



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav letecké dopravy

Eva Ralka

**NÁVRH ČESKÉHO REPORTOVACÍHO SYSTÉMU
UDÁLOSTI GNSS RUŠENÍ**

Bakalářská práce

2022

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K621.....Ústav letecké dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Eva Ralka

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský –LED– Letecká doprava

Název tématu (česky): **Návrh českého reportovacího systému událostí
GNSS rušení**

Název tématu (anglicky): **Design of the Czech GNSS Interference Reporting
System**

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Cílem práce je návrh českého reportovacího systému událostí GNSS rušení za pomoci rešerše současných evropských i mimoevropských reportovacích systémů. Součástí návrhu je i akční plán uvedení takového systému do praxe.
- Rešerše stávajících reportovacích systémů ve světě
- Zhodnocení jednotlivých systémů
- Jejich vzájemné porovnání
- Návrh českého reportovacího systému
- Návrh jeho zapracování do praxe



- 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: GNSS Threat Monitoring and Reporting: Past, Present, and a Proposed Future. Journal of Navigation. 71. 1-17. 10.1017/S0373463317000911.
EUROCONTROL EVAIR
U.S. Coast Guard Navigation Center - GPS PROBLEM REPORTING
STRIKE3 project

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Steiner**

Datum zadání bakalářské práce: **8. října 2021**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **8. srpna 2022**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Eva Ralka
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 8. října 2021

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Návrh Českého reportovacího systému událostí GNSS rušení“ je návrh českého reportovacího systému událostí GNSS rušení za pomoci řešerše současných evropských i mimo evropských reportovacích systémů. Práce poukazuje na řešerše současných reportovacích systémů ve světě, provedení zhodnocení jednotlivých systémů pomocí dotazníku a jejich vzájemné porovnání podle obsahu parametrů, pomocí čeho byly vybrány i někteří parametry, které budou základem Českého reportovacího systému událostí GNSS rušení. Součástí návrhu je i akční plán uvedení takového systému do praxe.

KLÍČOVÁ SLOVA

GNSS rušení, hlášení, polohová informace, reportovací systém.

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis "Design of the Czech GNSS Interference Reporting System" is the design of the Czech GNSS interference reporting system with the help of a research of current European and non-European reporting systems. The thesis refers to the research of current reporting systems in the world, the evaluation of each system by means of a questionnaire and its comparison with each other according to the content of parameters, by means of which some parameters were selected, which will be the basis of the Czech reporting system of GNSS interference events. The proposal also includes an action plan for putting such a system into practice.

KEYWORDS

GNSS interference, reporting, position information, reporting system.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto písemnou studii bakalářské práce vypracovala samostatně.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady a zdroje, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne 31.07.2022

podpis.....


Eva Ralka

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této bakalářské práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Jakubu Steinerovi za odborné vedení, dozor a konzultování bakalářské práce. Dále pak za ochotu a rady, které mi poskytoval po dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat rodině, blízkým a přátelům za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Obsah

Seznam obrázku.....	10
Seznam tabulek.....	11
Seznam použitých zkratk.....	12
Úvod	15
1 Družicová navigace GNSS	16
1.1 Princip fungování	16
1.2 Určení polohy GNSS	16
1.3 Složení systému GNSS	17
1.3.1 Kosmický segment	17
1.3.2 Řídicí segment	17
1.3.3 Uživatelský segment.....	18
1.4 Družicové navigační systémy.....	19
1.5 Americký GPS	19
1.5.1 Struktura signálu.....	19
1.5.2 Služby GPS.....	20
1.6 Ruský globální družicový navigační systém GLONASS.....	20
1.6.1 Struktura signálu.....	20
1.6.2 Služby GLONASS.....	21
1.7 Galileo	22
1.7.1 Struktura signálu.....	22
1.7.2 Služby Galileo	22
1.8 BeiDou.....	23
1.8.1 Struktura signálu.....	23
1.8.2 Služby BeiDou.....	24
1.9 GNSS-rušení.....	24
1.9.1 Jamming	25
1.9.2 Spoofing	26
1.9.3 Meaconing	26
2 Rešerše současných reportovacích systémů ve světě	27
2.1 EVAIR	27
2.1.1 Proces podávání zpráv	28
2.2 NAVCEN	28
2.2.1 Proces podávání zpráv	29
2.2.2 Uživatelé z oblasti letectví – proces podávání zpráv.....	30
2.2.3 Civilní uživatelé mimo letectví – proces podávání zpráv.....	31

2.3	STRIKE3	32
2.4	Český telekomunikační úřad	33
2.4.1	Proces podávání zpráv a řešení.....	34
3	Zhodnocení současných reportovacích systémů ve světě.....	35
3.1	Porovnání existujících reportovacích systémů GNSS-rušení.....	35
3.2	Informace o dotazníku	37
3.2.1	Výsledky dotazníku	38
3.3	Poučení z dotazníku pro návrh Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení 39	
4	Návrh Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení	40
4.1	Struktura reportovacího systému pro uživatele z letectví.....	40
4.2	Struktura reportovacího systému pro uživatele mimo letectví	42
4.3	Orgány veřejné moci, které budou odpovědné za převzetí informací a další řešení problému	43
4.4	Platforma	44
4.4.1	Papírový formulář.....	44
4.4.2	Webová stránka	45
4.4.3	Samostatná aplikace	46
4.4.4	Integrace do stávající aplikace.....	47
4.5	Návrh platformy Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení.....	48
5	Návrh zpracování Českého reportovacího systému do praxe.....	49
5.1	Počáteční akce	49
5.2	Zavedení do praxe pro uživatele z letectví	49
5.2.1	Novinky na webových stránkách.....	49
5.2.2	Semináře a školení.....	50
5.2.3	Sociální sítě	50
5.3	Zavedení do praxe pro civilní uživatele mimo letectví	50
5.3.1	Novinky na webových stránkách.....	51
5.3.2	Sociální sítě	51
	Závěr.....	52
	Seznam použité literatury	53
	Seznam příloh.....	56

Seznam obrázku

Obrázek 1: Struktura signálu GPS.....	20
Obrázek 2: Struktura signálu Glonass	21
Obrázek 3: Frekvenční plán systému Galileo.....	22
Obrázek 4: Spektra BeiDou-signálů: fáze II (nahore) a fáze III (dole).....	24

Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam informací pro zjištění GNSS-rušení podle reportovacího systému EVAIR .	28
Tabulka 2: Seznam údajů pro nahlášení o výpadku polohové informace v letadle	30
Tabulka 3: Civilní uživatelé mimo letectví – seznam údajů pro nahlášení o výpadku polohové informace na Zemi.....	31
Tabulka 4: Návrhy parametrů pro monitorování a podávání zpráv o hrozbách podle projektu STRIKE3	32
Tabulka 5: Český telekomunikační úřad – seznam údajů pro nahlášení výpadku polohové informace na Zemi.....	34
Tabulka 6: Srovnání existujících reportovacích systémů ve světě	35

Seznam použitých zkratk

	Anglicky význam	Česky význam
A/S	Anti-Spoofing	
ANS	Air Navigation Service	Letecká navigační služba
ANSP	Air Navigation Service Provides	
AOs	Aircraft operators	Provozovatelé letadel
ARNS	Aeronautical Radio Navigation Services	Letecké radionavigační služby
ATM	Air Traffic Management	Řízení letového provozu
BDS	BeiDou	
C/A	The Coarse/Acquisition	
CDMA	Code-division-multiple-access	Kódové dělení s vícenásobným přístupem
CS	Control Segment	Řídicí segment
ČTU	Czech Telecommunications Office	Český telekomunikační úřad
ELFA	European Low Fares Airline Association	Evropská asociace nízkonákladových leteckých společností
EUROCONTROL	The European Organisation for the Safety of Air Navigation	Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu
EVAIR	EUROCONTROL voluntary ATM incident reporting	Dobrovolné hlášení incidentů v bankomatech EUROCONTROL
FDMA	Frequency Division Multiple Access	Vícenásobný přístup s frekvenčním dělením
GLONASS	Global Navigation Satellite System	Globální Navigační Satelitní Systém
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globální družicový polohový systém
GPS	Global Positioning System	Globální polohový systém
GPSOC	GPS Operations Center	Operační středisko GPS

HAS	High Accuracy Service	Služba vysoké přesnosti
IACA	International Air Carrier Association	Mezinárodní sdružení leteckých dopravců
IATA	International Air Transport Association	Mezinárodní sdružení pro leteckou dopravu
L1C	Civil signal	Civilní signál
M	Military signal	Vojenský signál
MCS	Main Control Station	Řídicí stanice
MIOC	Maritime Information Operation Center	Námořní informační operační středisko
MS	Monitor Station	Monitorovací stanice
MSs	Network of globally-distributed monitor stations	Síť globálně rozmístěných monitorovacích stanic
NASA	National Aeronautics and Space Administration	Národní úřad pro letectví a vesmír
NAVCEN	The U.S. Coast Guard Navigation Center	Navigační centrum pobřežní stráže USA
NDGPS	Nationwide Differential GPS	
OCS	Operational Control System	Operační Řídicí Systém
OCX	Operational Control Segment	
OS	Open Service	Otevřená služba
P(Y)	Precision signal	Přesný signál
PNT	Positioning, Navigation and Timing	Určování polohy, navigace a časování
PPD	Personal Protection Devices	Osobní ochranné prostředky
PPS	The Precise Positioning Service	Služba přesného určení polohy
PRS	Public regulated service	Veřejná regulovaná služba
RNSS	Radio Navigation Satellite Services	Rádionavigační satelitní služby
SA	Controlling Selective Availability	
SAR	Search and Rescue Service	Pátrací a záchranná služba
SPS	The Standard Positioning Service	

SV	Space Vehicle	
TT&C	Telemetry, Tracking and Command/Control	
US	Up-link Stations	Stanice up-link
USA	United States of America	Spojené státy americké

Úvod

Letectví je odvětví, které se neustále vyvíjí, ať už jde o bezpečnost nebo navigaci. Navigační systém GNSS (Global Navigation Satellite System) ve formě, ve které existují a jsou nyní používány, vznikl na počátku 70. let, kdy Sovětský svaz a Spojené státy téměř současně zahájily vývoj GLONASS (Global Navigation Satellite System) a GPS (Global Positioning System). V současné době má každý z těchto systémů na oběžné dráze plnohodnotnou orbitální konstelaci družic, které poskytují služby v celosvětovém měřítku. Od té doby byl tento způsob navigace dále rozvíjen a vznikly nové systémy, jako například evropský Galileo a čínský BeiDou.

Bohužel se však stále častěji setkáváme s rušením signálu těchto systémů. Rušení signálu může být úmyslné nebo neúmyslné. K GNSS rušení se dochází, když jsou přirozeně slabé signály GNSS přemoženy jinými, silnějšími rádiovými signály na stejné frekvenci. Nejčastěji se však jedná o úmyslné rušení signálu. Nejčastější formy rušení se nazývají Jamming, Spoofing, Meaconing. Tyto anomálie je třeba hlásit, aby byly známy a řešeny, protože mají negativní dopad na družicové navigační systémy, frekvenční pásma a jednoduše na možnost používat systém v dobrém provozním stavu.

Cílem této práce je vytvořit návrh českého reportovacího systému událostí GNSS rušení za pomoci rešerše současných celosvětových reportovacích systémů. Na základě nalezených systémů bude provedeno zhodnocení jednotlivých systémů pomocí dotazníku, ze kterého budou zjištěny uživatelské zkušenosti respondentu a poté následuje vzájemné porovnání stávajících reportovacích systémů podle obsahu parametrů. Při vytvoření návrhu Českého reportovacího systému budou zveřejněny parametry, které budou jeho základem, bude vybrán organ veřejné moci, který bude odpovědným za rozpracování hlášení a taky bude navrženo několik platform pro umístění systému, z nichž bude na základě výhod a nevýhod vybrána jedna platforma. Součástí návrhu je i akční plán uvedení takového systému do praxe, kde podrobně bude popsány distribuční cesty informační kampaně a které skupiny uživatelé by se měly dozvědět o vytvoření návrhu Českého reportovacího systému události GNSS rušení.

