místo dráhy za účelem vzletu. Tento první pohyb je zaznamenán posádkou právě jako čas block-off.

V případě, že ze stojánky pojíždí posádka s letadlem ještě na benzínovou stanici pro plnění paliva, tak se čas block-off zaznamená až odjezdem na vyčkávací místo.

Mohou nastat následující případy vymykající se výše popsanému standardu:

- 1) V případě, že je provedeno touch&go na cílovém letišti, tak se čas block-off rovná času touch&go (blíže vysvětleno v kapitole 7.1).
- 2) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy a rovnou pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu, tak se čas block-off rovná času vyjetí z dráhy.
- 3) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy, zastaví pro vykonání úkonů a následně pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu, tak tento moment je čas block-off.
- 4) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy, zastaví pro vykonání úkonů, následně pokračuje na stojánku (nebo na jiném místě mezi místem opuštěním dráhy přistání a dráhy pro další vzlet), kde zastaví na pár sekund a pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu, tak tento moment je čas block-off.

4.2 ČAS VZLETU

Definice: **čas vzletu je okamžik, kdy letadlo opustí povrch země** [17]

Po příjezdu na vyčkávací místo dráhy pro vzlet, provede posádka povinné předepsané úkony, oznámí vstup na dráhu/obdrží povolení pro vzlet, vjede na dráhu a provede vzlet. Jak definice uvádí, tak čas vzletu by se měl zaznamenat v okamžiku, kdy letadlo opustí povrch země neboli, kdy přistávací zařízení letadla ztratí kontakt se zemí. Zaznamenání tohoto okamžiku pilotem řídícím letadlo je ale neproveditelné, jelikož je nutné, aby se maximálně soustředil na bezpečné provedení vzletu a nikoliv na zaznamenání času odpoutání. Z tohoto důvodu je čas vzletu zaznamenán pilotem při vstupu na dráhu s tím, že vzlet je proveden neprodleně po tomto okamžiku do méně než minuty. Nepřesnost záznamu je tedy pouze zdánlivá a čas vzletu je zaznamenán přesně.

Mohou nastat následující případy vymykající se výše popsanému standardu:

- 1) V případě, že je provedeno touch&go, tak se čas vzletu rovná času touch&go (blíže vysvětleno v kapitole 7.1).

4.3 ČAS PŘISTÁNÍ

Definice: **čas přistání je okamžik, kdy se letadlo poprvé dotkne povrchu země při přistání** [17]

Přistání probíhá po přiblížení letadla k přistávací dráze. Při přistání je okamžik záznamu času přistání pilotem obdobný jako při vzletu. Čas je zapsán až po vyjetí z dráhy po přistání, nikoliv během přistání a prvního doteku se zemí, jelikož je nutné, aby se pilot maximálně

soustředil na bezpečné provedení přistání a nikoliv na zaznamenání času prvního doteku. Celé přistání je opět kratší než jedna minuta, takže přesnost záznamu není nijak narušená.

Mohou nastat následující případy vymykající se výše popsanému standardu:

- 1) V případě, že je provedeno touch&go, tak se čas přistání rovná času touch&go (blíže vysvětleno v kapitole 7.1).

4.4 ČAS TOUCH&GO

Definice: čas touch&go je okamžik, kdy se letadlo poprvé dotkne povrchu země při přistání, po kterém následuje bezprostředně vzlet (neboli při manévru touch&go)

Po přiblížení k dráze proběhne přistání, kdy po dosednutí pilot pouze upraví konfiguraci letadla (redukuje vztahové klapky, apod.), pokud je potřeba, a nastavuje plný výkon a provádí bezprostředně další vzlet. Čas touch&go není pilot schopný zaznamenat v průběhu manévru, obdobně jako u času přistání, či vzletu. V tomto případě si čas zapíše po touch&go, např. po dostoupení bezpečné výšky po vzletu.

4.5 ČAS BLOCK-ON

Definice: čas block-on je okamžik, kdy letadlo naposledy zastaví na konci letu [17]

Po přistání, vyjetí z dráhy a provedení povinných úkonů pokračuje standardně letadlo na stojánku, kde zastaví. Tento okamžik je pilotem zaznamenán jako čas block-on. Následně dojde k vypnutí motoru, zajištění letadla a jeho opuštění.

Mohou nastat následující případy vymykající se výše popsanému standardu:

- 1) V případě, že je provedeno touch&go, tak se čas block-on rovná času touch&go (blíže vysvětleno v kapitole 7.1).
- 2) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy a rovnou pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu, tak se čas block-on rovná času vyjetí z dráhy.
- 3) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy, zastaví pro vykonání úkonů, tak tento moment je čas block-on, a následně pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu.
- 4) V případě, že letadlo po přistání vyjede z dráhy, zastaví na stojánce na pár sekund (nebo na jiném místě mezi místem opuštěním dráhy přistání a dráhy pro další vzlet), tak tento moment je čas block-on, a pokračuje na vyčkávací místo k dalšímu vzletu.

Odvozené a vypočítané časové údaje jsou následující.

4.6 DOBA LETU BLOCK

Definice: **doba letu block je celková doba od okamžiku, kdy se dá letadlo poprvé do pohybu s cílem vzletět do okamžiku, kdy naposledy zastaví na konci tohoto letu [17]**

Neboli doba mezi časy BLOCK-OFF a BLOCK-ON.

4.7 DOBA PROVOZU

Definice: **doba provozu je celková doba od okamžiku, kdy letadlo opustí povrch země, do doby prvního doteku se zemí při následném přistání [17]**

Neboli doba mezi časy TAKE-OFF a LANDING.

4.8 DOBA LETU V NOCI

Definice: **doba letu block mezi občanským soumrakem a občanským svítáním [18]**

Zdroj informací o občanských soumracích a svítáních na jednotlivých letištích je dispozici v AIP ČR vydávaným LIS ŘLP v části GEN 2.7. Jak je uvedeno v GEN 2.7: časy pro jednotlivá letiště se vypočtou odečtením 4 minut na každý stupeň zeměpisné délky pro AD ležící na východ a přičtením 4 minut na každý stupeň zeměpisné délky pro AD ležící na západ od 15. poledníku. [19]

4.9 PŘÍKLAD ZDROJOVÝCH DAT

V Tabulce 1 je uvedený příklad polohových dat z trackeru GlobalSat TR-600G, které byly poslané přes GSM síť a zaznamenané do databáze systému PublicRadar.

Tabulka 1 - Příklad zdrojových polohových dat

Letadlo	Datum a čas	Zeměpisná šířka [°]	Zeměpisná délka [°]	Výška [m]	Rychlost [m/s]	Zeměpisný směr [°]
OK-MEP	6.7.2017 10:33:09	49,73925	14,64959	399	0	74
OK-MEP	6.7.2017 10:33:12	49,73925	14,64959	399	0	74
OK-MEP	6.7.2017 10:33:17	49,73925	14,64959	399	0	74
OK-MEP	6.7.2017 10:33:21	49,73925	14,64959	399	0	74
OK-MEP	6.7.2017 10:33:25	49,73925	14,64960	399	1,5	74
OK-MEP	6.7.2017 10:33:30	49,73929	14,64977	399	3,5	62
OK-MEP	6.7.2017 10:33:34	49,73936	14,64991	399	3	36
OK-MEP	6.7.2017 10:33:39	49,73948	14,65000	399	3	14
OK-MEP	6.7.2017 10:33:41	49,73954	14,65001	399	3,2	0
OK-MEP	6.7.2017 10:33:45	49,73965	14,65000	399	2,7	354
OK-MEP	6.7.2017 10:33:48	49,73971	14,64996	399	2,5	316
OK-MEP	6.7.2017 10:33:51	49,73975	14,64987	400	1,9	282
OK-MEP	6.7.2017 10:33:56	49,73975	14,64981	400	0	282
OK-MEP	6.7.2017 10:34:00	49,73975	14,64981	400	0	282
OK-MEP	6.7.2017 10:34:04	49,73975	14,64981	400	0	282
OK-MEP	6.7.2017 10:34:08	49,73975	14,64981	400	0	282
OK-MEP	6.7.2017 10:34:12	49,73975	14,64981	400	0	270
OK-MEP	6.7.2017 10:34:17	49,73975	14,64905	400	17,3	268
OK-MEP	6.7.2017 10:34:20	49,73974	14,64818	400	23,7	268
OK-MEP	6.7.2017 10:34:24	49,73971	14,64662	398	31,3	266
OK-MEP	6.7.2017 10:34:29	49,73965	14,64417	398	37,5	266
OK-MEP	6.7.2017 10:34:33	49,73959	14,64197	405	40,2	266
OK-MEP	6.7.2017 10:34:36	49,73955	14,64028	416	40,4	266
OK-MEP	6.7.2017 10:34:41	49,73949	14,63732	421	44,5	268
OK-MEP	6.7.2017 10:34:45	49,73946	14,63475	426	46,9	268
OK-MEP	6.7.2017 10:34:48	49,73944	14,63278	435	46,9	268
OK-MEP	6.7.2017 10:34:53	49,73953	14,62944	447	49,4	276
OK-MEP	6.7.2017 10:34:57	49,73987	14,62672	456	50,4	284
OK-MEP	6.7.2017 10:35:01	49,74047	14,62418	482	47,8	292

4.10 DETEKCE SEGMENTŮ POHYBU LETADLA

Abychom mohli stanovit výše popsané časové údaje, musíme nalézt fáze letu (dále nazývané segmenty), na jejichž rozhraní se nachází nebo jsou jejich součástí. Detekce segmentů je založená na „jistotách“ neboli na podmínkách, které můžeme považovat za všeobecně platné. Pokud data nevyhovují podmínkám, pak algoritmus pracuje s jistotami menšími.

Budeme rozlišovat **4 základní segmenty** pohybu letadla: STAY, TAXI, FLY, CHANGE

Segment CHANGE je následně na základě splnění podmínek níže nahrazen segmentem STAY, TAXI, FLY, TAKE-OFF, LANDING.

Speciálním segmentem je TOUCH&GO.

V případě výpadku je chybějící úsek dat označen jako segment LOST.

Návaznost finálních analyzovaných segmentů letu je uvedena v Tabulce 2:

Tabulka 2 - Návaznost segmentů

Segment	Předcházející	Následující
STAY	TAXI	TAXI
TAXI	STAY LANDING	STAY TAKE-OFF
FLY	TAKE-OFF TOUCH&GO	LANDING TOUCH&GO
TAKE-OFF	TAXI	FLY
LANDING	FLY	TAXI
TOUCH&GO	FLY	FLY

Segment LOST může následovat a předcházet jakémukoliv ze segmentů uvedených v Tabulce 2.

Uvedená návaznost jednotlivých segmentů platí pro reálný pohyb letadla, např. vždy mezi segmentem STAY a FLY musí být segment TAXI a TAKE-OFF, jinak by pohyb letadla odporoval fyzikálním zákonům. Ale z důvodu dlouhé periody polohových záznamů může nastat případ, že letadlo například během vzletu akceleruje tak, že jeden záznam vyhodnotíme na základě níže uvedených podmínek jako STAY a následující už jako FLY, pak je nutné vložit mezi tyto dva polohové záznamy krátký segment TAXI a TAKE-OFF. Stejně tak v případě, kdy je segment CHANGE nahrazen jiným segmentem a sousední segmenty nesouhlasí dle Tabulky 2, pak je nutné vložit mezi ně příslušné předcházející a následující segmenty.

Správná fyzikální návaznost segmentů je následující:

STAY – TAXI – TAKE-OFF – FLY – TOUCH&GO – FLY – LANDING – TAXI – STAY

1) STAY

Segmentem STAY označíme stání letadla, neboli stav kdy letadlo setrvává na jednom místě a nepohybuje se. Stanovíme následující podmínky (musí platit minimálně jedna podmínka):

- **rychlost letadla je menší než $v_{STAY} = 0,8 \text{ m/s}$**

Tato mezní hodnota vychází z reálně naměřených dat, ve kterých se občas v případě stání na zemi vyskytuje „přeskakování“ polohy, což může

vygenerovat falešnou rychlost. Jiným případem vzniku pohybu letadla je pomalá manipulace s ním v hangáru, na stojánce, což ale můžeme považovat stále za stání.

- **poloha letadla je stále stejná, maximálně v okruhu $p_{\text{STAY}} = 20$ m od své průměrné hodnoty**

2) TAXI

Segment TAXI značí pojiždění letadla, neboli stav kdy se letadlo pohybuje po zemi nízkou rychlostí. Stanovíme následující podmínky (musí platit obě podmínky):

- **rychlost letadla je menší než $v_{\text{TAXI}} = 5$ m/s**
Metodicky správná rychlost pojiždění by měla být stejná jako rychlost chůze, tedy cca 5 km/h (= 1,4 m/s). Mohou ale nastat případy, kdy posádka pospíchá a pojiždění urychlí, zvláště na zpevněných letištích rychlejší pojiždění letadlu nijak neškodí. Byla stanovena tedy rychlost $v_{\text{TAXI}} = 5$ m/s, která zajišťuje celkem velkou rezervu od standardní rychlost pojiždění a zároveň velkou rezervu od pádové rychlosti standardního výcvikového letounu, která je cca 15 m/s a více a nad kterou by již letadlo mohlo letět.
- **není detekován segment STAY**

3) FLY

Segment FLY značí let letadla, neboli stav kdy se letadlo pohybuje ve vzduchu, tedy letí. Stanovíme následující podmínku:

- **rychlost letadla je větší než $v_{\text{FLY}} = 15$ m/s**
Při rychlosti $v_{\text{FLY}} = 15$ m/s a více (= 29 kts) letadlo jistě letí nebo se chystá vzlétnout/přistát (tzn. probíhá vzlet/přistání). Jistotou v tomto případě je, že letadla používaná v leteckých školách splní tento limit.

4) CHANGE

Segment CHANGE zahrnuje všechny situace, kdy není identifikován žádný z předchozích segmentů. Jelikož máme všechny segmenty definovány mezními rychlostmi, tak pro CHANGE zbyde rozmezí rychlostí $v_{\text{TAXI}} - v_{\text{FLY}}$ (5 – 15 m/s) včetně krajních mezí intervalu (viz Tabulka 3).

Tabulka 3 - Segmenty letu

STAY	TAXI	CHANGE	FLY
$v < 0,8$ m/s	$v < 5$ m/s	$5 \text{ m/s} \leq v \leq 15 \text{ m/s}$	$v > 15$ m/s

Segment CHANGE může být detekován v následujících případech:

- 1) Mezi dvěma segmenty STAY se letadlo pohybuje rychleji než $v_{TAXI} = 5$ m/s a detekuje se tak segment CHANGE. V případě, že průměrná výška segmentu CHANGE je maximálně o $h_{FLY} = 15$ m rozdílná od průměrné výšky předchozího a následujícího segmentu STAY a rozdíl jejich průměrných poloh je větší než $p_{STAY} = 20$ m, pak označíme tento segment CHANGE za segment **TAXI**. Pokud je rozdíl průměrných výšek větší než $h_{FLY} = 15$ m a rozdíl jejich průměrných poloh je větší než $p_{STAY} = 20$ m, pak označíme segment CHANGE za segment **FLY**. V případě, že neplatí ani jedna z těchto podmínek, označíme segment CHANGE za segment **STAY**.
- 2) Mezi dvěma segmenty TAXI se letadlo pohybuje rychleji než $v_{TAXI} = 5$ m/s a detekuje se tak segment CHANGE. V případě, že průměrná výška segmentu CHANGE je maximálně o $h_{FLY} = 15$ m rozdílná od průměrné výšky předchozího a následujícího segmentu TAXI, pak označíme tento segment CHANGE za segment **TAXI**. Pokud je rozdíl průměrných výšek větší než $h_{FLY} = 15$ m, pak označíme segment CHANGE za segment **FLY**.
- 3) Mezi dvěma segmenty FLY se letadlo pohybuje rychlostí $v_{FLY} = 15$ m/s nebo menší a detekuje se tak segment CHANGE. V tomto případě mohlo dojít k Touch&Go nebo letadlo pouze letělo nižší rychlostí. Zde vzniká nejistota, zda bylo, či nebylo provedeno Touch&Go. Viz níže.
- 4) Mezi segmentem STAY a TAXI nebo naopak se pohybuje letadlo v rozmezí rychlostí $v_{TAXI} - v_{FLY}$ (5 – 15 m/s) a detekuje se tak segment CHANGE. V případě, že průměrná výška segmentu CHANGE je maximálně o $h_{FLY} = 15$ m rozdílná od průměrné výšky krajních segmentů, pak označíme tento segment CHANGE za segment **TAXI**. Pokud je rozdíl průměrných výšek větší než $h_{FLY} = 15$ m, pak označíme segment CHANGE za segment **FLY**.
- 5) Mezi segmentem STAY nebo TAXI a segmentem FLY. V případě, že průměrná výška letu segmentu STAY nebo TAXI je menší o $h_{FLY} = 15$ m a více než průměrná výška během prvních $t_{TO-LDG} = 120$ s úseku FLY, pak můžeme se 100% jistotou prohlásit, že jde o vzlet letadla, segment CHANGE označíme za segment **TAKE-OFF**.
- 6) Mezi segmentem FLY a TAXI nebo STAY. V případě, že průměrná výška letu segmentu FLY je během posledních $t_{TO-LDG} = 120$ s větší o $h_{FLY} = 15$ m a více než

průměrná výška úseku STAY nebo TAXI, pak můžeme se 100% jistotou prohlásit, že jde o přistání letadla, segment CHANGE označíme za segment **LANDING**.

Pozn. Mezní rychlosti uvažujeme pro malá letadla všeobecného letectví standardně používaná v leteckých školách.

Detekce TOUCH&GO:

Speciálním případem je nalezení úseku dat, kdy bylo provedeno Touch&Go, označíme jako segment TOUCH&GO. Mohou nastat následující situace:

- 1) V případě, že po sobě navazují segmenty LANDING a TAKE-OFF, které mají v detekci společný segment TAXI, pak můžeme se 100% jistotou označit tyto tři segmenty společně jako **TOUCH&GO**.
- 2) V případě, že nalezneme dva segmenty FLY oddělené segmentem CHANGE a průměrná výška během segmentu CHANGE je maximálně o $h_{\text{FLY}} = 15$ m rozdílná oproti výškám terénu, pak můžeme tento segment označit za **TOUCH&GO** pouze s 50% jistotou, protože také mohlo jít o LOWPASS (= nízký průlet). O skutečném provedení Touch&Go musí rozhodnout pilot, viz níže. V případě, že průměrná výška segmentu CHANGE je o více než $h_{\text{FLY}} = 15$ m větší než výšky terénu v daném segmentu, pak tento segment označíme jako FLY.
- 3) Posledním případem je stav, kdy rychlost letadla během manévru Touch&Go vůbec neklesne pod mezní rychlost segmentu FLY. V tomto případě je jedinou rozhodující podmínkou porovnání výšky letu během celého segmentu FLY s výškou terénu. Pokud výška letu je maximálně o $h_{\text{FLY}} = 15$ m rozdílná oproti výškám terénu, pak můžeme část segmentu FLY splňující tuto podmínku označit za **TOUCH&GO** pouze s 50% jistotou, protože také mohlo jít o LOWPASS (= nízký průlet). O skutečném provedení Touch&Go musí rozhodnout pilot, viz níže.

Jasným rozhodujícím vstupním faktorem by byl sensor zatížení podvozku, který by dal jasnou informaci o tom, zda je letadlo ve vzduchu, či na zemi. Součástí vybavení letadel leteckých škol ale takovéto zařízení bohužel není. V případě, že ale takovým zařízením bude nějaké letadlo vybaveno, může být výše popsany algoritmus pro detekci vzletu, přistání a touch&go zjednodušen a plně zautomatizován.

4.10.1 STANOVENÉ PARAMETRY

$v_{STAY} = 0,8 \text{ m/s}$

$v_{TAXI} = 5 \text{ m/s}$

$v_{FLY} = 15 \text{ m/s}$

$p_{STAY} = 20 \text{ m}$

$h_{FLY} = 15 \text{ m}$

$t_{TO-LDG} = 120 \text{ s}$

Stanovené parametry lze v algoritmu měnit v případě použití pro jiný druh provozu nebo jiný druh letadel, které mají odlišné mezní hodnoty.