1 Družicová navigace GNSS

GNSS – je souhrnný termín užívaný k obecnému označení globálních družicových systémů. Obecně je to služba, technologie umožňující pomocí signálu ze satelitních družic určit svoji polohu, rychlost a čas s velkou přesností. GNSS se využívá v různých odvětvích průmyslu a oblastech kritické infrastruktury, jako jsou například [1]:

- energetika,
- potravinářství a zemědělství,
- doprava,
- komunikační a informační systémy,
- bankovní a finanční sektor [2].

1.1 Princip fungování

Základním principem fungování těchto systémů je přenos rádiových vln mezi jednotlivými družicemi na oběžné dráze a přijímači těchto signálů na zemském povrchu, tzn. uživatelskými zařízeními. Satelity obíhající kolem Země ve výšce okolo 20 000 km nad zemským povrchem vysílají spojité signály na konkrétních frekvencích. Přijímač na Zemi může dokázat na základě znalosti rychlosti šíření rádiových vln a doby, která uplynula mezi odesláním signálu ze satelitu a jeho příjmu v tomto přijímači, určit vzdálenost k satelitu. Na základě tohoto principu k přesnému určení polohy na zemském povrchu nestačí jeden satelit, nýbrž pro určení tří souřadnic XYZ a zajištění podpory v reálném čase jsou potřeba alespoň čtyři takové satelity [3].

1.2 Určení polohy GNSS

Určení polohy ze změřených pseudovzdáleností vhodně vybraných navigačních družic, jejichž polohu lze predikovat z kepleriánských elementů distribuovaných v navigační zprávě, představuje řešení nelineární soustavy čtyř rovnic podle:

$$D_1 = \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2 + (z_1 - z_u)^2} + c \cdot t_u$$

$$D_2 = \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2 + (z_2 - z_u)^2} + c \cdot t_u$$

$$D_3 = \sqrt{(x_3 - x_u)^2 + (y_3 - y_u)^2 + (z_3 - z_u)^2} + c \cdot t_u$$

$$D_4 = \sqrt{(x_4 - x_u)^2 + (y_4 - y_u)^2 + (z_4 - z_u)^2} + c \cdot t_u$$

kde:

- D_i odpovídá změřené pseudovzdálenosti, vektory (x_i, y_i, z_i) prezentují polohy jednotlivých družic v kartézské souřadné soustavě pro $i = 1, 2, 3$ a 4 ,
- vektor (x_u, y_u, z_u) je určovaná (hledaná) poloha,
- t_u je časová diference mezi časovou základnou přijímače a synchronní základnou družic,
- c je rychlost šíření elektromagnetické vlny ($c = 299\,792\,458$ m/s) [4].

1.3 Složení systému GNSS

Systém GNSS lze rozčlenit na tři základní segmenty:

- kosmický segment,
- řídicí segment,
- uživatelský segment.

1.3.1 Kosmický segment

Kosmický segment je tvořen družicemi, původně 24, nyní až 32. Ty obíhají ve výšce 20 200 km nad povrchem Země na šesti kruhových drahách se sklonem 55° . Družice bývají několikrát ročně, obvykle plánovaně, odstaveny pro údržbu atomových hodin a korekci dráhy družice. Tato údržba trvá přibližně 12–24 hodin. Průměrná životnost družice je asi deset let, obměna kosmického segmentu trvá přibližně dvacet let [4].

Parametry oběžných drah každé družice jsou popsány v tzv. efemeridách. Na základě efemerid je možné určit polohu družice v definovaném čase. Jednotlivé GNSS-systémy se liší v tom, kolik družic jejich kosmický segment má, na jakých oběžných drahách jsou družice rozmístěny, a rovněž v počtu a skladbě signálů, jež družice vysílají. Kosmický segment je vždy navržen tak, aby zajistil co nejlepší pokrytí zemského povrchu signály z družic [5].

1.3.2 Řídicí segment

Řídicí segment je tvořen stanicemi, které zajišťují provoz celého navigačního systému. Stanice řídicího segmentu všech GNSS musí plnit obdobné úkoly, jako jsou:

- monitorování konstelace družic,

- monitorování signálů družic,
- sestavování navigačních zpráv družic,
- udržování systémového času GNSS,
- zajišťování komunikace s družicemi.

Řídicí segment v neposlední řadě také komunikuje směrem k uživatelskému segmentu, jemuž přes různé komunikační kanály (např. e-mail, web) sděluje informace o plánovaném stavu kosmického segmentu [5].

Stanice řídicího segmentu lze rozdělit do několika skupin, a to podle činností, které vykonávají, na:

- řídicí stanice (MCS; angl. Main Control Station) je centrální uzel řídicího segmentu, který slouží k plánování provozu systému, k plánování jeho údržby a řízení. Data získaná z ostatních stanic řídicího segmentu jsou odesílána právě do řídicí stanice systému, kde jsou následně zpracovávána. Zpracovaná data představují základ pro sestavení obsahu navigačních zpráv,
- stanice pro komunikaci s družicemi (ULS; z angl. Up-link Stations) – tyto stanice slouží k nahrávání dat na družice,
- povelové stanice a stanice pro telemetrické sledování družic (TT&C; z angl. Telemetry, Tracking and Command/Control) – stanice slouží k předávání povelů a získávání telemetrických dat družic. Získaná telemetrická data družic jsou předávána do řídicí stanice. Ta pak prostřednictvím TT&C-stanic řídí celou konstelaci družic,
- monitorovací stanice (MS; z angl. Monitor Station) – stanice slouží k získávání signálů vysílaných družicemi daného GNSS. Získaná data jsou předávána řídicí stanici,
- komunikační infrastruktura zahrnuje jak komunikaci mezi jednotlivými stanicemi řídicího segmentu, tak komunikační rozhraní mezi řídicím a kosmickým segmentem. Komunikace mezi kosmickým a řídicím segmentem je zajišťována k tomu vyhrazenými stanicemi řídicího segmentu (ULS a TT&C) [5].

1.3.3 Uživatelský segment

Uživatelský segment tvoří uživatelé vybavení přijímači GNSS, kteří mohou určovat svou polohu, čas, rychlost a zrychlení. Spolu s polohou a časem dostávají uživatelé informace

o integritě systému GNSS. Všechny systémy GNSS rozlišují různé typy uživatelů. Vždy se rozlišují minimálně dva typy, jež lze obecně označit za oprávněné, či neoprávněné uživatele [5].

Kombinace družicových signálů vytváří různé typy služeb, jež pak mohou využívat oprávnění uživatelé vybavení příslušným zařízením GNSS. Přesnost lokalizace a navigace závisí právě na tom, jaký typ služby jejich přístroj zvládne. Hlavním účelem rozdělení uživatelů bylo zajistit různé úrovně přesnosti lokalizace a navigace [5].

1.4 Družicové navigační systémy

Existuje několik globálních navigačních systémů, jež jsou v současné době plně operabilní, nebo se nově budují. Mezi tyto systémy patří:

- GPS,
- GLONASS,
- GALILEO,
- čínský BeiDou-2.

1.5 Americký GPS

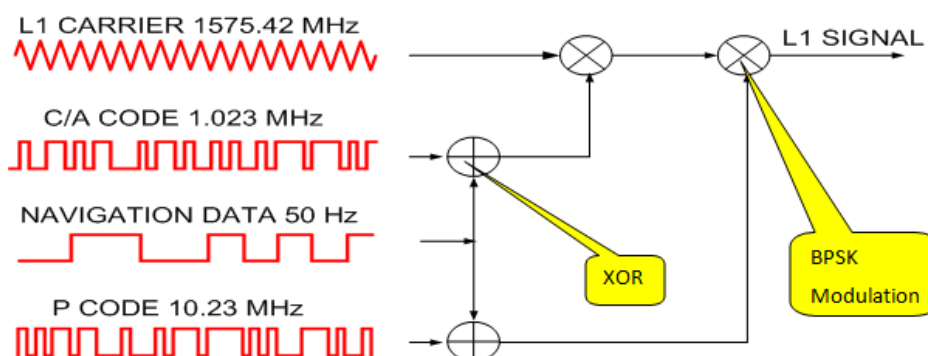
GPS je americký globální navigační družicový systém, který poskytuje bezplatné služby určování polohy a času po celém světě. GPS pracuje s nominální konstelací 24 družic, maximální počet současně aktivních družic je stanoven na 36 [6].

1.5.1 Struktura signálu

Pásmo GPS L1 (1 575,42 MHz) se stalo nejdůležitějším pásmem pro navigační účely. Většina aplikací na světě je v současnosti založena na signálech vysílaných na této frekvenci. V nynější době vysílá systém GPS v pásmu L1 tři signály: kód C/A (The Coarse/Acquisition), kód P(Y) (precision signal), kód M (military signal) a nový signál L1C (civil signal), který je v procesu zavádění do provozu. Systém GPS vysílá v pásmu L2 (1 227,60 MHz) modernizovaný civilní signál známý jako L2C, který byl navržen speciálně pro komerční potřeby, protože umožňuje vývoj dvoufrekvenčních řešení. Signál GPS L5 (1 176,45 MHz) je jedním z nových signálů v rámci plánu modernizace GPS. Vysílá se v rádiovém pásmu vyhrazeném pouze pro bezpečnostní služby v letectví a předpokládá se, že tento signál bude používán v kombinaci se signálem L1 C/A ke zvýšení přesnosti [7].

Níže je uveden obrázek č.1, který ukazuje různé složky signálu GPS pro nejdůležitější pásmo L1.

Obrázek 1: Struktura signálu GPS



1.5.2 Služby GPS

Systém GPS poskytuje dvě různé služby určování polohy, a to službu přesného určování polohy (PPS) a standardní službu určování polohy (SPS).

- Služba přesného určování polohy (Precise Positioning Service) je vysoce přesná vojenská služba určování polohy, rychlosti a času vysílaná na frekvencích GPS L1 a L2. Obě frekvence obsahují přesný (P) kódový signál pro určování polohy s navigační datovou zprávou, která je vyhrazena pro autorizované použití s využitím kryptografie
- Standardní polohová služba (SPS) je služba určování polohy a času poskytovaná na frekvencích GPS L1, L2 a L5 a dostupná všem uživatelům GPS [8].

1.6 Ruský globální družicový navigační systém GLONASS

GLONASS je kosmický globální družicový navigační systém, který poskytuje uživatelům spolehlivé služby určování polohy, navigace a časování, a to nepřetržitě a volně po celém světě. Přijímače GLONASS vypočítávají svou polohu v referenčním systému GLONASS pomocí družicové technologie a na základě triangulačních principů.

1.6.1 Struktura signálu

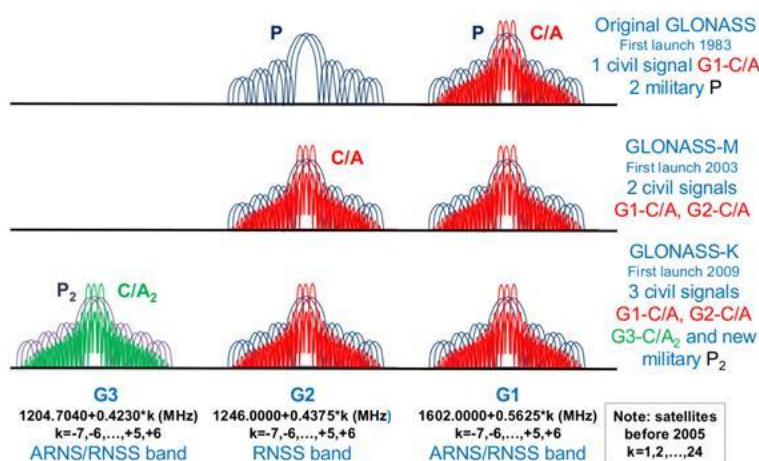
Starší signály GLONASS jsou pravotočivě kruhově polarizované a soustředěné na dvě rádiové frekvence v pásmu L, zde označované jako pásma G1 a G227. GLONASS využívá techniku vícenásobného přístupu s kmitočtovým dělením

(FDMA) namísto techniky vícenásobného přístupu s kódovým dělením (CDMA), kterou používají jiné systémy GNSS, jako jsou GPS nebo GALILEO. Každá družice vysílá navigační signály na své vlastní nosné frekvenci, takže dvě družice GLONASS mohou vysílat navigační signály na stejné nosné frekvenci, pokud se nacházejí v protilehlých slotech jedné orbitální roviny [9].