4.10.2 VÝPADKY POLOHOVÝCH DAT

Rozlišujeme dva druhy výpadků dat:

- 1) skutečný výpadek dat, označovaný jako segment LOST, tzn. že ve zdrojových datech (příklad uveden v Tabulce 1) dojde k výpadku, tzn. že nebude zaznamenána poloha, rychlost, výška a kurz
 - v případě **LOST** $\leq 60 \text{ s}$, označíme tento výpadek jako segment, který předchází tomuto výpadku
 - 60 s je stanoveno z toho důvodu, že pokud dojde k výpadku během vzletu/přistání/touch&go, tak právě 60 s je ještě přijatelná přesnost pro určení času vzletu/přistání/touch&go
 - v případě $60 \text{ s} < \text{LOST} < 30 \text{ min}$ nebudeme tuto oblast dat při detekci ostatních segmentů nijak uvažovat
 - v případě výpadku během segmentu FLY, např. TAKE-OFF – FLY – LOST – FLY – LANDING, spojíme části oddělené segmentem LOST v 1 let, jelikož při výpadku 30 min je ještě vysoká pravděpodobnost, že se jedná stále o ten samý let
 - v případě výpadku během vzletu/přistání/touch&go nebudou příslušné segmenty detekovány a údaje musí být doplněny posádkou
 - v případě **LOST** $\geq 30 \text{ min}$ nebudeme tuto oblast dat při detekci ostatních segmentů nijak uvažovat
 - v případě výpadku během segmentu FLY, např. TAKE-OFF – FLY – LOST – FLY – LANDING, rozdělíme části oddělené segmentem

LOST do 2 letů, jelikož při výpadku 30 min a více je již pravděpodobnost, že se jedná o dva oddělené lety, kde mezi FLY a FLY bylo provedeno přistání a vzlet

- segment LOST této délky většinou nastává během dlouhého stání letadla na stojánce nebo v hangáru (většinou přes noc), kdy dojde k vybití vnitřní baterie trackeru, jelikož se ale letadlo nepohybuje, tak nepřicházíme o žádné potřebné údaje

2) chyba v polohových datech

- v případě, že se v datech vyskytne nesmyslná výška, rychlost nebo poloha, například nepřírozně rychlá změna těchto údajů (většinou k tomuto jevu dochází při stání letadla v hangáru, kde má GPS slabý signál), tak označíme řádek s touto chybou za výpadek a dále postupujeme podle bodu 1 výše

Naprostě korektní řešení dlouhých výpadků pomocí algoritmu neexistuje. Jediné spolehlivé řešení výpadků je na straně hardwaru, neboli je nutné používání spolehlivých trackovacích zařízení. V případě zvoleného trackeru GlobalSat TR-600G a TR-606 jsme žádné zásadní výpadky nezaznamenali.

4.11 URČENÍ JEDNOTLIVÝCH ČASŮ

Čas TAKE-OFF stanovíme na základě následujících podmínek:

- 1) Nalezneme segment TAKE-OFF
- 2) Čas TAKE-OFF stanovíme jako moment začátku segmentu TAKE-OFF

Čas LANDING stanovíme na základě následujících podmínek:

- 1) Nalezneme segment LANDING
- 2) Čas LANDING stanovíme jako moment začátku segmentu LANDING

Čas TOUCH&GO stanovíme na základě následujících podmínek:

V případě segmentu TOUCH&GO se 100% jistotou

- 1) Nalezneme segment TOUCH&GO se 100% jistotou
- 2) Čas TOUCH&GO stanovíme jako moment začátku segmentu LANDING

V případě segmentu TOUCH&GO s 50% jistotou

- 1) Nalezneme segment TOUCH&GO s 50% jistotou
- 2) Systém vyzve pilota k rozhodnutí, zda se jednalo o TOUCH&GO (viz kapitola 7.1)
 - pokud ano, pokračujeme bodem 3)
 - pokud ne, označíme segment jako pravděpodobný LOWPASS (= nízký průlet)
- 3) Čas TOUCH&GO stanovíme jako moment uprostřed segmentu TOUCH&GO

Stanovení časů BLOCK-OFF a BLOCK-ON:

V momentě, kdy došlo k detekci časů TAKE-OFF a LANDING, můžeme stanovit časy BLOCK-OFF a BLOCK-ON, jelikož máme 100% jistotu, že proběhl let.

Dotaz v systému na detekci jednotlivých časů vznesl pilot až po ukončení letu/ů, tedy poté, co již se 100% jistotou proběhl moment BLOCK-ON.

Mohou nastat následující situace stání letadla mezi jednotlivými lety:

- 1) Letadlo přistane, vyjede z dráhy, zastaví k provedení povinných úkonů, zastaví na stojánce (BLOCK-ON), vypne motor, posádka vystoupí, zapíše let do letadlové dokumentace, mezitím mechanik pojíždí s letadlem k plnění, kde zastaví, natankuje a pak pojíždí zpět na stojánku, předchozí posádka předá dokumentaci další posádce a ta odchází k letadlu, nastoupí, zapne motor, po komunikaci s věží odjíždí (BLOCK-OFF) na vyčkávací místo dráhy, během pojíždění může zastavit za účelem dání přednosti v jízdě jinému letadlu, zastaví na vyčkávacím místě k provedení povinných úkonů, najede na dráhu, zastaví, provede vzlet.
- 2) Letadlo přistane, vyjede z dráhy, zastaví na stojánce (BLOCK-ON), instruktor vystoupí a pilot/student pojíždí (BLOCK-OFF) opět na vyčkávací místo k dalšímu letu.
- 3) Letadlo přistane, vyjede z dráhy, zastaví pro provedení úkonů po přistání (BLOCK-ON) a rovnou pojíždí (BLOCK-OFF) opět na vyčkávací místo k dalšímu letu.
- 4) Letadlo přistane, vyjede z dráhy (BLOCK-ON a BLOCK-OFF) a rovnou pojíždí opět na vyčkávací místo k dalšímu letu.
- 5) A další ...

Jak je vidět z popsaných situací výše, tak možností, kdy nastane okamžik BLOCK-ON a BLOCK-OFF je celá řada a nelze jednoznačně stanovit limitující délku stání letadla nebo pořadí stání, jehož krajní časy bychom mohli označit jako BLOCK-ON/OFF. Z tohoto důvodu

nelze detekci těchto časů na základě polohové informace provést automaticky a musí být zadána uživatelem.

Rozhodujícím vstupním faktorem by mohl být v určitých situacích sensor chodu motoru, který by byl využit v tom smyslu, že algoritmus by hledal okamžik před vzletem, kdy byl motor zapnut a jako čas BLOCK-OFF by označil zahájení segmentu TAXI následující po zapnutí motoru. V případě času BLOCK-ON by algoritmus pracoval opačně, po přistání by hledal okamžik, kdy byl motor vypnut a jako čas BLOCK-ON by označil ukončení segmentu TAXI předcházejícího vypnutí motoru. V případě trackerů GlobalSat můžeme za okamžik zapnutí/vypnutí motoru považovat moment přechodu napájení trackeru z vnějšího zdroje na vnitřní baterii a naopak. Pak by mohl být algoritmus částečně automatizován, protože by zbyly pouze případy, kdy letadlo bez vypnutí motoru pokračuje po přistání ihned na vzlet, ale těchto případů je minimum.

Vliv větru na rychlost letadla:

Mezní rychlosti pro detekci jednotlivých segmentů jsme stanovili s dostatečnou rezervou s ohledem na možný čelní nebo zadní vítr ovlivňující rychlost letadla vůči zemi zaznamenanou v polohových datech.

5 DETEKCE MÍSTA VZLETU, PŘÍSTÁNÍ, TOUCH&GO

Za účelem doplnění informací pro administrativu letu a jeho záznam je nutné detekovat název konkrétního letiště, na kterém proběhl vzlet, přistání nebo touch&go (dále činnost). V případě činnosti na plochách schválených jako letiště s ICAO značkou nebo na plochách pro sportovní létající zařízení (označované jako SLZ plochy) není problém na základě jejich databáze detekci provést. Problém nastává v případě činnosti na jiných plochách, které nejsou evidovány ani jako letiště, ani jako SLZ plochy, a přesto na nich lze provést činnost.

5.1 PODKLADOVÉ INFORMACE/DATA

- Část AD v AIP ČR a VFR Příručka vydané LIS ŘLP [29] [30]
- Aktuální Letecká mapa ICAO pro ČR vydaná LIS ŘLP s vyznačením všech letišť [20]
- Aktuální seznam registrovaných SLZ ploch pod Leteckou amatérskou asociací ČR [21]
- Aktuální Databáze letišť pro ČR vydaná společností Avion [22]
 - o neoficiální komerční produkt určený především pro VFR létání obsahuje také seznam všech letišť a SLZ ploch
- Seznam míst zadaných administrátorem systému PublicRadar, která nejsou ani letišťem, ani registrovanou SLZ plochou

Všechny výše uvedené informace potřebujeme pro systém PublicRadar v elektronické podobě jako seznam/databázi letišť/SLZ ploch/míst (dále obecně letiště) a jím příslušných souřadnic vztažného bodu. Nejspolehlivějším zdrojem dat by byla elektronická databáze přímo od ŘLP ČR, LAA ČR a vlastní databáze zadaných letišť.

5.2 TECHNICKÉ PROVEDENÍ DETEKCE

Polohu letadla vyjádřenou v souřadnicích, při které jsme detekovali, že proběhla určitá činnost, porovnáme s databází poloh vztažných bodů jednotlivých letišť (viz předchozí kapitola) a v případě, že rozdíl poloh bude menší než 2500 m (např. největší vzdálenost vztažného bodu od prahu dráhy na největším letišti ČR LKPR je 2391 m), pak označit dané letiště za letiště dané činnosti. [23]

V případě, že nastane situace, kdy dvě nebo více letišť vyhovuje výše uvedené podmínce, tak zvolit letiště, u kterého je vypočtená vzdálenost polohy činnosti a vztažného bodu nejmenší.

Vzdálenostní omezení zavádíme z toho důvodu, že je legální možnost přistávat i na plochy, která nejsou vedená jako letiště, ale stačí souhlas majitele daného pozemku, nebo může dojít k bezpečnostnímu, či nouzovému přistání mimo letiště. Pak by indikace založená pouze na nejbližším letišti nebyla správně. V případě, že nastane situace, kdy letadlo přistane na novém letišti, které není zanesené v databázi systému, a indikuje se tak neznámá poloha (dále než 2500 m od vztažného bodu jakéhokoliv letiště v databázi), může pilot navrhnout toto letiště administrátorovi systému k doplnění do databáze. Administrátor následně prověří správnost informace a případně doplní informace o letišti do databáze. Tato situace může nastat i u letišť mezi jednotlivými cykly aktualizace zdrojových dat uvedených v kapitole 5.1.

Situace s novým neznámým letištem může nastat i v okruhu do 2500 m od vztažných bodů letišť uvedených v databázi, proto musí mít pilot možnost změnit letiště a tím navrhnout nové. Pak je postup stejný jako v předchozím odstavci.

6 DETEKCE LETU V OMEZENÝCH, REZERVOVANÝCH, VYHRAZENÝCH, ZAKÁZANÝCH, NEBEZPEČNÝCH, ŘÍZENÝCH A HLUKOVĚ OMEZENÝCH PROSTORECH

Za účelem doplnění záznamu letu pro výcvikové účely a pro provozovatele letadla je porovnání záznamu letu s aktuální situací rozložení vzdušného prostoru a vyhodnocení, zda došlo ke sblížení, či letu v omezených, rezervovaných, vyhrazených, zakázaných, nebezpečných, řízených a hlukově omezených prostorech.

Cílem této funkce není, aby systém PublicRadar rozhodl, zda posádka porušila letecké předpisy tím, že vstoupila do prostoru, do kterého možná neměla přístup, ale aby na tuto skutečnost pouze upozornil, jelikož je častým jevem, že posádka obdrží povolení od zodpovědného stanoviště k průletu aktivovaného prostoru, jako například TRA, TSA, apod. a předpisy tím rozhodně neporuší. Stejným případem je průlet prostoru CTR nebo TMA u řízených letišť.

6.1 POKLADOVÉ INFORMACE/DATA

- Rozdělení vzdušného prostoru ČR – FIR, UIR, CTA, TMA, MTMA v AIP ČR vydané LIS ŘLP [24]
- Mapa zakázaných, omezených, dočasně rezervovaných, dočasně vyhrazených a nebezpečných prostorů ČR v AIP ČR vydané LIS ŘLP [25]
- Seznam prostorů stanovených NOTAMem vydané LIS ŘLP [26]
- AisView - aktuální využití vzdušného prostoru (AUP) vydané LIS ŘLP [27]
- Plán využití vzdušného prostoru (AUP) vydané LIS ŘLP [28]
- Skutečná časová aktivace jednotlivých prostorů
- Hlukově omezené prostory převážně v okolí letišť
 - o Část AD v AIP ČR a VFR Příručky vydané LIS ŘLP [29] [30]
 - o Aktuální Databáze letišť pro ČR vydaná společností Avion [22]
 - o Prostory zadané uživatelem systému Public Radar, především provozovateli letišť a letadel na daném letišti
- příslušnost každého výše uvedeného prostoru k určitému FIRu

Všechny výše uvedené informace potřebujeme pro systém PublicRadar v elektronické podobě jako seznam/databázi prostor a jím příslušných horizontálních a vertikálních hranic včetně informace o jejich aktivaci.

CS SOFT a.s. na základě žádosti na EUROCONTROL obdržel přístup do služby NM B2B WEB SERVICES, která obsahuje většinu výše uvedených potřebných informací. [31]

6.2 TECHNICKÉ PROVEDENÍ DETEKCE

Detekce, zda se letadlo nacházelo v nějakém výše uvedeném prostoru, je založená na porovnání polohy a nadmořské výšky letadla s rozměry jednotlivých prostorů:

- 1) porovnáme polohu letadla v segmentu FLY s databází všech FIRů
- 2) určíme, ve kterém FIRu se letadlo nachází (z důvodu efektivity algoritmu, aby nebylo nutné porovnávat polohu letadla se všemi prostory v databázi – v případě, že bude pokrytá třeba celá Evropa)
- 3) porovnáme nadmořskou výšku letadla s vertikálními rozměry jednotlivých prostorů v daném FIRu
- 4) určíme prostory, ve kterých se dle výškového porovnání (viz bod 3) letadlo nachází
- 5) z prostorů určených v bodě 4 vybereme ty, ve kterých se letadlo nachází i horizontálně při porovnání s jejich hranicemi
- 6) stejnou detekci provedeme pro všechny polohové záznamy letadla při daném letu
- 7) detekované prostory vypíšeme u daného letu

U této detekce zanedbáme chybu určení polohy a výšky letadla, protože průměrně nepřesahuje 100 m, takže chybná detekce by vznikla pouze v případě, že se letadlo bude nacházet v bezprostřední blízkosti daných prostorů, což z metodického hlediska je špatně. Primárně zakázaným, omezeným, nebezpečným a řízeným prostorům, pokud nemá povolení vstupu, se musí pilot vyhýbat s patřičnou horizontální i vertikální rezervou.

7 PODOBA VÝSTUPNÍCH DAT A JEJICH VYUŽITÍ PRO VÝCVIKOVÉ ZÁZNAMY

Tato kapitola je věnována konkrétní prezentaci výstupních dat v systému PublicRadar či rezervačním/administrativním systému letecké školy, které jsou získány dle předchozích kapitol k naplnění potřeb stanovených v kapitole 2.

7.1 ADMINISTRATIVA USKUTEČNĚNÉHO LETU

Na základě stanovených požadavků a detekovaných informací v kapitolách 4-6 je navržen následující postup uložení letu:

- 1) po vykonání daného letu se přihlásí pilot do systému PublicRadar
- 2) otevře záložku „Lety“
- 3) vybere dle typu a imatrikulace daný letoun a potvrdí
- 4) v tomto momentě dojde k detekcím dle kapitol 4-6
- 5) v případě detekce jednoho nebo více touch&go s 50% jistotou vyzve systém pilota k rozhodnutí, zda se jednalo o touch&go, či nikoliv
 - systém nabídne jednotlivé touch&go se zaznamenaným časem a možnostmi zobrazit je na mapě vyznačené v záznamu letu
 - v případě rozhodnutí pilota, že se nejednalo o touch&go, systém jej označí jako nízký průlet (LOWPASS)
- 6) v případě, že systém nenalezne dle provedené činnosti v databázi žádné letiště, vyzve pilota k doplnění jeho názvu
 - systém nabídne dané místo k zobrazení na mapě vyznačené v záznamu letu
 - správnost názvu místa a jeho uložení do databáze pro další lety musí potvrdit následně administrátor systému PublicRadar
- 7) po úspěšném provedení bodu 4, 5 a 6 systém vypíše jednotlivé lety podle následujících pravidel
 - po provedení vzletu nebo prvního touch&go na letišti se zahajuje nový let
 - všechna touch&go provedená po vzletu nebo po prvním touch&go na daném letišti jsou připsána jako počet vzletů k tomuto letišti
 - v případě provedení touch&go na cílovém letišti se čas touch&go označí jako čas landing a block-on předchozího letu a jako čas block-off a take-off letu následujícího
 - Pro jasné pochopení si uvedeme příklad: Letadlo vzletlo z LKBE v 11:30, provedlo další 3 cvičné touch&go a pokračovalo na LKPM, kde provedlo první

touch&go ve 12:35 a pak ještě dvě touch&go a nakonec přistálo na LKPM ve 13:00.

- 1. let: LKBE-LKPM
 - LKBE block-off: musí být doplněno pilotem
 - LKBE take-off: 11:30
 - LKPM landing: 12:35
 - LKPM block-on: 12:35
 - počet vzletů ve dne: 4
 - počet vzletů v noci: 0
- 2. let: LKPM-LKPM
 - LKPM block-off: 12:35
 - LKPM take-off: 12:35
 - LKPM landing: 13:00
 - LKPM block-on: musí být doplněno pilotem
 - počet vzletů ve dne: 3
 - počet vzletů v noci: 0

- 8) pilot doplní časy block-off a block-on
- 9) pilot zkontroluje správnost všech detekovaných a vložených údajů
- 10) v případě pochybnosti o správnosti detekovaných údajů kontaktuje dispečink letů, který může údaje na základě průkazných důkazů pilota, že detekované údaje jsou chybné, manuálně změnit
- 11) pilot doplní svoje jméno a roli (velitel letounu v případě sólo letu nebo dual)
- 12) pilot doplní jméno instruktora a roli (instruktor v letadle nebo instruktor na zemi)
- 13) pilot vybere pravidla letu: VFR, nebo IFR
- 14) pilot potvrdí zadané údaje
- 15) systém spočítá následující časy
 - doba letu block
 - doba provozu
 - doba letu v noci
- 16) v případě IFR letu doplní pilot dobu IFR
- 17) pilot uloží let
- 18) proběhne detekce letu ve vzdušných prostorech vyžadujících povolení vstupu nebo v prostorech do nichž je vstup zakázán permanentně nebo dočasně na základě aktivace
- 19) v případě, že některý ze zmíněných prostorů v bodě 18 je detekován, dojde k zobrazení indikace v řádku ukončeného letu

20) v případě označení některých úseků jako LOWPASS v bodě 5 dojde k zobrazení indikace v řádku ukončeného letu

Po uložení letu je let zaznamenán do databáze ukončených letů a pilot jej již nemůže upravovat. Změny může provést pouze dispečer nebo administrátor.

Podmínky a předpoklady:

- pilot/instruktor musí zaznamenávat manuálně časy block-off a block-on, mimo ty během touch&go
- pilot/instruktor ukládá let v systému PublicRadar neprodleně po jeho dokončení a následně vyplňuje papírový palubní/technický deník, který odevzdává dispečinku nebo další posádce

Obdobný způsob uložení letu probíhá přes rezervační/administrativní systém letecké školy, pokud škola nějaký používá. S tím rozdílem, že data ke konkrétnímu letadlu jsou zaslána z PublicRadaru do systému školy po otevření aktivované rezervace daného letadla. Oba systémy musí být odpovídajícím způsobem propojeny. Hlavní princip spočívá v tom, že databáze dat neuložených letů je v každém případě v PublicRadaru. Po doplnění zbylých údajů pilotem je let uložen do systému školy a i zpět do PublicRadaru.

V případě výpadku dat, kdy PublicRadar nedetekuje některé údaje, systém nechá daná pole prázdná a vyzve k jejich vyplnění pilota.