V rámci modernizace systému GLONASS bude přidána nová, třetí frekvence G3 v pásmu ARNS (Aeronautical Radio Navigation Services) pro družice GLONASS-K [9].

Níže je uveden obrázek č.2, zobrazující strukturu signálu družicového navigačního systému GLONASS.

Obrázek 2: Struktura signálu Glonass



1.6.2 Služby GLONASS

Systém GLONASS nabízí dvě služby:

- Standardní služba určování polohy (SPS) je otevřená služba, která je pro celosvětové uživatele bezplatná. Navigační signál byl zpočátku poskytován pouze ve frekvenčním pásmu G1, ale od roku 2004 vysílá nový GLONASS-M také druhý civilní signál v pásmu G2,
- Služba přesného určování polohy (PPS) je vyhrazena vojenským a autorizovaným uživatelům. Dva navigační signály jsou poskytovány ve dvou frekvenčních pásmech G1 a G2 [9].

1.7 Galileo

Galileo je evropský globální družicový navigační systém, který poskytuje vysoce přesnou a zaručenou globální službu určování polohy pod civilní kontrolou. Je interoperabilní s GPS a GLONASS [10].

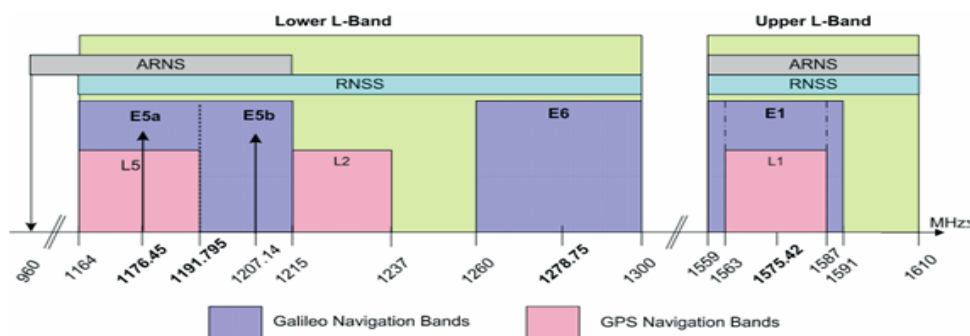
Díky standardní nabídce dvou frekvencí poskytuje systém Galileo přesnost určování polohy v reálném čase až na metry. Zaručuje dostupnost služby i za těch nejextrémnějších okolností a informuje uživatele o výpadku kterékoli družice [10].

1.7.1 Struktura signálu

Navigační signály Galileo jsou vysílány ve čtyřech frekvenčních pásmech uvedených na následujícím obrázku. Tato čtyři frekvenční pásma jsou E5a, E5b, E6 a E1. Poskytují širokou šířku pásma pro přenos signálů Galileo. Kmitočtová pásma systému Galileo byla vybrána ve spektru přiděleném pro radionavigační družicové služby (RNSS). Kromě toho jsou pásma E5a, E5b a E1 zahrnuta do spektra přiděleného pro ARNS, které využívají uživatelé v civilním letectví a jež umožňují vyhrazené aplikace kritické z hlediska bezpečnosti. Názvy signálů Galileo jsou stejné jako odpovídající nosné frekvence. Signály E5a a E5b jsou součástí pásma E5 [11].

Níže je uveden obrázek č.3, zobrazující frekvenční plán družicového navigačního systému GALILEO.

Obrázek 3: Frekvenční plán systému Galileo



1.7.2 Služby Galileo

- Otevřená služba (OS): volně přístupná otevřená služba s přesností na jeden metr je určena pro masový trh, pro navigaci motorových vozidel a mobilní telefonní služby založené na určení polohy.

- Služba vysoké přesnosti (HAS): služba doplňující operační systém poskytováním dalšího navigačního signálu a služeb s přidanou hodnotou v jiném frekvenčním pásmu. Signál HAS může být šifrován, aby bylo možné kontrolovat přístup ke službám HAS systému Galileo.
- Veřejná regulovaná služba (PRS): je vyhrazena pro vládou pověřené uživatele a je určena pro citlivé aplikace vyžadující vysokou úroveň kontinuity služeb. Bude šifrována a navržena tak, aby byla robustnější, s mechanismy proti rušení a se spolehlivou detekcí problémů. Tato služba je určena pro bezpečnostní a strategickou infrastrukturu (např. energetiku, telekomunikace a finance) [9].
- Galileo Support to Search and Rescue Service (SAR) představuje příspěvek Evropy k mezinárodní spolupráci COSPAS-SARSAT v oblasti humanitárních pátracích a záchranných činností. Družice Galileo jsou schopny zachytit signály z nouzových majáků umístěných na lodích, letadlech nebo osobách, a nakonec je odeslat zpět do národních záchranných center. Záchranné středisko tak může zjistit přesnou polohu nehody. Alespoň jedna družice Galileo bude v dohledu jakéhokoli bodu na Zemi, takže je možné téměř v reálném čase upozornit na nouzovou situaci [12].

1.8 BeiDou

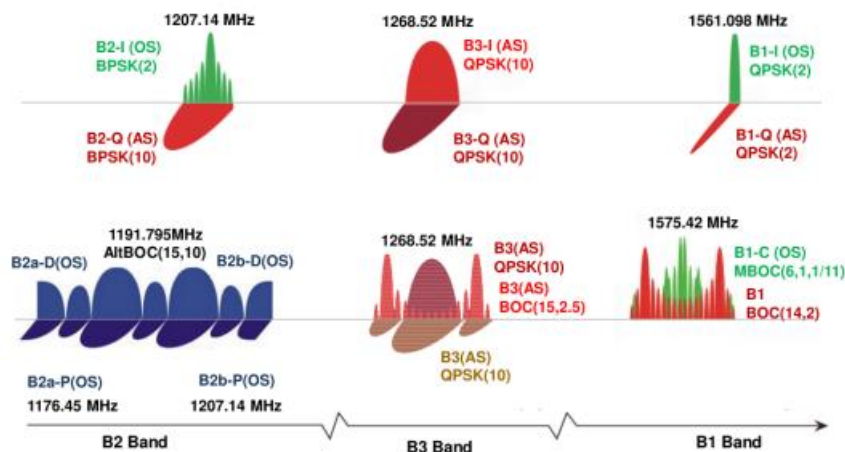
Družicový navigační systém BeiDou (BDS), známý také jako BeiDou-2, je čínský družicový navigační systém druhé generace, který je schopen nepřetržitě poskytovat polohové, navigační a časové služby uživatelům po celém světě. Skládá se ze dvou samostatných částí. První systém BeiDou, oficiálně nazvaný BeiDou Satellite Navigation Experimental System a známý rovněž jako BeiDou-1, sestával ze tří satelitů, které od roku 2000 nabízely omezené pokrytí a navigační služby, zejména pro uživatele v Číně a sousedních regionech. BeiDou-1 byl vyřazen z provozu v závěru roku 2012. Dne 23. června 2020 byl úspěšně vypuštěn finální satelit BeiDou, tedy šlo o vypuštění 55. satelitu v rodině BeiDou [13].

1.8.1 Struktura signálu

BeiDou-2 vysílá tři otevřené signály – signál B1I se středovou frekvencí 1 561,098 MHz, signál B2I (1 207,140 MHz) a signál B3I (1 268,520 MHz). Na stejných středních frekvencích se vysílají tři uzavřené signály [9].

Níže je uveden obrázek č.4, zobrazující spektra BeiDou-signálu.

Obrázek 4: Spektra BeiDou-signálů: fáze II (nahore) a fáze III (dole)



1.8.2 Služby BeiDou

System BeiDou podporuje jak globální celosvětové, tak i regionální služby.

Globální služby lze dále rozdělit na dvě další služby.

- Otevřená služba se podobá službám GPS a Galileo, je bezplatná a otevřená všem uživatelům na celém světě. Ti mohou vypočítat své navigační řešení na stejných principech, jako je tomu u GPS a Galilea, a systém je navržen tak, aby poskytoval přesnost určení polohy 10 metrů, přesnost časování 50ns a přesnost rychlosti 0,2 metru za sekundu [14].
- Autorizovaná služba má za cíl zajistit vysokou spolehlivost použití i ve „složitých“ situacích. Je o ní k dispozici málo informací.

Regionální služby:

- Širokoplošné diferenciální služby – tyto služby jsou předpokládány pro BeiDou a inzerovány tak, aby dosahovaly přesnosti určení polohy na jeden metr [15].
- Služba krátkých zpráv – nazývaná také služba hlášení polohy – je podporována systémem BeiDou-1 a spočívá v tom, že si uživatel a stanice mohou vyměňovat krátké zprávy (v současné době 120 čínských znaků na zprávu). Tato služba bude pravděpodobně poskytována společností BeiDou, může se vyvinout do delších zpráv a nebude omezena na hlášení polohy [15].

1.9 GNSS-rušení

K rušení dochází, když jsou signály GNSS, ze své podstaty slabé, potlačeny jinými, silnějšími rádiovými signály na stejné frekvenci. K tomu může dojít za situací, kdy se

přijímače GNSS nacházejí v blízkosti jiných elektronických zařízení, rádiových antén nebo modemů. Radioamatéři vysílající rádiové signály v této oblasti mohou neúmyslně rušit GNSS. Rušení může snížit přesnost určování polohy nebo způsobit ztrátu polohy, navigaci a času (PNT) u přijímačů [16].

„Rušení GNSS-slужby (GNSS-pásem) může být úmyslné i neúmyslné, stejně tak jako i u ostatních služeb. Neúmyslné rušení bývá většinou způsobeno poruchou zařízení nebo jeho nesprávným nastavením a používáním, kdy dochází k vyzařování škodlivých emisí mimo jeho pracovní pásmo a tyto emise zasahují do GNSS-pásem. Toto bývá ojedinělé a vzhledem k vyzářenému výkonu, který takové zařízení (v poruše nebo špatně nastavené) produkuje, je oblast, kde dochází k nedostupnosti GNSS-slужby, velmi malá. Pokud jde o úmyslné rušení, tak je rušící signál cílen do určité oblasti s větším vyzářeným výkonem. Příkladem může být snaha zarušit letiště nebo vojenský prostor, kde se GNSS navigační služba využívá ve větší míře. Dále pak například zarušení sledovacího systému vozidel, ať už nákladních za účelem jízdy bez uhrazení mýtného, nebo osobních za účelem provedení nepovolené jízdy anebo při krádeži vozidla“ [17].

Signály GNSS mají nízký výkon, což znamená, že slabý zdroj rušení může způsobit poruchu přijímače nebo nebezpečně zkreslené informace. Doposud největší obavy v případě GNSS vyvolávala možnost jejich rušení prostřednictvím maskování satelitního signálu šumem. Úplnou ztrátu GNSS lze poměrně snadno zjistit, jemné pohyby způsobené rušením však nikoli [18].

1.9.1 Jamming

Nejčastější formou rušení signálu GNSS je právě **jamming**. Ten je obvykle způsoben rušením signálů na frekvencích GNSS. Úmyslné rušení má za cíl přebít velmi slabý přijímač signálů GNSS. Princip rušení spočívá ve vysílání signálu na frekvencích blízkých GNSS nebo rezervovaných pro GNSS, o vysokém výkonu a s vysokou hladinou šumu. Šum je v rádiové technice nežádoucí vlastnost, jež zhoršuje „přichycení“ k nosné vlně signálu. V případě jammingu přijímač přestává sledovat správný signál a má problém s následnou rekvizicí. Kromě vojenských rušiček se často používají strategie, jako jsou osobní ochranná zařízení (PPD). Ta jsou snadno dostupná a levná, ovšem ve většině zemí zakázaná [18].

1.9.2 Spoofing

Spoofing je inteligentní forma rušení, která způsobí, že se přijímač domnívá, že se nachází na falešném místě. Při spoofingovém útoku vysílá rádiový vysílač umístěný poblíž do cílového přijímače falešné signály GPS.

GNSS-spoofing je aplikace signálů podobných GNSS, jež jsou přenášeny lokálně a zakódovány takovým způsobem, že přijímač věří, že se jedná o falešný signál, že je tam, kde není. Útok typu GNSS-spoofingu se pokouší oklamat přijímač GNSS vysíláním nesprávných signálů GNSS, strukturovaných tak, aby se podobaly souboru normálních signálů GNSS, nebo opakovaným vysíláním pravých signálů zachycených jinde nebo na jiném místě, v jiném čase. Tyto podvržené signály mohou být upraveny takovým způsobem, že způsobí, že přijímač vyhodnotí svou polohu někde jinde, než kde se skutečně nachází, nebo aby se nacházel tam, kde se nachází, ale v jiném čase, jak určí útočník [18].

1.9.3 Meaconing

Meaconing je typ spoofingu, kdy jsou signály GNSS znovu vysílány. To vyžaduje jednodušší vybavení, než jaké je vyžadováno pro útok falšování.

Zdrojem meaconingového útoku by také mohl být opakovač GPS/GNSS, jako jsou ty, které jsou instalovány v letištních hangárech, umožňující vnitřní příjem signálů GPS pro testovací účely. Měl by být zvýšen výkon takového opakovače – ať už úmyslně, nebo ne –, vedlo by to k rozeslání falešné pozice [18].

2 Rešerše současných reportovacích systémů ve světě

Tato kapitola se zaměřuje na systémy, které již ve světě existují, na to, k čemu takovéto systémy slouží, a proč jsou důležité, analyzujeme tyto systémy v České republice i v zahraničí a popíšeme jejich možnosti. Reportovací systém událostí GNSS-rušení je systém, jehož pomocí uživatelé hlásí výpadek polohové informace. Závislost na GNSS se zvyšuje, protože GNSS se používá pro stále širší škálu bezpečnostních, obchodních a politicky kritických aplikací. Nicméně zvyšující se závislost na GNSS přináší riziko, že tyto služby mohou být ovlivněny rušením na GNSS – ať už neúmyslným, nebo úmyslným. Reportovací systém událostí GNSS-rušení je systém, s jehož pomocí uživatelé hlásí výpadek polohové informace. Tato rešerše pomůže určit parametry, které má Český reportovací systém obsahovat.

2.1 EVAIR

Dobrovolné hlášení incidentů v bankomatech EUROCONTROL (EVAIR) je prvním příkladem dobrovolného sběru dat o incidentech Řízení letového provozu (ATM) na celoevropské úrovni. Byl vyvinut s cílem umožnit proaktivní přístup k bezpečnosti ATM a letových navigačních služeb (ANS). Procesy hlášení incidentů, sběru údajů a zpětné vazby se opírají o trvalou účinnou spolupráci mezi leteckými společnostmi a jejich sdruženími (Mezinárodní sdružení leteckých dopravců (IATA), Mezinárodní asociace leteckých dopravců (IACA), Evropská asociace nízkonákladových leteckých společností (ELFA)), poskytovateli letových navigačních služeb (ANSP) a organizací Evropská organizace pro bezpečnost letového provozu (EUROCONTROL). V tomto procesu EUROCONTROL usnadňuje dialog a výměnu údajů mezi leteckými společnostmi a poskytovateli letových navigačních služeb, sdílí informace a zpřístupňuje je zúčastněným stranám, aby podpořil preventivní a proaktivní přístup k bezpečnosti formou aktivní zpětné vazby, rychlého řešení problémů a sdílení získaných zkušeností [20].

V bezpečnostním bulletinu EVAIR jsou uvedeny informace týkající se bezpečnosti, včetně různých typů údajů, jež byly obdrženy a analyzovány během sledovaného období. Bulletin je vydáván dvakrát ročně a zasílán všem zúčastněným stranám i dalším uživatelům, kteří se k jeho odběru přihlásili [20].

2.1.1 Proces podávání zpráv

EVAIR získává informace od provozovatelů letadel, vlastně od jejich bezpečnostních manažerů. Hlášení však přicházejí také ze systémů řízení bezpečnosti ANSP. EVAIR zpracovává zprávy o Řízení letového provozu (ATM), které poskytují provozovatelé letadel (AOs), jejich sdružení a poskytovatelé letových navigačních služeb. Zprávy se zaměřují na bezpečnostní otázky související s ATM. Odborníci EVAIR tato hlášení analyzují, klasifikují a vkládají údaje do databáze EVAIR.

AOs, související sdružení a ANSP mohou hlášení do EVAIR zasílat e-mailem na adresu podpůrného týmu EVAIR. EVAIR získává informace od provozovatelů letadel, konkrétně od jejich bezpečnostních manažerů. Hlášení však přicházejí také ze systémů řízení bezpečnosti ANSP. Oznámení se provádí prostřednictvím bezpečnostních zpráv leteckých společností nebo poskytovatelů letových navigačních služeb pro EVAIR. Zprávy se zasílají e-mailem [20].

Na základě konzultací s pracovníkem EUROCONTROL byly stanoveny parametry pro hlášení GNSS-rušení. Níže je uvedena tabulka č. 1 obsahující údaje, které jsou vyžadovány pro zjištění výpadků polohové informace. Všechny údaje musí být vyplněny.

Tabulka 1: Seznam informací pro zjištění GNSS-rušení podle reportovacího systému EVAIR

Typ letadla
Letiště odletu/příletu
Flight level / nadmořská výška události
Poloha vyjádřená v souřadnicích nebo pomocí NAV-pomůcek, případně zeměpisných poloh
Vliv na vybavení letadla, které může zahrnovat NAV a SUR
Ukazatele větru
Terénní výstrahy

2.2 NAVCEN

Navigační středisko americké pobřežní stráže (NAVCEN) – jedná se o oficiální „centrum podpory“ pro civilní uživatele amerického globálního polohového systému GPS. Poskytuje námořní navigační a informační služby, které zvyšují bezpečnost, zabezpečení a efektivitu vodních cest Spojených států amerických (USA) [21].

Úkoly NAVCEN jsou plněny v námořním informačním operačním středisku (MIOC), které je operačním a podpůrným štábem jednotky. MIOC má čtyři „hlídky“ pracovníků, kteří monitorují různé navigační systémy závislé na GPS. Řídicí středisko vypadá jako malá řídicí centrála misí v Národní úřad pro letectví a vesmír (NASA), kde jsou na obrovském displeji o velikosti stěny zobrazovány informace o stavu monitorovaných systémů v reálném čase. Tento živý datový tok zahrnuje pohyb kontejnerových lodí a další lodní dopravy podél pobřeží a v kritických vodních cestách i přístavech, stavy vysílaných lokalit v celostátním diferenciálním rozšiřujícím systému GPS (NDGPS), a dokonce i národní a vesmírné počasí [21].

Dalším úkolem NAVCEN je informovat uživatele o plánovaných odstávkách a testech některého z podporovaných navigačních systémů, včetně GPS. NAVCEN spolupracuje s testovacími subjekty a na požádání pomáhá koordinovat i účast civilního obyvatelstva na těchto testech. Například se plánuje nadcházející test L2C/L5 GPS, v jehož rámci budou porovnávány údaje z pozorování z mnoha civilních i vojenských přijímačů GPS po celém světě [21].

2.2.1 Proces podávání zpráv

Přijímání a hlášení podezřelých případů výpadků, které mohou být způsobeny interferencí, je dalším významným úkolem NAVCEN. Tato úloha je brána vážně, protože NAVCEN se úzce podílí na vývoji a implementaci systému „DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY (DHS) Patriot Watch“, přičemž se z velké části zaměřuje na hlášení incidentů a reakcí na ně. Přijaté dotazy se nejprve prověřují, zda se neshodují s plánovanými nebo hlášenými výpadky (např. družice mimo provoz, výpadky stanovišť nebo vysílačů NDGPS, plánovaná cvičení nebo testy). V závislosti na závažnosti výpadku mohou být hlášení dokonce předána příslušným orgánům činným v trestním řízení anebo federálním úřadům k dalšímu šetření nebo nápravným opatřením. Přesto bývá hlášeno a ověřeno relativně málo případů rušení GPS. Z více než 900 přímých dotazů, které NAVCEN každoročně obdrží, se asi jenom 90 přímo týká GPS a z nich jen přibližně polovina představuje podezření na rušení. Z dotazů na rušení se zhruba dvě třetiny ukážou jako chyby v mapování – nerovnoměrnost a zastaralost map v navigačních zařízeních GPS koncových uživatelů [22].

Hlášení se dělí na tři základní kategorie:

- uživatelé z oblasti letectví – pro uživatele, kteří chtějí nahlásit problém s GPS související s používáním v letectví (vnitrostátním nebo mezinárodním),
- civilní uživatelé mimo letectví – pro uživatele, již mají problémy s GPS týkající se pozemních nebo námořních signálů pro určování polohy, navigace nebo časování,
- uživatelé z armády – Operační středisko GPS (GPSOC) na letecké základně Schriever v Coloradu je ústředním bodem ministerstva obrany pro provozní záležitosti a otázky týkající se vojenského využití GPS. GPSOC, které je součástí Velitelství vzdušných sil pro vesmír, poskytuje uživatelům GPS na celém světě z ministerstva obrany a spojeneckých zemí zprávy o anomáliích a další informace 24 hodin denně po sedm dní v týdnu. Nahlásit rušení mohou jenom uživatelé z armády, pro ostatní jsou to důvěrné informace [22.]

2.2.2 Uživatelé z oblasti letectví – proces podávání zpráv

Pro hlášení problému ohledně rušení signálu GNSS je potřeba vyplnit formulář „Nahlášení anomálie GPS“ na webové stránce Federálního leteckého úřadu. Formulář pro hlášení obsahuje 17 otázek, z nichž některé jsou nepovinné.

Níže je uvedena tabulka č. 2 obsahující údaje, jejichž zodpovězením uživatel informuje pracovníky o výpadku signálu, čímž jej pomůže vyřešit. Červeně označené údaje jsou povinné pro vyplnění [23].

Tabulka 2: Seznam údajů pro nahlášení o výpadku polohové informace v letadle

Kontaktní údaje
1. Kontaktní e-mail
2. Kontaktní telefon
3. Číslo letu
4. Registrační číslo
5. Typ letadla
Anomálie
6. Zulu (UTC) datum
7. Zulu (UTC) čas
8. Třípísmenný kód letiště

9. Číslo dráhy
10. Lokalita
11. Magnetický směr
12. Nadmořská výška
13. Značka/model/SW přijímače GPS/WAAS
14. Počet přijatých satelitů GPS
15. Přehled událostí
16. Důsledky / provozní dopad

2.2.3 Civilní uživatelé mimo letectví – proces podávání zpráv

Pro hlášení problému o rušení signálu pro civilní uživatele mimo letectví je potřeba vyplnit formulář přímo na webové stránce Navigačního centra NAVCEN. Hlášení jsou po přezkoumání pracovníky NAVCEN zveřejňována na stránce „Stav hlášení problémů s GPS“. Některé informace, které budou uvedeny ve zmíněném formuláři, budou zveřejněny na webových stránkách Navigačního centra NAVCEN. Osobní údaje nebudou uveřejněny. Informace o výrobci zařízení, jako jsou značka a model, rovněž nebudou zveřejněny. Formulář pro hlášení obsahuje 15 otázek, z nichž některé jsou nepovinné [23].

Níže je uvedena tabulka č. 3 obsahující údaje, jejichž zodpovězením uživatel informuje pracovníky o výpadku signálu na Zemi, čímž napomůže k jeho vyřešení. Červeně označené údaje jsou povinné pro vyplnění.