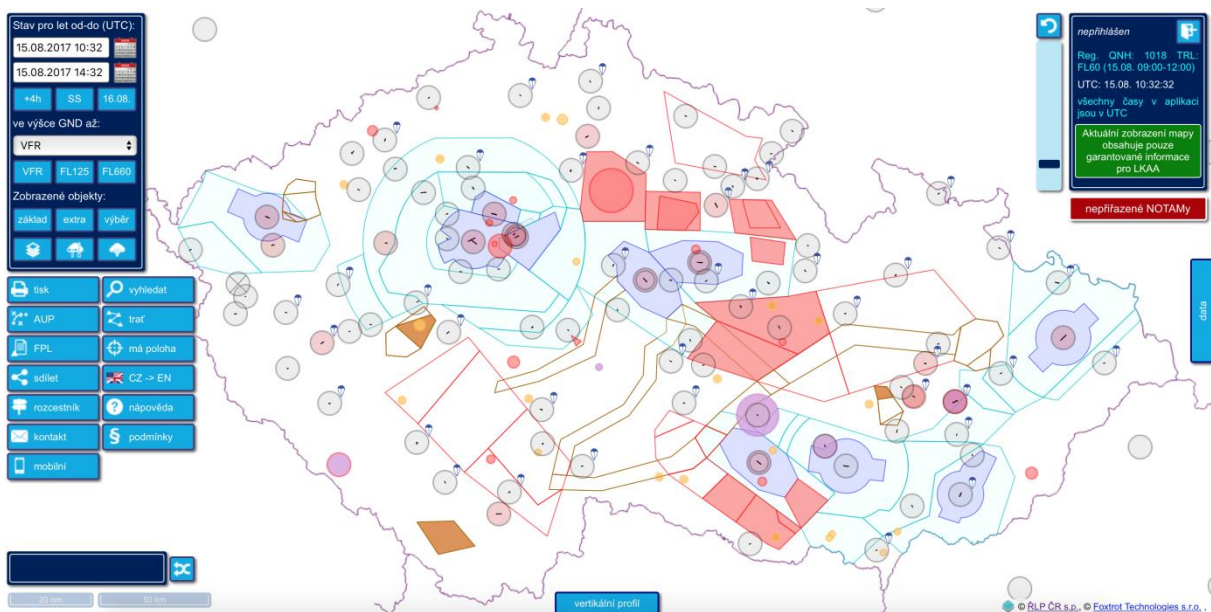
7.2 INFORMACE O AKTUÁLNÍ POLOZE LETADEL

Na základě stanovených požadavků a předchozích kapitol je navržen následující přehled polohy letadel.

Uživatel (dispečer, instruktor, ...) s příslušnými právy se přihlásí do systému PublicRadar a pod záložkou „Mapa“ otevře zobrazení aktuálního přehledu polohy všech letadel flotily letecké školy včetně letadel ostatních uživatelů systému PublicRadar. V případě použití rezervačního/administrativního systému školy, lze odkaz na zobrazení aktuálního přehledu vložit přímo do systému školy a práva pro zobrazení tak ošetřit v tomto systému, nikoliv v PublicRadaru.

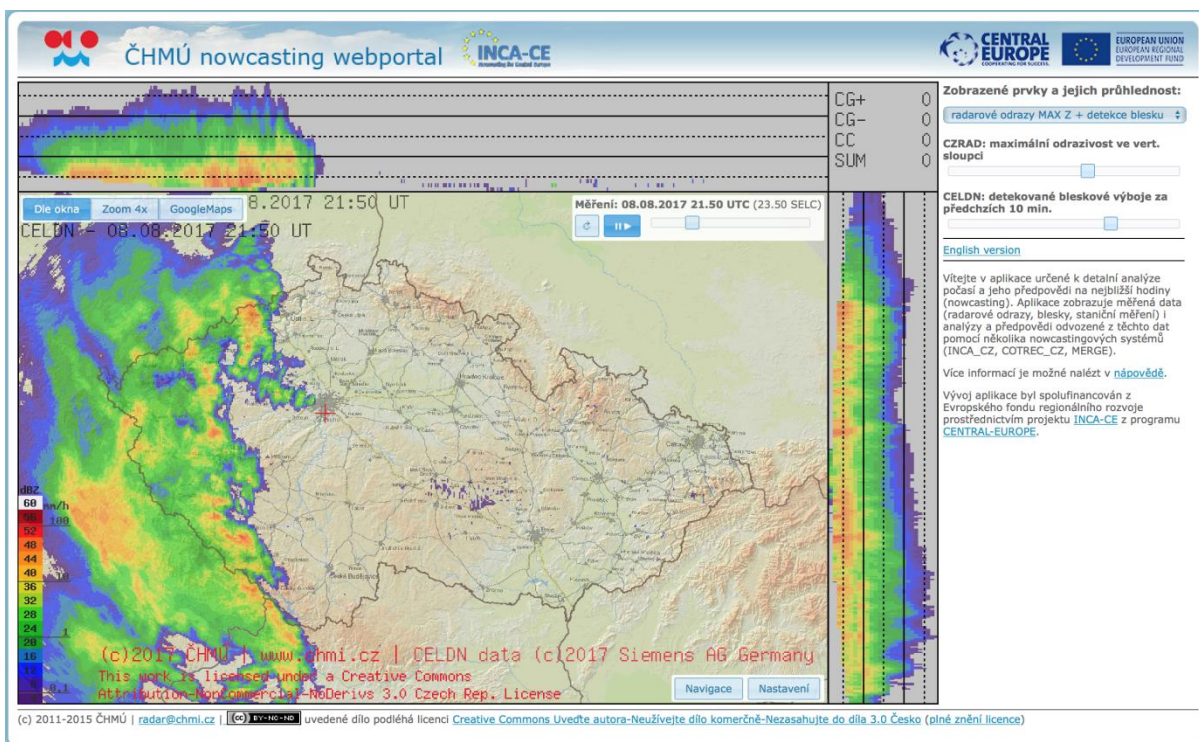
Mapový podklad obsahuje následující vrstvy (s uvedenými možnými zdroji dat):

- základní topografický mapový podklad
 - o z licenčních důvodů je nevhodnější OpenStreetMap, který obsahuje i celkem hezky zpracované mapky letišť [32]
- letiště, SLZ plochy a ostatní místa pro vzlet/přistání/touch&go zadané uživatelem systému PublicRadar
 - o Část AD v AIP ČR a VFR Příruče vydané LIS ŘLP [29] [30]
 - o Aktuální Letecká mapa ICAO pro ČR vydaná LIS ŘLP s vyznačením všech letišť [20]
 - o Aktuální seznam registrovaných SLZ ploch pod Leteckou amatérskou asociací ČR [21]
 - o Aktuální Databáze letišť pro ČR vydaná společností Avion [22]
 - neoficiální komerční produkt určený především pro VFR létání obsahuje také seznam všech letišť a SLZ ploch
 - o zobrazení obdobné jako v AisView na Obrázku 12
- VFR a IFR traťové body a tratě
 - o Aktuální Letecká mapa ICAO pro ČR vydaná LIS ŘLP [20]
 - o Část AD v AIP ČR a VFR Příruče vydané LIS ŘLP [29] [30]
 - o En-route chart ICAO – Lower vydaná LIS ŘLP [33]
- prostory CTR, TMA, MCTR, MTMA, ATZ
 - o Aktuální Letecká mapa ICAO pro ČR vydaná LIS ŘLP [20]
 - o Rozdělení vzdušného prostoru ČR – FIR, UIR, CTA, TMA, MTMA v AIP ČR vydané LIS ŘLP [24]
 - o zobrazení obdobné jako v AisView na Obrázku 12
- prostory zakázané (LKP), nebezpečné (LKD), omezené (LKR), dočasně rezervované (LKTRA) a dočasně vyhrazené (LK TSA) s indikací, zda jsou aktivované, či nikoliv
 - o Mapa zakázaných, omezených, dočasně rezervovaných, dočasně vyhrazených a nebezpečných prostorů ČR v AIP ČR vydané LIS ŘLP [25]
 - o AisView - aktuální využití vzdušného prostoru (AUP) vydané LIS ŘLP [27]
 - o Plán využití vzdušného prostoru (AUP) vydané LIS ŘLP [28]
 - o zobrazení obdobné jako v AisView na Obrázku 12
- omezené a zakázané prostory uvedené v NOTAM
 - o Seznam prostorů stanovených NOTAMem vydané LIS ŘLP [26]
 - o AisView - aktuální využití vzdušného prostoru (AUP) vydané LIS ŘLP [27]
 - o zobrazení obdobné jako v AisView, viz Obrázek 12



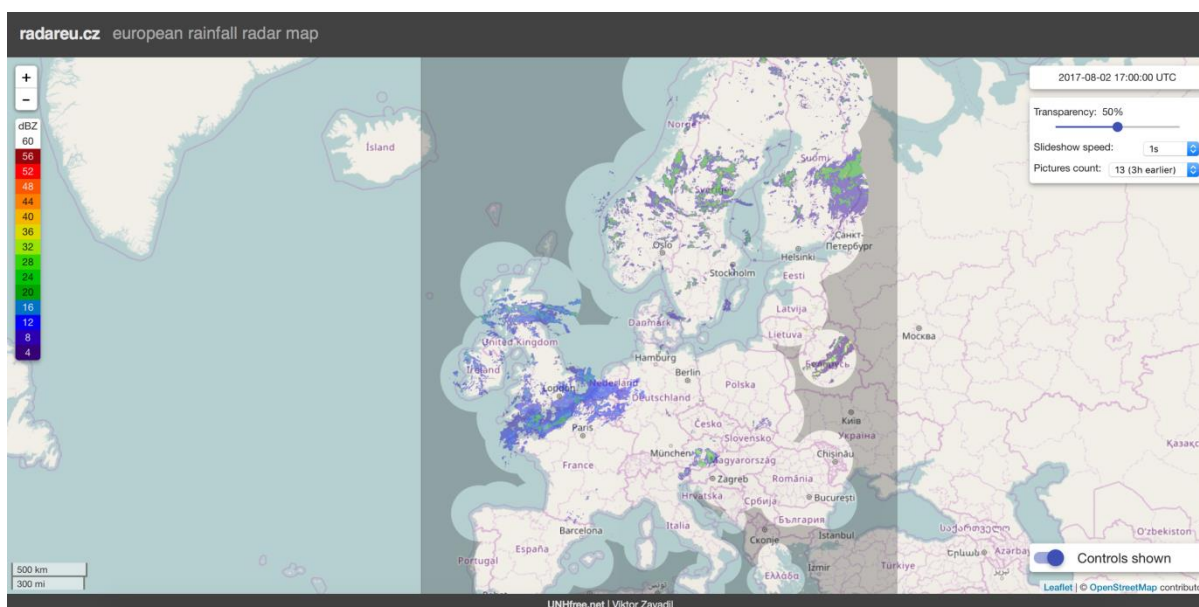
Obrázek 12 – AisView [27]

- hlukově omezené prostory, primárně v okolí letišť
 - o Část AD v AIP ČR a VFR Příručka vydané LIS ŘLP [29] [30]
 - o Aktuální Databáze letišť pro ČR vydaná společností Avion [22]
 - o Prostory zadané uživateli systému PublicRadar, především provozovateli letišť a letadel na daném letišti
- aktuální srážky, bouřky, blesky
 - o ČHMÚ nowcasting webportal [34]
 - o obdobné zobrazení jako od ČHMÚ pro ČR, viz Obrázek 13



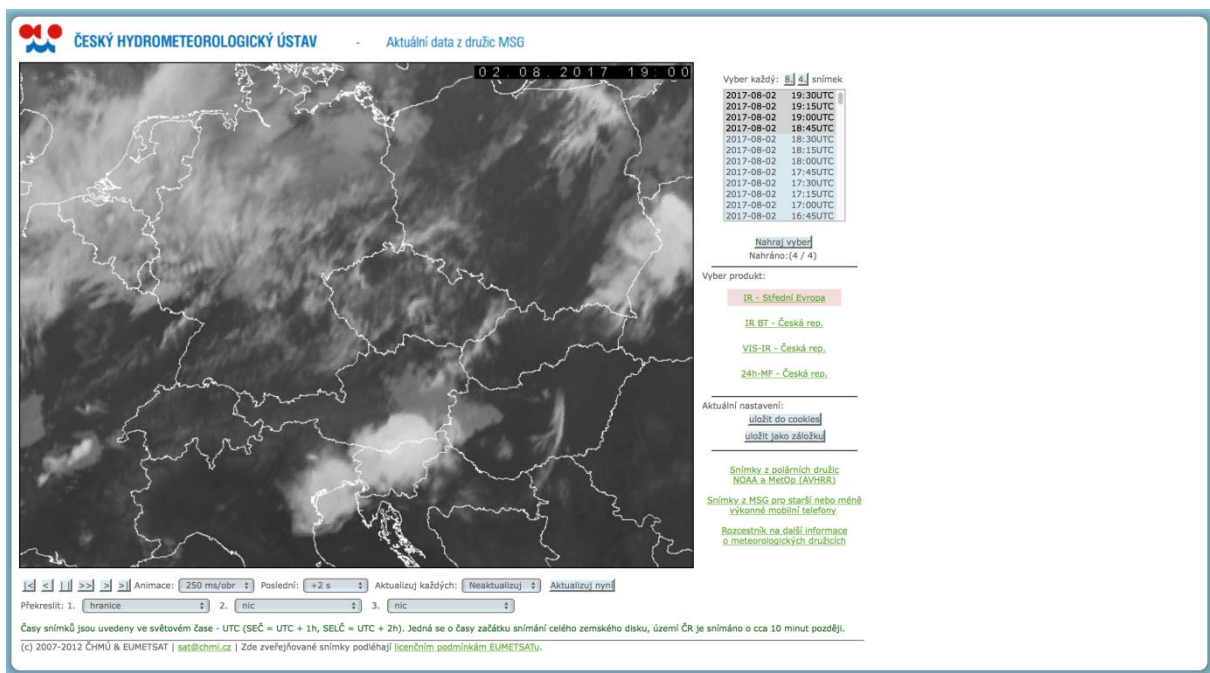
Obrázek 13 - ČHMÚ nowcasting webportal [34]

- o Radar EU pro přehled o větší oblasti, viz Obrázek 14 [35]



Obrázek 14 - Radar srážek pro Evropu [35]

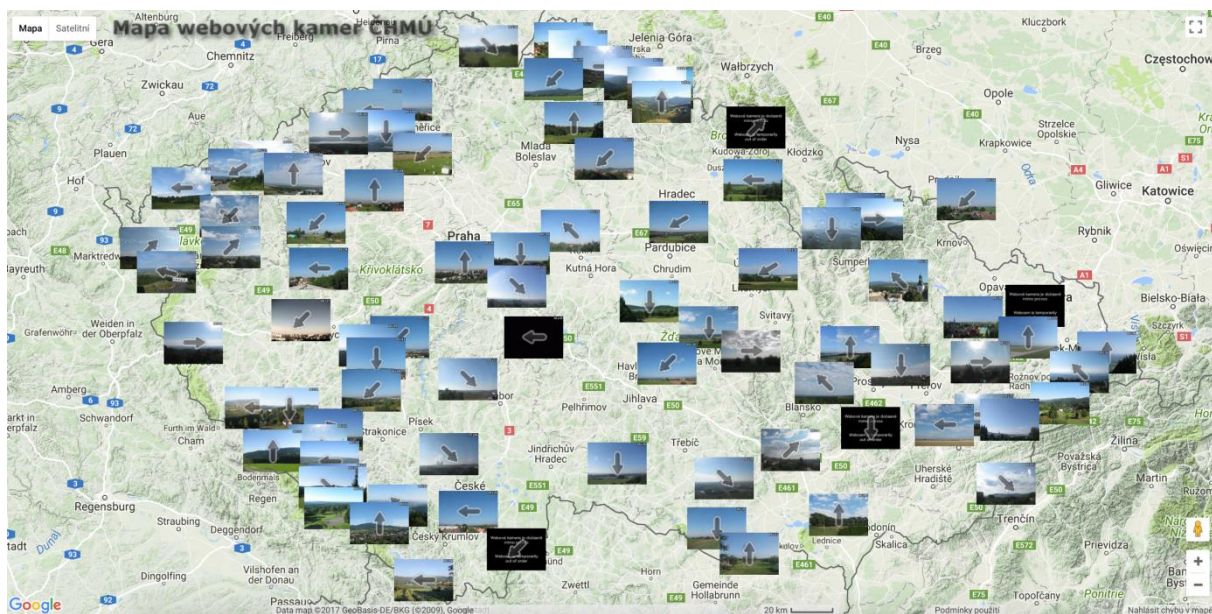
- aktuální oblačnost
 - Aktuální data z družic MSG - ČHMÚ [36]
 - obdobné zobrazení jako od ČHMÚ pro ČR a střední Evropu, viz Obrázek 15



Obrázek 15 - Družicové IR informace o oblačnosti pro střední Evropu [36]

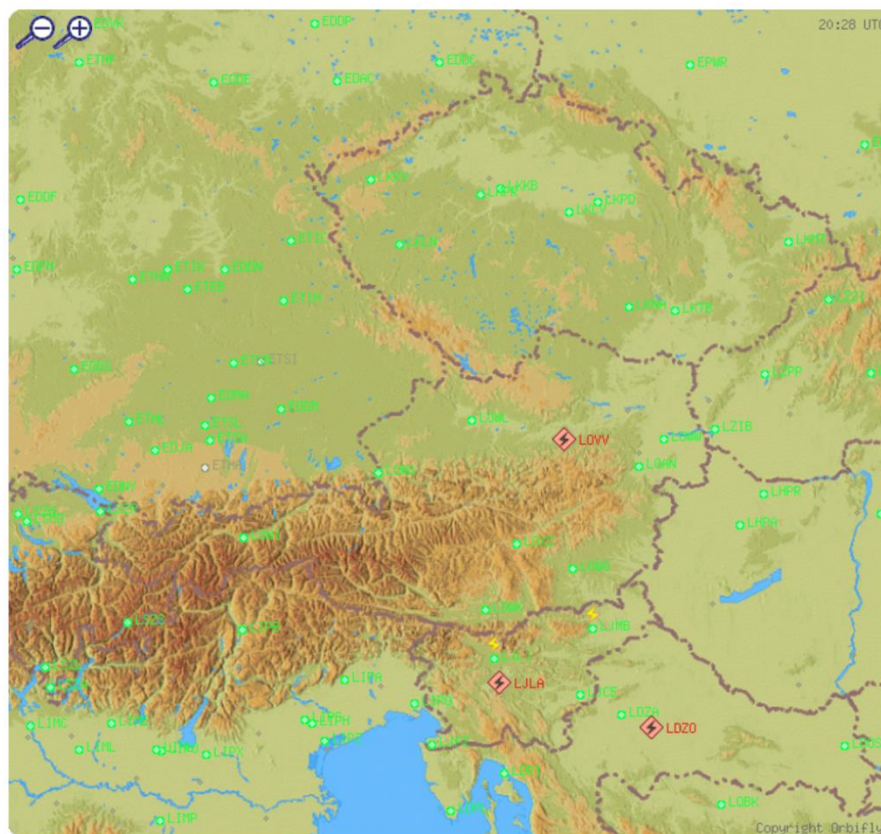
Pozn. v případě zobrazení srážek a oblačnosti je v období mezi jednotlivými aktuálními snímky zobrazena predikce, která spočívá v zobrazení poslední podoby srážek/oblačnosti posunutá dle posledního pohybu

- aktuální zobrazení webkamer
 - Mapa webových kamer ČHMÚ [37]
 - obdobné zobrazení jako od ČHMÚ pro ČR, viz Obrázek 16



Obrázek 16 - Webkamery ČR [37]

- aktuální meteorologická situace na letištích vydávajících METAR
 - o Orbifly [38]
 - o obdobné grafické zobrazení meteorologické situace na letištích vydávajících METAR dle níže uvedené legendy jako na severu Orbifly, viz Obrázek 17 a 18



Obrázek 17 – Orbifly [38]

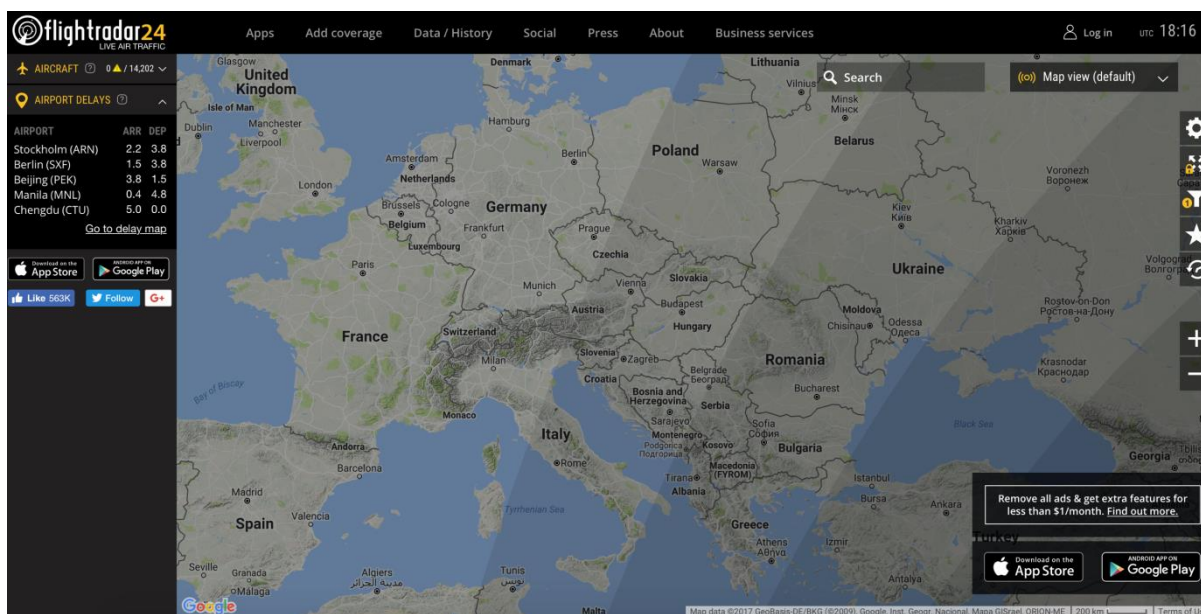
Legend :	VFR	Marginal VFR	IFR	Intensive IFR	Very Intensive IFR
Visi :	>= 8 km	5 to 8 km	1500m to 5 km	800 to 1500m	< 800m
Ceiling :	>= 3000ft	1000 to 3000 ft	500 to 1000 ft	200 to 500 ft	< 200 ft