Tabulka 3: Civilní uživatelé mimo letectví – seznam údajů pro nahlášení o výpadku polohové informace na Zemi

1. Příjmení a jméno
2. Kontaktní e-mail
3. Telefonní číslo
4. Kde došlo k rušení signálu GPS? (nejbližší město nebo orientační bod)
5. V jakém časovém pásmu došlo k narušení systému GPS?
6. Pokračuje rušení (doba trvání)?
7. Lokalita rušení, uvést zeměpisnou šířku
8. Lokalita rušení, uvést zeměpisnou délku
9. Značka a model použitého zařízení GPS
10. Typ instalace GPS
11. Výška antény GPS

12. Použitá frekvence
13. Kolik satelitů bylo v době narušení sledováno?
14. Které družice byly v době narušení sledovány?
15. K čemu byl přijímač GPS v době události používán?
16. Shrnutí (jakékoli další informace, neobvyklé zobrazení na obrazovce indikující problém a/nebo zásah obsluhy, který mohl pomoci)

2.3 STRIKE3

STRIKE3 byl nový evropský projekt na podporu širšího využití GNSS v bezpečnostních, vládních a regulačních aplikacích. Cíle STRIKE3 představovaly vyvinutí mezinárodních standardů pro hlášení hrozeb GNSS a testování přijímačů GNSS. Toho bylo dosaženo nasazením a provozem mezinárodní sítě pro monitorování interference GNSS za účelem určení rozsahu a dynamiky problému a spoluprací s mezinárodními partnery GNSS na vývoji, odsouhlasení, podpoře a implementaci standardů pro hlášení hrozeb a testování přijímačů. STRIKE3 je tříletý projekt EU-H2020 spolufinancovaný Evropskou agenturou pro GNSS (GSA). Byl aktivní od 1. února 2016 do 31. ledna 2019 [19].

Navzdory tomu, že se nejedná o reportovací systém, projekt STRIKE3 byl vybrán k analýze, protože jsou v něm podrobně popsány výsledky daného projektu v pěti oblastech, konkrétně jeden z nich podrobně popisuje parametry závěrečné zprávy hlášení výpadku polohové informace. Tyto údaje zpráv pomohou při vytváření českého reportovacího systému události GNSS-rušení a v odborné komunitě se jedná o jakýsi nepsaný standard.

Níže je uvedena tabulka č.4, kde jsou popsány parametry, jež by měl obsahovat reportovací systém událostí GNSS-rušení podle výsledků projektu STRIKE3 [19].

Tabulka 4: Návrhy parametrů pro monitorování a podávání zpráv o hrozbách – podle projektu STRIKE3

Oblast	Volitelně
1. ID (jedinečný identifikátor události)	Ne
2. Typ zařízení	Ne
3. Frekvenční pásmo	Ne
4. Oblast, kraj	Ne
5. Datum	Ne

6. Začátek – časové razítko UTC – kdy byla tato událost detekována	Ano
7. Trvání	Ano
8. Typ antény	Ano

2.4 Český telekomunikační úřad

Český telekomunikační úřad (ČTÚ) je ústřední správní úřad České republiky pro výkon státní správy ve věcech stanovených zákonem, včetně regulace trhu a stanovování podmínek pro podnikání v oblasti elektronických komunikací a poštovních služeb [24].

V současnosti ČTÚ vlastní automatický reportovací systém nemá. Jestliže se uživatel nebo operátor/provozovatel sítě setká s nedostupností konkrétní služby (i GNSS), pak má možnost to oznámit Českému telekomunikačnímu úřadu. Před samotným oznámením by však měla být vyloučena možnost problému na straně uživatele/provozovatele/operátora, například závada na zařízení, nevhodná instalace a nastavení nebo nevhodný způsob používání. Následně ho budou kontaktovat pracovníci úřadu a bude s ním dohodnut termín, kdy by mohli provést měření v jeho lokalitě [25].

Co se týká detekce a vyhledávání rušení obecně, Český telekomunikační úřad používá automatizovaný systém monitorování kmitočtového spektra, který se skládá z několika monitorovacích stanic rovnoměrně rozmístěných po celé České republice. Většina z nich je obsluhována vzdáleně a na dvou je nepřetržitě 24 hodin denně přítomna obsluha. Dále Český telekomunikační úřad disponuje mobilními monitorovacími stanicemi – měřicími vozy pro práci přímo v terénu. Druhou možností zjištění výskytu neznámého signálu je, že způsobuje rušení konkrétní služby, tím pádem i její nedostupnost, kterou detekuje přímo její uživatel, popřípadě provozovatel/operátor sítě nebo služby [25].

Pokud některá ze stanic detekuje neznámý a rušivý signál, dojde k určení přibližné oblasti, kde se zdroj neznámého signálu nachází. Následně proběhne v dané oblasti dohledání signálu pomocí měřicího vozu, a půjde-li například o městskou zástavbu, kam se nelze dostat s měřicím vozem (osobní automobil nebo dodávka), probíhá dohledávání prostřednictvím ručních měřicích přístrojů [25].

2.4.1 Proces podávání zpráv a řešení

Český telekomunikační úřad nemá žádný automatický reportovací systém. Cesta hlášení problému má průběh takový, že pokud se uživatel setkal s výpadkem polohové informace, musí vyhledat na webové stránce úřadu telefonní číslo nebo e-mailovou adresu a nahlásit problém GNSS-rušení. Tato informace byla získána v rámci konzultací s Českým telekomunikačním úřadem.

Na základě informací získaných při konzultaci s Českým telekomunikačním úřadem byl stanoven seznam parametrů, který potřebuje ČTÚ pro zjišťování události GNSS-rušení. Níže je uvedena tabulka č.5 obsahující potřebné údaje, které uživatel poskytne Českému telekomunikačnímu úřadu pro řešení problému rušení GNSS. Všechny údaje musí být vyplněny.

Tabulka 5: Český telekomunikační úřad – seznam údajů pro nahlášení výpadku polohové informace na Zemi

1. Telefonní číslo a e-mail
2. Jedinečný identifikátor události
3. Lokalita rušení
4. Datum rušení
5. Časové razítko UTC, kdy byla tato událost detekována
6. Typ antény
7. Značka a model uživatelského zařízení GPS

3 Zhodnocení současných reportovacích systémů ve světě

Tato kapitola se zaměřuje na vzájemné porovnání reportovacích systémů z hlediska jejich funkcí a množství informací, které každý stávající reportovací systém obsahuje, a seznámíme se s dotazníkem, který byl proveden v rámci zpracování této bakalářské práce. Cílem dotazníkového šetření bylo zjistit několik skutečností: jestli se piloti setkávají s rušením GNSS, zda to někde hlásili, jakou formou tak činili, jestli o některých z již existujících systémů slyšeli nebo jej používali.

3.1 Porovnání existujících reportovacích systémů GNSS-rušení

Následující tabulka č. 6 porovnává stávající systémy a projekty z hlediska obsahu informací. Tato tabulka srovnává reportovací systémy hlášení GNSS-rušení, jako jsou například EVAIR, NAVCEN – uživatelé z oblasti letectví, NAVCEN – civilní uživatelé mimo letectví, projekt STRIKE3 a státní orgán jako ČTÚ. Na základě těchto údajů lze určit několik povinných parametrů, které musí být obsaženy v návrhu Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení.

Tabulka 6: Srovnání existujících reportovacích systémů ve světě

	STRIKE3	EVAIR	NAVCEN – LETECTVÍ	NAVCEN – CIVILNÍ	ČTÚ
1. Jméno a příjmení uživatele				✓	
2. Kontaktní e-mail a telefonní číslo uživatele			✓	✓	✓
3. Jedinečný identifikátor události	✓				✓
4. Číslo letu			✓		
5. Typ letadla		✓	✓		
6. Registrační číslo letadla			✓		
7. Datum GNSS-rušení	✓		✓		✓
8. UTC – začátek GNSS-rušení	✓		✓	✓	✓
9. UTC – trvání GNSS- rušení	✓			✓	
10. Kód letiště příletu/odletu		✓	✓		
11. Číslo dráhy			✓		

12. Lokalita GNSS-rušení	✓	✓	✓	✓	✓
13. Magnetický směr			✓		
14. Nadmořská výška		✓	✓		
15. Značka/model/SW přijímače GPS/WAAS	✓		✓	✓	✓
16. Počet přijatých satelitů GPS			✓		
17. Ukazatele větru		✓			
18. Zeměpisná šířka, kde došlo k rušení				✓	
19. Zeměpisná délka, kde došlo k rušení				✓	
20. Typ instalace GPS				✓	
21. Typ a výška antény GPS	✓			✓	✓
22. Frekvenční pásmo	✓			✓	
23. Terénní výstrahy		✓			
24. Kolik satelitů bylo v době rušení sledováno?				✓	
25. Které družice byly v době rušení sledovány?				✓	
26. K čemu byl přijímač GPS v době události používán?				✓	
27. Důsledky / provozní dopad		✓	✓		
28. Shrnutí				✓	

Parametry, které jsou základem téměř všech reportovacích systémů, projektů a vládního orgánu, jež byly analyzovány výše, jsou:

- kontaktní e-mail a telefonní číslo uživatele,
- UTC – datum GNSS-rušení,
- UTC – začátek GNSS-rušení,
- lokalita GNSS-rušení,
- značka/model/SW přijímače GPS/WAAS,
- typ a výška antény GPS.

Byly nalezeny také parametry, které se vyskytly pouze u jednoho z analyzovaných systémů. Jsou to:

- jméno a příjmení uživatele,
- číslo letu,
- registrační číslo letadla,
- číslo dráhy
- magnetický směr,
- počet přijatých satelitů GPS,
- ukazatele větru,
- zeměpisná délka a šířka, kde došlo k rušení, za účelem upřesnění informací o místě výpadku polohové informace,
- typ instalace GPS,
- terénní výstrahy,
- počet sledovaných satelitů v době rušení,
- používání přijímače GPS v době události GNSS-rušení,
- shrnutí.

Po provedení analýzy lze konstatovat, že ve stávajících reportovacích systémech událostí GNSS-rušení existuje značné množství nadbytečných parametrů, což zatěžuje uživatele v průběhu hlášení výpadku polohové informace. Některé ze základních parametrů obsažených v těchto systémech budou integrovány i do Českého reportovacího systému.

3.2 Informace o dotazníku

Důležitou součástí této bakalářské práce bylo vytvoření dotazníku. Shromážděná data byla následně analyzována, z čehož vyplynulo několik důležitých závěrů pro tvorbu Českého reportovacího systému. Hlavním cílem dotazníkového šetření bylo zjistit níže uvedené skutečnosti:

- jsou-li systémy známé a využívají-li je čeští piloti,
- jestli se piloti setkávají s rušením, a nehlásí ho,
- zdali se piloti s rušením setkávají a hlásí ho, ale reportovací systémy jsou dlouhé a obtěžující,

- zda se piloti s rušením setkávají a hlásí ho a stávající reportovací systémy jsou uživatelsky přívětivé,
- stává-li se, že se piloti s rušením vůbec neseťkávají.

Dotazník vyplnily desítky dotazovaných. Co se týká hledání respondentů pro dotazníkové šetření, osobně jsme požádali některé známé piloty o pomoc. Následně jsme rozeslali odkaz na dotazník na Facebooku ve skupinách pro české piloty, kde jsme podrobně popsali účel dotazníku a požádali o jeho vyplnění. Jedná se totiž o aktuální problém současnosti, ovšem k jeho řešení jsme potřebovali pomoc ze strany lidí, kteří se s tímto problémem setkali.