Symbols :	Thunderstorms	Fog	Heavy snow	Heavy precipitations	Wind > 20 kt
	⚡	☁	❄	⚡	🌪

SIGMETs :	Misc.	Thunderstorms	Icing	Turbulence	Mountain Waves	Volcanic Ashes
	⚠	⚡	❄	🌪	🌪	🌪

Obrázek 18 - Orbifly – legenda [38]

- aktuální hranice mezi dnem a nocí, zobrazení občanského svítání/soumraku a východu/západu slunce
 - o tabulka občanských soumraků a svítání na jednotlivých letištích je dispozici v AIP ČR vydávaným LIS ŘLP v části GEN 2.7 [19]
 - o obdobné zobrazení jako např. na serveru Flightradar24.com nad Google mapou, viz Obrázek 19



Obrázek 19 - Flightradar24.com - indikace noci [39]

- letadla ostatních uživatelů systému PublicRadar s označením dle nastavení provozovatele, viz Obrázek 20



Obrázek 20 - Zobrazení letadla jiného uživatele systému PublicRadar [40]

Jednotlivé vrstvy je možné zapnout/vypnout na panelu umístěném v pravém spodním rohu mapy.

Zoom mapy je umístěný v levém horním rohu mapy.

Symbol letadla (přímo ve tvaru letadla) pohybující se nad mapovým podkladem je doplněn následujícími informacemi:

- typ a imatrikulace letadla
- aktuální rychlost letadla vůči zemi (GS)
 - o pro certifikované letouny v KTS
 - o pro ultralehká letadla v KM/H
- aktuální nadmořská výška letadla (GPS ALT)
 - o ve stopách
- aktuální zeměpisný kurz letadla vyjádřený natočením symbolu letadla a speed vectoru
- aktuální indikace polohy letadla za 5 min, tzv. speed vector
- aktuální indikace, zda se letadlo pohybuje po zemi, nebo letí v podobě barevného rozlišení výplně symbolu letadla
- aktuální indikace stavu příjmu dat přes GSM a polohových dat v podobě barevného ohraničení symbolu letadla
- po kliknutí na symbol letadla možnost zobrazit track letu od posledního uloženého block-on

Obnovovací frekvence polohy letadla je 4 s při pohybu a 10 s při stání.

Za účelem zobrazení aktuální polohy letadel v briefingové místnosti a na dispečinku letecké školy je vytvořeno oddělené zobrazení.

7.3 ZÁZNAM LETU A JEHO VYHODNOCENÍ VZHLEDEM K NAPLÁNOVANÉ TRATI A AKTUÁLNÍ SITUACI VZDUŠNÉHO PROSTORU

Let musí být nejdříve ukončen (viz kapitola 7.1) a následně může být zobrazen jeho záznam.

Pro zobrazení jsou dvě možnosti:

- 1) ihned po ukončení vyskočí hláška nabízející zobrazení záznamu letu
- 2) odkaz na konci řádku uloženého letu

Okno pro zobrazení záznamu letu má následující části:

- zobrazení uložených informací o letu – datum, posádka, časy, počty vzletů, apod. (viz kapitola 7.1)
- zobrazení statistických informací o letu: maximální, průměrná a minimální výška letu, maximální, průměrná a minimální rychlost letadla
- zobrazení mapového podkladu s horizontální trajektorií letu s barevným rozlišením jednotlivých detekovaných segmentů a symbolem letadla
 - o barva daného segmentu trati a výplň symbolu letadla
 - segment FLY = modrá
 - LOWPASS v segmentu FLY = červená
 - segment TAKE-OFF, LANDING, TOUCH&GO = oranžová
 - segment TAXI = žlutá
 - segment STAY = zelená
 - segment LOST = čárkované propojení mezi poslední zaznamenanou polohou před výpadkem a první zaznamenanou polohou po výpadku
- zobrazení výškového profilu trati s barevným rozlišením jednotlivých detekovaných segmentů, s úrovní terénu, s grafem průběhu rychlosti letadla, vertikálními hranicemi prostorů a symbolem letadla
 - o barva daného segmentu trati a výplň symbolu letadla jako v předchozím bodě
- zobrazení časové osy s posuvníkem, jehož poloha na časové ose koresponduje s umístěním symbolu letadla na trati, a s možností přehrát let s různým zrychlením pohybu letadla
- zobrazení času UTC v dané poloze letadla a celkové doby od vzletu

- zvýraznění a zobrazení výpisu vzdušných prostorů, ve kterých byl let proveden s indikací těch, které vyžadují povolení vstupu nebo vstup do nich je zakázán permanentně nebo dočasně na základě aktivace
- zobrazení nabídky letů příslušejících dané posádce a uložených společně s právě zobrazeným letem – možnost vybrat více letů k zobrazení
 - o možnost zobrazit pouze symbol letadla, nebo track + symbol letadla
- zobrazení panelu pro definování referenční trati sloužící k porovnání se záznamem skutečného letu

Symbol letadla pohybující se nad mapovým podkladem je doplněn následujícími informacemi v daném momentě zaznamenané polohy letadla:

- typ a imatrikulace letadla
- rychlost letadla vůči zemi (GS)
 - o pro certifikované letouny v KTS
 - o pro ultralehká letadla v KM/H
- nadmořská výška letadla (GPS ALT)
 - o ve stopách
- zeměpisný kurz letadla vyjádřený natočením symbolu letadla a speed vectoru
- indikace polohy letadla za 5 min, tzv. speed vector
- indikace, zda se letadlo pohybuje po zemi, nebo letí v podobě barevného rozlišení výplně symbolu
- indikace stavu GPS polohových dat v podobě barevného ohraničení symbolu letadla

Mapový podklad obsahuje následující vrstvy:

- základní topografický mapový podklad
- letiště, SLZ plochy a ostatní místa pro vzlet/přistání/touch&go zadané uživatelem systému PublicRadar
- VFR a IFR traťové body a tratě
- prostory CTR, TMA, MCTR, MTMA, ATZ
- prostory zakázané (LKP) a nebezpečné (LKD)
- prostory omezené (LKR), dočasně rezervované (LKTRA) a dočasně vyhrazené (LKTSA) s indikací, zda byly v daném momentě aktivované, či nikoliv
- omezené a zakázané prostory uvedené v NOTAM
- hlukově omezené prostory, primárně v okolí letišť
- srážky, bouřky, blesky v daném momentě

- oblačnost v daném momentě
- zobrazení webkamer v daném momentě
- meteorologická situace na letištích vydávajících METAR v daném momentě
- hranice mezi dnem a nocí, zobrazení občanského svítání/soumraku a východu/západu slunce v daném momentě

Zdroje dat pro jednotlivé vrstvy a jejich podoba je v případě zobrazení v záznamu letu obdobná jako v případě zobrazení aktuální polohy letadel – uvedené v kapitole 7.2.

Zobrazované vrstvy na mapovém podkladu jsou volitelné uživatelem.

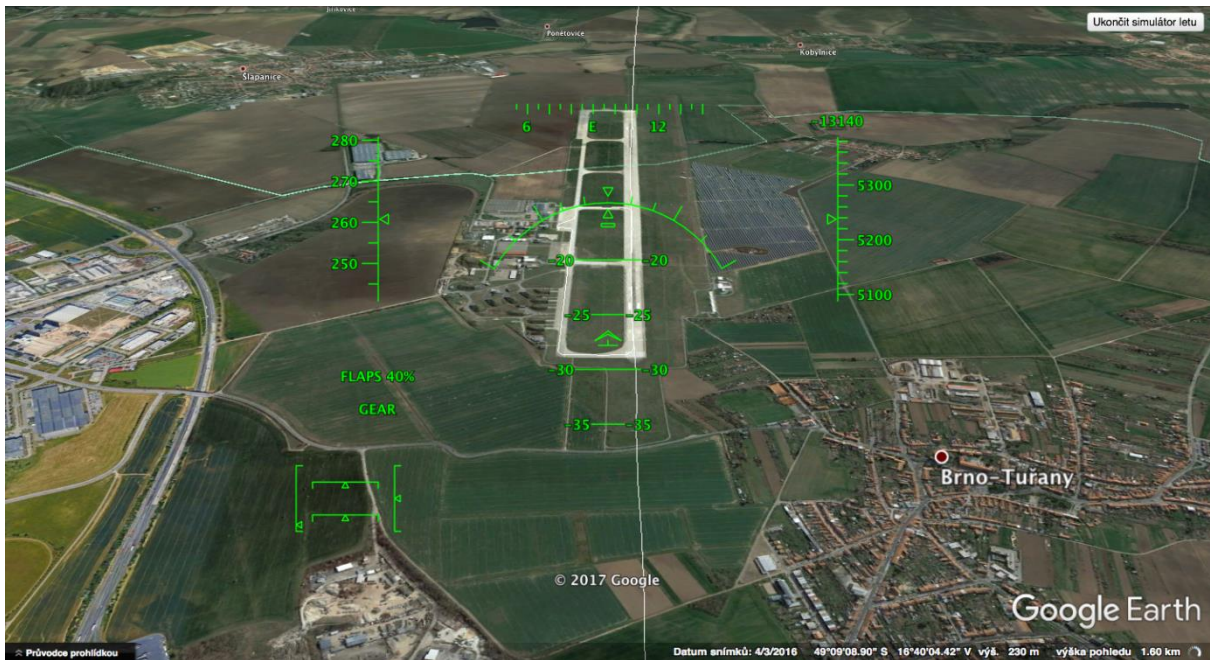
V případě záznamu letu PublicRadar archivuje data vrstev, která se s časem mění, případně má přístup do archivu jednotlivých zdrojů, aby je bylo možné zpětně se záznamem přehrát.