Dotazník se skládal ze 14 otázek, díky nimž bylo možné získat odpovědi na některé otázky, jež by posloužily jako základ pro návrh Českého reportovacího systému GNSS-událostí. V úvodu dotazníku byly zařazeny otázky na témata, jako jsou například, jestli se respondenti někdy setkali s GNSS-rušením, respektive s výpadkem informace o poloze v letadle, a zda to hlásí. Další otázky se týkaly místa a fáze letu, v nichž se uživatelé nacházeli v okamžiku GNSS-rušení, a také se objevily otázky týkající se typu letounu, ve kterém se respondenti nacházeli. Byla zde také zařazena skupina otázek ohledně toho, koho piloti o problému informovali, a jakou to bylo formou. Další otázka zněla, zda respondenti vědí o již existujících systémech, přičemž byly navrženy systémy popsané v předchozích kapitolách. Poslední část dotazníku se zabývala otázkami ohledně přístupu k reportovacímu systému, kvality otázek, jejich množství, a také časového trvání hlášení GNSS-rušení.

3.2.1 Výsledky dotazníku

Výsledky dotazníku ukázaly, že:

- 45 % respondentů se setkávalo s GNSS-rušením, respektive s výpadkem polohové informace v letadle,
- 36 % respondentů se setkala s GNSS-rušením jednotky případů a 9 % pilotů vyšší desítky případů,
- 37 % respondentů se setkala s GNSS-rušením v České republice,
- 28 % respondentů se setkávalo s rušením v Koncové řízené oblasti TMA,
- 41 % respondentů mělo problém s rušením GNSS v letounu General Aviation,
- 32 % respondentů hlásilo GNSS-rušení,

- 23 % respondentů informovalo o problému Leteckou informační službu, 5 % pilotů se v této záležitosti obrátilo na řídicího letového provozu,
- 32 % respondentů informovalo o GNSS-rušení slovně,
- 37 % respondentů používalo (slyšelo) reportovací systém GNSS-rušení EVAIR,
- 23 % respondentů si myslí, že přístup k systému byl jednoduchý,
- 28 % respondentů se domnívá, že v době hlášení byly všechny otázky pro ně srozumitelné,
- 19 % respondentů míní, že v době hlášení bylo otázek dostatek, 14 % respondentů si myslí, že otázek bylo příliš málo,
- 14 % respondentů nahlášení / vyplnění formuláře trvalo déle než 5 minut, u 9 % pilotů to bylo méně než 5 minut, 5 % pilotů to trvalo 10 minut a déle.

Ze získaných informací lze vyvodit několik závěrů:

Případů GNSS-rušení je celá řada a dá se říci, že se s tímto jevem setkává každý druhý letec. Pilotům se tento jev nevyhýbá ani v zahraničí, nicméně nejčastěji jej zaznamenávají v České republice, což je dáno skladnou respondentů, kteří létají primárně v ČR. Více než polovina uživatelů o existujících reportovacích systémech nikdy neslyšela ani je nepoužívala, což znamená, že desítky nebo stovky případů výpadku polohové informace zůstávají nenahlášený. To opět vede k závěru, že Český reportovací systém událostí GNSS-rušení by měl být vytvořen, šířen, znám a používán v praxi.

3.3 Poučení z dotazníku pro návrh Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení

Co se týká množství informací a času, Český reportovací systém musí být snadno a rychle vyplnitelný, otázky by měly být formulovány jasně a srozumitelně, aby pilot přesně pochopil, jaké informace jsou požadovány. Vyplnění formuláře by nemělo trvat déle než 5–6 minut, neboť delší doba nahlášení a velké množství otázek budou člověka obtěžovat. Přístup k systému musí být jednoduchý a dostupný, aby člověk mohl rychle nahlásit GNSS-rušení. V tomto případě se může jednat o hlášení prostřednictvím webové stránky, samostatné aplikace nebo integrování reportovacího systému do již existující aplikace pro piloty. Ti vesměs hlásí výskyt problémů slovně a převážně o něm informují Leteckou informační službu, což zatěžuje frekvenční pásmo hlasové komunikace. Každé slovní hlášení trvá tři minuty i déle, většinou 5–10 minut. Dospěli jsme k závěru, že tento proces je třeba automatizovat, aby nedocházelo k přetížení frekvence a aby se hlásilo více případů, například když bude hlášení jednodušší a lidé budou vědět, kde a jak jej provádět.

4 Návrh Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení

Tato kapitola se zaměřuje na vytvoření návrhu Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení, popíšeme strukturu a informace, jež budou obsahem hlášení/reportů, zvážíme výhody i nevýhody platformy systému, zjistíme, který orgán veřejné moci bude odpovědný za převzetí informací a další řešení problému výpadků polohové informace. Závěrem pak popíšeme finální verzi návrhu reportovacího systému událostí GNSS-rušení. Hlavním cílem Českého reportovacího systému je, aby byl funkční nejen pro piloty a účastníky leteckého provozu, ale také pro lidi, kteří se s letectvím nic společného nemají. S jevem GNSS-rušení se totiž lidé mohou setkávat i v běžném životě, ovšem nevědí, kde nebo jak tento problém nahlásit.

Český reportovací systém by měl mít dvě verze:

- hlášení výpadku polohové informace pro uživatele z letectví,
- hlášení výpadku polohové informace pro civilní uživatele mimo letectví.

Důvodem rozdělení reportovacího systému GNSS-rušení na dvě verze je to, že dnes dochází ke ztrátě signálu GNSS nejen mezi piloty během letu, ale i mezi běžnou populací, a to například za jízdy autem, u telefonu, v oblasti bankovního a finančního sektoru.

4.1 Struktura reportovacího systému pro uživatele z letectví

Pro výběr parametrů, které budou obsahem Českého reportovacího systému, byla zvolena metoda výběru parametrů, jež se nejčastěji vyskytují ve stávajících reportovacích systémech. Měly by se shromáždit nejdůležitější body bez zbytečných informací, aby zodpovězení těchto otázek nezabralo uživatelům mnoho času. Pomocí analýzy získaných dat pak bude možné vyřešit problém ztráty signálu o poloze.

Na základě analýzy stávajících systémů a výsledků z dotazníku z předchozí kapitoly je možné vybrat parametry, které by v Českém reportovacím systému rozhodně neměly chybět. Červeně označené údaje jsou povinné pro vyplnění. Většinu parametrů by měl vyplnit uživatel samostatně, například tyto:

1. Kontaktní údaje (příjmení a jméno uživatele, telefonní číslo, e-mailová adresa)

Důležitý parametr pro případné získání dalších upřesňujících údajů, aby pracovníci věděli, kdo problém nahlásil, a jak danou osobu kontaktovat.

2. Čas (UTC) začátku GNSS-rušení

Důležité údaje pro řešení problému GNSS-rušení. Mělo by být ve formátu „čas:minuty“ a sekundy (pokud je to možné).

3. Doba trvání GNSS-rušení

Doba trvání této události, pokud je vybraná definice události pravdivá, v sekundách.

4. Lokalita GNSS-rušení

Oblast, kde byla tato interferenční událost zjištěna. Oblast může být hlášena v různých úrovních podrobností. Pokud však region není citlivou informací, lze jej nahlásit přesněji, například jako konkrétní město nebo souřadnice.

5. Flight level / nadmořská výška události

Potřebné k lepšímu pochopení, ve které fázi letu došlo k problému, a jak velký dosah měl rušivý signál, potažmo jak velká byla jeho intenzita.

6. Typ zařízení

Název přijímače, který detekoval tuto událost. To je nutné, aby bylo možné propojit každou událost s typem přijímače, který to zjistil.

7. Frekvenční pásmo

Frekvenční pásmo GNSS, v němž byla zjištěna rušivá událost.

8. Zmapování polohy GNSS-rušení

Graficky označit místo na mapě, kde došlo k rušení. To se dělá proto, aby kromě zápisu místa v bodě 5 bylo k dispozici také grafické znázornění.

9. Shrnutí

Uvedení jakékoli další informace, neobvyklé zobrazení obrazovky indikující problém a/nebo zásah obsluhy, který mohl pomoci.

Některé parametry by se musely vyplnit automaticky, aby se usnadnilo hlášení GNSS-rušení pro piloty, nebo například pilot nemůže sám napsat ID, jelikož systém automaticky vygeneruje toto číslo.

10. ID – jedinečný identifikátor události

ID je důležité pro jednoznačnou identifikaci položky databáze (záznamu o rušení).

11. Datum GNSS-rušení

U dne události se automaticky předvyplní datum, které však pro potřeby hlášení následující den bude možné manuálně editovat. Jestliže mluvíme o papírové verzi Českého reportovacího systému, pak by všechny údaje měl uživatel vyplnit sám.

4.2 Struktura reportovacího systému pro uživatele mimo letectví

Jak již bylo zmíněno výše, je velmi důležité, aby byl systém žádaný i pro lidi, kteří s letectvím nemají nic společného, neboť problémy s výpadky signálu GNSS se objevují nejen v letectví stále častěji.

Níže jsou uvedeny parametry, jež by měly být součástí reportovacího systému pro uživatele mimo letectví, který by měl uživatel vyplnit za účelem nahlášení problému GNSS-rušení. Červeně označené údaje jsou povinné pro vyplnění. Některé parametry zůstávají stejné jako u uživatelů z letectví, proto je znovu nepopisujeme.

1. Kontaktní údaje (příjmení a jméno uživatele, telefonní číslo, e-mailová adresa)

Je důležité poskytnout tyto osobní údaje pro případ, že bude uživatel kontaktován za účelem poskytnutí podrobnějších informací o výpadku polohové informace nebo informování o řešení problému.

2. Lokalita rušení

3. Značka/model přijímače

Důležité je zjistit, na kterém zařízení došlo k události GNSS-rušení.

4. Časová značka UTC, kdy byla událost detekována

Časové razítko UTC, kdy byla tato událost zjištěna. Poznámka: čas začátku není povinný, ale doporučuje se, aby byl čas začátku události nahlášen.

5. Shrnutí

Některé parametry se ve verzi pro civilní uživatele mimo letectví nenacházejí, protože parametry pro zjištění výpadků polohové informace jsou pro tyto cílové skupiny uživatelů různé. Například u neleteckých uživatelů není uvedena nadmořská výška, protože uživatel není v letadle a výpadek polohové informace může zjistit během jízdy autem, anebo zmapování polohy GNSS-rušení také není parametrem, protože civilní uživatelé na základě oblastí vědí, kde se nachází.

Pokud jde o automatické vyplňování některých údajů, to zůstane stejné jako pro uživatele z letectví, což bylo popsáno v předchozí kapitole.

Je důležité si uvědomit, že práce systému nekončí po nahlášení GNSS-rušení pilotem. Práce systému skončí, až dané hlášení bude řešit regulační instituce, jež má povinnost monitorovat GNSS-rušení. Pro uživatele z letectví by takovým orgánem veřejné moci měla být Letecká informační služba a pro uživatele mimo letectví zase Český telekomunikační úřad.

4.3 Orgány veřejné moci, které budou odpovědné za převzetí informací a další řešení problému

Pro uživatele z oblasti letectví byly vybrány odpovědné orgány veřejné správy, jako jsou Řízení letového provozu a Český telekomunikační úřad, ale veřejný subjekt, jehož prostřednictvím budou informace těmto odpovědným subjektům předávány, je Letecká informační služba. Když jí bude zaslána žádost o výpadek polohové informace, v tuto chvíli Letecká informační služba dále distribuuje informace o GNSS-rušení do Řízení letového provozu na upozornění, že v konkrétní oblasti došlo k výpadku polohové informace u letadla, a také by to hlášení o GNSS-rušení mělo být postoupeno ke zpracování Českému telekomunikačnímu úřadu, protože ve finále tento vládní orgán disponuje kompetencí provést dohledání zdroje rušení a zásah v terénu.

Pro civilní uživatele mimo oblast letectví byl vybrán odpovědný orgán veřejné správy, jako je Český telekomunikační úřad, protože se tento vládní orgán už v současnosti zabývá řešením GNSS-rušení, proces hlášení o výpadku polohové informace ovšem není automatizovaný. Účelem Českého reportovacího systému je zlepšit, zjednodušit a zautomatizovat proces hlášení GNSS-rušení.

4.4 Platforma

Platforma pro vyplňování systému je důležitou součástí návrhu reportovacího systému, musí být vždy rychle dostupná, rovněž by vždy měla umožnit vrátit se k hlášení za účelem doplnění informací.

Byly zváženy tyto možnosti řešení platformy reportovacího systému události GNSS-rušení:

- papírový formulář,
- webová stránka,
- samostatná aplikace,
- integrace do stávající aplikace, kterou používají piloti při své práci.

4.4.1 Papírový formulář

Jednu z možností umístění reportovacího systému představuje papírový formulář. Pro každý let existují určité dokumenty, které musí piloti vyplnit nebo podepsat. Protože v současnosti je to jev, se kterým se setkává každý druhý pilot, papírový formulář pro hlášení GNSS-rušení se může stát součástí důležitých dokumentů, jež musí mít pilot během letu u sebe.

Pokud dojde k výpadku signálu, po ukončení letu může pilot ručně zapsat odpovědi na otázky do formuláře a ten pak předat orgánu veřejné správy, který se problémem bude dále zabývat.

Výhody papírové verze reportovacího systému událostí GNSS-rušení

- V případě dočasné nepřítomnosti sítě existuje možnost zaznamenat informace ihned po zjištění problému.
- Snadná dostupnost.

Nevýhody papírové verze reportovacího systému událostí GNSS-rušení

- Formulář se může snadno ztratit nebo může dojít k náhodnému znečištění papíru, což má za následek nevhodnou podobu dokumentu.
- Rukopis osoby, jež dokument vyplnila, může být obtížně i čitelný, získání správných informací zabere více času.

- Musí následovat strojové zpracování; eventuálně ruční v případě špatně vyplněných formulářů.
- Povinnost převádění údajů do elektronické podoby zaměstnancem orgánu veřejné moci pro zmapování hlášení GNSS-rušení pro piloty.
- Omezuje se pouze na piloty a uživatele z oblasti letectví.
- Doručení papírového dokumentu příslušnému orgánu.

4.4.2 Webová stránka

Další platformu pro umístění Českého reportovacího systému představuje webová stránka. Uživatel může na stránku přistupovat v kteroukoli denní či noční dobu a hlásit problém ohledně výpadku polohové informace. Pokud máme na mysli uživatele z letectví, když pilot bude otevírat webovou stránku pro hlášení, bude muset vybrat sekci „Hlášení pro uživatele z letectví“, dalším krokem je pak volba, zda chce pilot nahlásit GNSS-rušení, nebo se vrátit k existující zprávě a doplnit informace. Jestliže jde o nové hlášení, pak by pilot měl vyplnit potřebné údaje, a nakonec odeslat formulář o GNSS-rušení ke zpracování příslušným státním orgánům, jimiž jsou v tomto případě Letecká informační služba a ČTÚ.

Pokud jde o uživatele mimo letectví, jestliže ten bude otevírat webovou stránku pro hlášení, vybere si sekci „Hlášení pro civilní uživatele mimo letectví“ a bude pokračovat cestou vyplnění formuláře s jeho následným odesláním k řešení. Jak u uživatelů z letectví, tak i u těch civilních, z oblastí mimo letectví bude existovat možnost vrátit se k formuláři a doplnit další informace pomocí ID. Když uživatel odešle formulář, obdrží jej Český telekomunikační úřad a přijme ho ke zpracování.

Výhody umístění Českého reportovacího systému na webové stránce:

- Neomezuje se jen na letectví.
- Přístup pro hlášení GNSS-rušení je 24 hodin denně.
- Je možné kdykoli doplnit informace.
- Pro uživatele z letectví existuje možnost grafického zmapování polohy, kde byla tato interferenční událost zjištěna.
- Hlášení probíhá elektronickou formou, což nemá žádný vliv na frekvenční pásmo hlasové komunikace.

Nevýhody umístění Českého reportovacího systému na webové stránce:

- Může se vyskytnout nedostačující síť nebo nedostatečné pokrytí signálem internetového připojení pro včasné vyplnění formuláře.
- Horší integrace do stávajícího pracovního toku u uživatelů z letectví.

4.4.3 Samostatná aplikace

Další platformou pro umístění reportovacího systému je samostatná elektronická aplikace. Samostatná aplikace může být také využitelná jak letci, tak i uživateli mimo letectví. Pokud mluvíme o letcích, existují určité aplikace, jež piloti používají před letem a během něj, jako například aplikace pro plánování letů, sledování počasí. Samostatná aplikace pro hlášení událostí GNSS-rušení se může připojit k těmto důležitým a užitečným programům pro použití piloty.

Pokud dojde k výpadku signálu GNSS, pilot bude moci otevřít aplikaci, kde uvidí na první stránce formulář pro hlášení a napíše požadované informace pro řešení problémů elektronicky. Když pilot napíše základní informace k řešení problému, může je jednoduše uložit do aplikace a po příletu bude mít možnost se do aplikace vrátit a doplnit chybějící údaje. Po dokončení a vyplnění celého formuláře bude hlášení zasláno příslušným vládním orgánům k dalšímu řešení.

Jestliže mluvíme o uživateli mimo letectví, ti budou mít také možnost stáhnout si aplikaci z internetu a nahlásit problém GNSS-rušení tak, že vyplní formulář a odešlou jej na Český telekomunikační úřad. Pomocí ID budou mít také možnost se k němu vrátit a informace dodatečně doplnit.

Výhody samostatné aplikace reportovacího systému událostí GNSS-rušení:

- Informace o výpadku signálu lze odeslat během letu.
- Hlášení se provádí elektronickou formou, což je velmi užitečné z hlediska ukládání informací.
- Lze doplnit informace po ukončení letu.
- Neomezuje se jen na letectví.

Nevýhody samostatné aplikace reportovacího systému událostí GNSS-rušení:

- Během letu mohou nastat problémy s komunikací a formulář lze odeslat až po přistání na zem.
- Nejedná se z hlediska pilotů o příliš pohodlnou záležitost, jelikož existuje několik aplikací k použití, pilot nebude moci přejít do jedné aplikace a provádět několik úkonů zároveň.

4.4.4 Integrace do stávající aplikace

Další platformou pro umístění reportovacího systému je integrace do stávající aplikace, kterou používají piloti pro svou práci. Bohužel integrace do stávající aplikace je vhodná pouze pro uživatele z letectví, protože existuje několik aplikací sloužících k zobrazení map, mapových podkladů a dalších navigačních dat, ovšem pro uživatele mimo letectví žádné takové aplikace neexistují. Reportovací systém pro hlášení výpadku informace o poloze v letadle by se mohl stát důležitou součástí jedné z navigačních aplikací, jež piloti používají.

Pokud dojde k výpadku signálu GNSS, pilot bude schopen otevřít složku v aplikaci pro hlášení GNSS-rušení, graficky vyznačit na mapě, kde přesně došlo k výpadku signálu GNSS, což se automaticky uloží do mapy a bude to přehlednější. Pokud jde o vyplnění formuláře nebo doplnění informací, pilot bude mít možnost doplnit údaje i po přistání a poté zaslat hlášení příslušnému orgánu veřejné moci, buď Letecké informační službě, anebo Českému telekomunikačnímu úřadu.

Výhody integrace do stávající aplikace reportovacího systému událostí GNSS-rušení:

- Výhodné umístění, pilot může v jedné aplikaci dělat několik úkonů najednou.
- Hlášení probíhá písemně a graficky, což nemá žádný vliv na frekvenční pásmo hlasové komunikace.
- Hlášení není třeba fyzicky doručovat žádnému orgánu veřejné moci, lze jej vyplnit a odeslat elektronicky.
- Existuje možnost doplnit informace pro hlášení během letu a po přistání.
- Grafické zmapování polohy je mnohem přehlednější pro piloty a ukládá se automaticky, i když dotazník ještě nebyl vyplněn a zaslán k řešení.

Nevýhody integrace do stávající aplikace reportovacího systému událostí GNSS-rušení:

- Během letu mohou nastat problémy s komunikací a formulář lze odeslat až po přistání na zem.
- Omezuje se pouze na letectví.
- V budoucnu se tato aplikace může změnit, a to v tom smyslu, že bude vytvořena nová a uživatelsky přívětivější aplikace, kterou budou moci piloti používat, a ten reportovací systém zůstane ve staré verzi, již bude používat menší procento pilotů.

4.5 Návrh platformy Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení

Na závěr bychom chtěli zmínit hlavní podmínky uvedené již v předchozích kapitolách, které musí být splněny v Českém reportovacím systému událostí GNSS-rušení:

- Formulář musí být snadno a rychle vyplnitelný, aby neobtěžoval uživatele dlouhým přístupem k nahlášení problému.
- Vyplňování nesmí trvat déle než 5 minut, musí být časově efektivní a uživatele nemá vytížit více, než je nezbytně nutné.
- Počet otázek by neměl být příliš nízký, jinak nebude k dispozici dostatečné množství informací pro řešení problému GNSS-rušení a uživatel bude muset být kontaktován ohledně dalších podrobností.

Nejlepším způsobem nahlášení problému je ten elektronický, konkrétně v našem případě formou webové stránky, samostatné aplikace nebo integrace do samotné aplikace, protože jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, co se týká uživatele z letectví – většinou piloti hlásí výskyt problémů slovně a převážně o tom informují Leteckou informační službu, což zatěžuje frekvenční pásmo hlasové komunikace. Civilní uživatelé mimo letectví tak museli vyhledat kontakt na ČTÚ a telefonicky hlásit GNSS-rušení. Proto jsme se pokusili uvést příklady, jak lze tuto činnost zautomatizovat.

Patrně nejlepší platformou pro rozmístění Českého reportovacího systému by byla samostatná webová stránka pro hlášení událostí GNSS-rušení. Tato platforma je vhodná jak pro uživatele z letectví, tak i pro ty civilní, mimo letectví.

5 Návrh zapracování Českého reportovacího systému do praxe

V této kapitole se zaměříme na způsoby, jak se lidé dozvídají o Českém reportovacím systému, jaké kanály použít pro návrh zapracování systému, a které skupiny uživatelů by měly být informovány o vytvoření Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení.

5.1 Počáteční akce

Prvním krokem zavedení reportovacího systému do praxe by měla být informační kampaň, jejímž cílem je rozšířit mezi skupiny uživatelů informaci o tom, že existuje Český reportovací systém, jehož pomocí mohou uživatelé kdekoli v České republice v kteroukoli denní či noční dobu nahlásit výpadek polohové informace. Informační kampaň by měla být zacílena na ty, kdo se mohou setkat s GNSS-rušením.

Jak už bylo uvedeno v předchozí kapitole, Český reportovací systém byl vytvořen pro dvě skupiny uživatelů. Jsou to:

- uživatelé z oblasti letectví – tato uživatelská skupina se vztahuje na piloty, techniky Řízení letového provozu, pracovníky Letecké informační služby, pracovníky ČTÚ a další uživatele, kteří se mohou setkat s GNSS-rušením v oblasti letectví.
- civilní uživatelé mimo letectví – tato cílová skupina uživatelů je mnohem širší, jde o takzvanou všeobecnou populaci. Jedná se o uživatele, kteří se s tímto problémem mohou setkat v běžném životě.

5.2 Zavedení do praxe pro uživatele z letectví

Za účelem šíření informací a seznámení uživatelů se systémem byly stanoveny následující distribuční cesty:

- novinky na webových stránkách,
- semináře a školení,
- sociální sítě.

5.2.1 Novinky na webových stránkách

Aktualita o vytvoření Českého reportovacího systému by měla být umístěna na webových stránkách odpovědných příslušných orgánů, jako jsou Český telekomunikační úřad, Řízení letového provozu a Letecká informační služba. Jak bylo uvedeno výše, tyto vládní orgány budou zodpovídat za hlášení rušení GNSS v oblasti letectví. Informační kampaň na webové stránce by obsahovala stručný popis systému a na konci odkaz na formulář

pro hlášení výpadku polohové informace. Další možnost umístění aktuality je na webové stránce „Asociace kritické infrastruktury“. Asociace kritické infrastruktury (AKI) České republiky reprezentuje zejména majitele a provozovatele kritické infrastruktury. Její poslání v ČR zahrnuje zejména vytváření optimálních podmínek pro provoz a ochranu kritické infrastruktury, podporu výzkumu a vývoje v oblasti provozu a ochrany kritické infrastruktury a popularizaci problematiky kritické infrastruktury [26].