Definování referenční trati pro porovnání se záznamem skutečného letu má následující funkcionality:

- definice horizontální trati mezi body uvedenými ve vrstvách na mapovém podkladu a mezi uživatelsky vytvořenými body
- definice výšky na jednotlivých úsecích trati
- definice úhlu klesání/stoupání před/po jednotlivých traťových bodech tak, aby byly plynule propojeny definované výšky v předchozím bodě

Za účelem urychlení de-briefingu je navrženo, že základní, často se opakující tratě, budou nadefinované administrátorem systému a instruktor si požadovanou trať vybere z rolovací nabídky.

Kromě možnosti zobrazení záznamu letu přímo v systému PublicRadar je možnost stáhnout let ve formátu .kml a otevřít jej v programu Google Earth, který nabízí řadu zajímavých funkcí, např. možnost virtuálně trať proletět, viz Obrázek 21.



Obrázek 21 - Google Earth - Letový simulátor [41]

Dispečer letecké školy má kromě výše popsanému zobrazení jednotlivých letů možnost zobrazit záznamy libovolného počtu letadel flotily za libovolně zvolené časové období

Jak je evidentní z výše popsaných potřeb a výsledného navrženého řešení, samotné vyhodnocení provedeného letu vůči naplánované trati neprobíhá automaticky ve všech ohledech, např. výpis přesných horizontálních a vertikálních odchylek od trati. V tomto případě postačuje vizuální prohlídka trati instruktorem.

8 ZÁVĚR

V této bakalářské práci bylo představeno kompletní řešení pro leteckou školu, nebo provozovatele malých letadel pro všeobecné letectví v oblasti sledování letadel, automatizace administrativy letů a záznamu letů včetně možnosti vyhodnocení. Od stanovení potřeb, přes výběr trackovacího zařízení a detekci jednotlivých dat až po finální způsob a podobu prezentace získaných informací.

Definované požadavky v kapitole 2 byly diskutovány s managementem, dispečinkem a instruktory jedné z největších leteckých škol ve střední Evropě, letecké školy F AIR sídlící na letišti v Benešově, které se díky provozu zmíněné školy řadí v ČR na přední příčky v počtu pohybů letadel ročně ihned za Letiště Václava Havla v Praze.

Zvolený algoritmus díky své univerzálnosti umožňuje zpracování polohových dat i z jiných zdrojů, nejenom trackerů uvedených v kapitole 3, a dovoluje tak provozovatelům vybrat si v tomto ohledu pro ně nejvhodnější řešení. Následně se pak příslušné protokoly od daného zařízení implementují do systému PublicRadar. Vybrané trackery s externí anténou GSM a GPS od výrobce GlobalSat na základě testování splňují všechny požadavky a mohou být tak provozovatelům doporučeny.

Jelikož jedním z cílů práce bylo vymyslet algoritmus použitelný na polohová data z víceméně jakéhokoliv zdroje, tak nebyly brány v úvahu další vstupní informace, které mohou získaná data zpřesnit nebo přinést úplně nové výstupy. Tímto směrem může být práce dále rozvíjena a naopak by mohlo být cílem definovat konkrétní podobu trackovacího zařízení pro využití v oblasti malého všeobecného letectví. Doplnujícími funkcemi může být měřící zařízení pro přetížení a následně porovnání naměřených hodnot s limitními hodnotami pro daný typ letadla, snímač zatížení podvozku jasně určující čas vzletu, přistání a touch&go nebo snímač chodu motoru pro jasné stanovení časů block-off a block-on, jejichž určení je pomocí polohových dat nespolehlivé.

Co se týče podkladových informací pro jednotlivé druhy vzdušných prostorů, časů jejich aktivace, vrstev počasí a další, zde je nutné nastavit spolupráci se subjekty, které tyto informace vydávají nejlépe v elektronické podobě a na základě smluvního vztahu získávat pravidelně a kontinuálně aktuální data, jinak bude PublicRadar vyžadovat nepřetržitou obsluhu, která by systém daly plnila, což ale není ta správná cesta.

V oblasti vyhodnocení záznamu letu vůči naplánované trati je také stále velký prostor, kam se dále rozvíjet, např. automatické vyhodnocení konkrétních odchylek od plánované trati, rozbor rychlosti stoupání/klesání, stanovení vzdálenosti od jednotlivých vzdušných prostorů, apod.

Hlavním přínosem této práce není pouze komplexnost pojetí problematiky, ale především tvorba práce pod vedením Mgr. Karla Hantona, tvůrce systému PublicRadar, díky čemuž jsou výsledky zjištěné autorem přímo implementovány do samotného systému a tato bakalářská práce nezůstává pouze v teoretické rovině, ale má tak přímý dopad na praxi. Již během tvorby této práce byly implementované výstupy využívány v letecké škole F AIR, konkrétně online sledování letadel a vyhodnocení záznamu letu v Google Earth.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] F AIR. *Provozní příručka ATO F AIR: A) VŠEOBECNÝ DÍL*. 2014.
- [2] Společnost F AIR a CS SOFT definovali vzájemnou spolupráci. In: CS-SOFT [online]. [cit. 2017-08-20]. Dostupné z: <http://www.cs-soft.cz/cz/novinky/spolecnost-f-air-a-cs-soft-definovali-vzajemnou-spolupraci.aspx>
- [3] KODAD, Jan. *Scénář letu na základě polohové informace: Diplomová práce*. 2014. Vedoucí práce Mgr. Karel Hanton.
- [4] ROHEL, Miroslav. *Systém technického deníku letadla ATO F AIR*. 2017.
- [5] LETOVÁ DOKUMENTACE. In: AVION - ..létání [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.aerobaze.cz/avion/produkty/dokumentace.php>
- [6] F AIR. *Deník žáka PPL(A) ATO F AIR*. 2014.
- [7] MOMOOK [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://momook.com>
- [8] FID AVIONICS [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://www.fid-avionics.eu/public_fid/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=68
- [9] CHARTERWARE [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.charterware.net/industrie-4-0-internet-der-dinge-liefert-flottenmanagment-f-r-die-allgemeine-luftfahrt-easa-approved>
- [10] CloudAhoy: *debriefing for pilots* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://www.cloudahoy.com>
- [11] Llama: Location Profiles. *Google Play* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kebab.Llama>
- [12] GlobalSat GTR-129 instruction manual and user guide. In: *Mans.io* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://mans.io/item/globalsat/gtr-129>
- [13] GLOBALSAT TECHNOLOGY CORPORATION. *GTR-128/GTR-129 Development Document*. V 0.4. Taiwan.
- [14] AVL Tracker: TR-606. *GlobalSat: WORLDCOM GROUP* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.globalsat.com.tw/s/2/product-199306/3G-WCDMA-AVL-Tracker-TR-606.html>
- [15] GLOBALSAT TECHNOLOGY CORPORATION. *TR-606B Development Document*. Taiwan.

- [16] *Traccar: Modern GPS Tracking Platform* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://www.traccar.org>
- [17] SOLDÁN, Vladimír. Sdělení ředitele Sekce letové a provozní Úřadu pro civilní letectví k pojmu "doba letu". In: *ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/7492/>
- [18] 2. Pravidla pro lety za viditelnosti. *VFR PŘÍRUČKA: Česká republika* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/vfrmanual/actual/enr_2_cz.html
- [19] GEN 2.7 TABULKY VÝCHODŮ/ZÁPADŮ SLUNCE A OBČANSKÉHO SVÍTÁNÍ/SOUMRAKU. In: *AIP ČR* [online]. ŘLP ČR, s.p., 2016 [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/g2-7.pdf
- [20] O nás. *Letecká informační služba: Řízení letového provozu České republiky* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/?lang=cz&p=o-nas>
- [21] Plochy SLZ. *LAA: CZECH REPUBLIC* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.laacr.cz/Stranky/provozni-informace/plochy-slz.aspx>
- [22] Databáze letišť. *AVION - .. létání* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://www.aerobaze.cz/avion/produkty/dletist.php>
- [23] AERODROME CHART - ICAO PRAHA/Ruzyně. In: *AIP ČR* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/a2-pr-adc.pdf
- [24] ENR 2.1 FIR, UIR, CTA, TMA, MTMA. In: *AIP ČR* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e2-1.pdf
- [25] ENR 6.3 - AREAS INDEX CHARTS: PROHIBITED, RESTRICTED, TEMPORARY RESERVED, TEMPORARY SEGREGATED AND DANGER AREAS INDEX CHART. *AIP ČR* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e6-3.pdf
- [26] *Integrated Briefing System* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <https://ibs.rlp.cz/home.do>
- [27] *AisView* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-15]. Dostupné z: <http://aisview.rlp.cz>
- [28] *Plán využití vzdušného prostoru (AUP)* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: <http://aup.rlp.cz>
- [29] *AIP - Aeronautical Information Publication* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm

- [30] *VFR příručka* [online]. ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z:
<http://lis.rlp.cz/vfrmanual/>
- [31] NM B2B WEB SERVICES: Web interface for system-to-system interoperability.
In: *EUROCONTROL* [online]. EUROCONTROL [cit. 2017-08-21]. Dostupné z:
<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/NM%20B2B%20factsheet%202015.pdf>
- [32] *OpenStreetMap* [online]. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z:
<http://www.openstreetmap.org/copyright>
- [33] ENR 6.1-ERC - LOWER: EN-ROUTE CHART ICAO - LOWER. In: *AIP ČR* [online].
ŘLP ČR, s.p. [cit. 2017-08-21]. Dostupné z: http://lis.rlp.cz/ais_data/aip/data/valid/e6-1-1.pdf
- [34] *CHMI Nowcasting webportal* [online]. ČHMÚ [cit. 2017-08-08]. Dostupné z:
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/rad/inca-cz/short.html>
- [35] *Radar.eu: european rainfall radar map* [online]. [cit. 2017-08-02]. Dostupné z:
<http://www.radareu.cz>
- [36] *Aktuální data z družic MSG* [online]. ČHMÚ & EUMETSAT [cit. 2017-08-02].
Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/data_jsmsgview.html
- [37] *Mapa webových kamer ČHMÚ* [online]. ČHMÚ [cit. 2017-08-15]. Dostupné z:
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/kam/mapa/>
- [38] *Orbifly: Met'Map* [online]. Orbifly [cit. 2017-08-02]. Dostupné z:
http://www.orbifly.com/member/metmap.php?region_choose=EU2&mode=metar&language=ENG&view_color=metars
- [39] *Flightradar24: LIVE AIR TRAFFIC* [online]. [cit. 2017-08-15]. Dostupné z:
<https://www.flightradar24.com/>
- [40] *PublicRadar* [online]. CS SOFT [cit. 2017-08-15]. Dostupné z: <http://publicradar.cz>
- [41] *Google Earth*. Google.