AKI se netýká pouze letectví, ale i uživatelů mimo letectví, protože mezi jejími členy lze najít významné společnosti v České republice, jako jsou například ČD – Telematika, České Radiokomunikace, Letiště Praha. Kromě aktuality na webové stránce má AKI příležitost informovat své členy o vytvoření Českého reportovacího systému GNSS-rušení, čímž se informace mohou dále šířit.

5.2.2 Semináře a školení

V současnosti v České republice probíhá mnoho různých školení a kurzů určených pilotům, kde se dozvídají například o novinkách a změnách pro příští rok, a ještě celou řadu dalších informací. Jednou z novinek na těchto kurzech může být zpráva o vytvoření Českého reportovacího systému událostí GNSS. Školitel by mohl podrobně popsat možnosti tohoto reportovacího systému i jeho fungování a zdůraznit, že výpadky signálu nejsou v dnešní době neobvyklé a samozřejmě ovlivňují signál, a proto je důležité hlásit výpadek polohové informace. Je zapotřebí požádat o šíření informací např. prostřednictvím kurzů pořádaných Úřadem pro civilní letectví, AeroPrague a AirGuru.

5.2.3 Sociální síť

V moderním světě představují sociální sítě nedílnou součást života téměř každého člověka a šíření informací tímto způsobem bývá velmi efektivní. Existuje velké množství skupin, kde piloti diskutují o novinkách v leteckém průmyslu. Informační kampaň na sociálních sítích by byla stručným popisem Českého reportovacího systému a toho, co se s ním dá dělat, následovaným příběhem o tom, proč je důležité GNSS-rušení nahlásit.

5.3 Zavedení do praxe pro civilní uživatele mimo letectví

Za účelem šíření informací a seznámení uživatelů se systémem byly stanoveny následující distribuční cesty:

- novinky na webových stránkách,
- sociální síť.

5.3.1 Novinky na webových stránkách

Vzhledem k tomu, že orgánem veřejné správy odpovědným za vyřizování hlášení GNSS-rušení je Český telekomunikační úřad, povinným bodem informační kampaně je oznámení inovace na jeho internetových stránkách. Toto bude samostatný článek, ve kterém bude uvedeno, že proces hlášení výpadků polohové informace je nyní automatizovaný, a následovat bude podrobný popis, jak správně nahlásit rušení GNSS, jakož i další postupy po vyplnění formuláře. Pokud orgán veřejné moci ČTÚ požaduje po uživateli další informace, by měl uživatel vyčkat na zprávu nebo telefonát, aby informace mohly být upřesněny. Další webová stránka, na kterou lze umístit novinku o vytvoření Českého reportovacího systému, je Česká tisková kancelář (ČTK) pomocí své Infobanky, která je unikátní svým rozsahem i složitostí. Kromě veškerého zpravodajství ČTK v češtině i angličtině obsahuje rozsáhlé dokumentové databáze, elektronický archiv všech tištěných deníků a mnoha dalších periodik vydávaných v České republice i další informace v textové, grafické a zvukové podobě [27]. Tato platforma je mezi obyvateli České republiky velmi oblíbená, a proto informační kampaň o vytvoření Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení pomocí ČTK bude efektivní a bude o ní vědět více lidí v České republice. Informační kampaň by měla obsahovat informace o tom, proč rušení GNSS hlásit, seznam parametrů potřebných ke zpracování formulářů a na konci bude uveden odkaz na webovou stránku Českého reportovacího systému událostí GNSS-rušení.

5.3.2 Sociální sítě

Jedná se o jeden z nejefektivnějších způsobů šíření informací v dnešním světě. Lze zajistit rozesílání do populárních skupin v České republice. Lze vytvořit skupinu nebo profil na sociálních sítích s podrobnými informacemi o tom, proč byl systém vytvořen, zveřejňovat příspěvky s podrobnými pokyny, jak nahlásit GNSS-rušení. Dalším způsobem šíření informací je připojit se ke konverzacím, kde komunikuje velké množství uživatelů, a napsat zprávu s podrobnými informacemi.

Závěr

K závěru práce pak zbývá zhodnotit splnění cílů definovaných v úvodu a v zadání práce. Autor v první části práce stručně popsal základní princip fungování družicové navigace GNSS a seznámil čtenáře se současnými navigačními systémy, u nichž dochází k výpadku polohové informace. Cílem bylo seznámit čtenáře se systémem GNSS a popsat proč dochází k GNSS rušení a upřesnit známé typy rušení. Součástí teoretické části bylo také rešerše stávajících reportovacích systémů ve světě. Autor v druhé části práce seznamuje čtenáře s těmito systémy, projektem STRIKE 3 a ČTU. Tam jsou podrobně popisuje proces hlášení výpadku polohové informace s uvedením základních parametrů pro další zpracování žádosti.

V rámci praktické části se čtenář obeznamuje s vzájemným porovnáním současných reportovacích systémů podle jejich parametru. Po srovnání jsou parametry rozděleny na ty, které jsou základem téměř každého reportovacího systému, a na ty, které se vyskytly pouze v jednom reportovací systému. Součástí práce také bylo zmapování uživatelské zkušenosti uživatelů, kteří se někdy setkali s GNSS rušení. Pomocí dotazníku byly učiněny závěry ohledně množství informací a času vyplnění formuláře, přístupu k systému. Hlavní závěr, který vyplývá z kapitoly 3.2.1, že proces hlášení GNSS rušení je třeba automatizovat. Důležitou částí prací seznámit čtenáře s návrhem Českého reportovacího systému GNSS rušení, kde byly předloženy parametry, které budou jeho obsahem a stručný popis skupin uživatele, kteří budou mít možnost hlášení o výpadku polohové informace. Bylo rozhodnuto, že pomocí Českého reportovacího systému, problém budou moci hlásit nejen piloti a pracovníky leteckého průmyslu, ale i civilní uživatelé mimo letectví. Dalším krokem bylo obeznamovat čtenáře s platformou pro umístění Českého reportovacího systému. Bylo navrženo několik možností, ale po analýze výhod a nevýhod, byla vybrána platforma webové stránky. Poslední část prací se zaměřuje na návrh zapracování Českého reportovacího systému do praxe. Zde se čtenář seznámí se skupinami uživatelé, které je třeba informovat o vytvoření Českého reportovacího systému, a s typy informační kampaně.

Z výše uvedeného mohou být cíle této bakalářské práce označeny jako splněné.

Seznam použité literatury

- [1] U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. What is Positioning, Navigation and Timing (PNT). U.S. Department of Transportation [online]. USA: U.S. Department of Transportation, 2017, 2017 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.transportation.gov/pnt/what-positioning-navigation-and-timing-pnt>
- [2] Institut strategické podpory, a.s. Hrozby ohrožující kritickou infrastrukturu. I. část Oblasti KI, charakteristika aktuálního stavu a možných směrů jejich ohrožení. Brno 2008.
- [3] VLČEK, Tomáš. GNSS RUŠENÍ. Konviktská 20, Praha 1, 110 00, 2017. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA DOPRAVNÍ. Vedoucí práce Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
- [4] ŠTRONER, Martin. Globální navigační satelitní systémy (GNSS) [přednáška]. Praha: ČVUT – Fakulta stavební, 2017. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/wp-content/uploads/2022/01/GNSS_obs.pdf
- [5] BEZPALEC, Pavel. Lokalizace a navigace: Nové trendy v elektronických komunikacích [online]. Praha: České vysoké učení technické [cit.2022-08-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/231/Cover.html>
- [6] VOJTEK, David. Globální navigační a polohové systémy. [online] 1. vyd. VŠB-TU Ostrava, 2014, 357 s. [cit. 2022-07-31]. Dostupné z: https://geoinformatika-1.vsb.cz/vojtek/content/gnps/files/_source/Ucebni-texty-GNPS-distančni.pdf
- [7] Category:GPS Signal Structure. NAVIPEDIA [online]. Madrid: European Space Agency, 2015 [cit. 2022-07-31]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS_Signal_Plan
- [8] Category:GPS Services. NAVIPEDIA [online]. Madrid: European Space Agency, 2015 [cit. 2022-07-31]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/GPS_Services
- [9] SANZ SUBIRANA, Jaime, JUAN ZORNOZA, José Miguel a HERNÁNDEZ-PAJARES, Manuel. GNSS DATA PROCESSING [online]. Volume I: Fundamentals and Algorithms. AG Noordwijk: ESA Communications, 2013 [cit. 2022-07-20]. ISBN 978-92-9221-886-7. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/GNSS_Book/ESA_GNSS-Book_TM-23_Vol_I.pdf

- [10] Galileo General Introduction. NAVIPEDIA [online]. Madrid: European Space Agency, 2015 [cit. 2022-07-30]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_General_Introduction#Galileo_Signal_Characteristics
- [11] Galileo Signal Plan. NAVIPEDIA [online]. Madrid: European Space Agency, 2015 [cit. 2022-07-31]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Signal_Plan
- [12] Galileo Services. Navipedia [online]. Madrid: European Space Agency, 2014, 2014 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Services
- [13] BeiDou Navigation Satellite System Open Service Performance Standard. 2.0. China Satellite Navigation Office, 2018. Dostupné také z: <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfxz/201812/P020181227529449178798.pdf>
- [14] BeiDou Services. NAVIPEDIA [online]. Madrid: European Space Agency, 2015 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/BeiDou_Services
- [15] A security transmission system for Beidou short message based on SM9. IOPscience [online]. 2019, 2019(1345 022014), 6 [cit. 2022-07-30]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1345/2/022014/pdf>
- [16] Pokročilý monitoring a omezení rušení GPS / GNSS signálů (AIM+). Mensuro [online]. Plzeň: Mensuro, 2011 [cit. 2022-07-30]. Dostupné z: <https://mensuro.cz/pokrocily-monitoring-a-omezeni-ruseni-gps-gnss-signalu/#:~:text=K%20ru%C5%A1en%C3%AD%20doch%C3%A1z%C3%AD%20C%20kdy%C5%BE%20jsou,za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20r%C3%A1diov%C3%BDch%20ant%C3%A9n%20nebo%20modem%C5%AF>
- [17] POSPÍŠIL, Martin. RUŠENÍ SIGNÁLU GNSS A DOPAD NA LETECTVÍ. Praha, 2019. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [18] Jamming and Spoofing of Global Navigation Satellite Systems (GNSS). London, 2019. Dostupné také z: <https://www.maritimeglobalsecurity.org/media/1043/2019-jamming-spoofing-of-gnss.pdf>
- [19] STANDARDISATION OF GNSS THREAT REPORTING AND RECEIVER TESTING THROUGH INTERNATIONAL KNOWLEDGE EXCHANGE, EXPERIMENTATION AND EXPLOITATION: DRAFT STANDARDS FOR THREAT MONITORING AND REPORTING. European Union, 2019. Dostupné

- také z: http://gnss-strike3.eu/downloads/STRIKE3_D4.1_Reporting_Standards_v3.0_public.pdf
- [20] EUROCONTROL voluntary ATM incident reporting: EVAIR. EUROCONTROL [online]. Belgium: EUROCONTROL, 2008, 2008 [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <https://www.eurocontrol.int/service/eurocontrol-voluntary-atm-incident-reporting>
- [21] NAVCEN. XYHT [online]. Frederick: XYHT, 2012, 2015 [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.xyht.com/professional-surveyor-archives/navcen/>
- [22] Navigation Center United States Coast Guard U.S. Department of Homeland Security: GPS Problem Report [online]. USA: U.S. Department of Homeland Security, 2019 [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.navcen.uscg.gov/contact/gps-problem-report>
- [23] Report a GPS Anomaly. Federal Aviation Administration [online]. USA: United States Department of Transportation, 2019, 22 February 2022 [cit. 2022-07-24]. Dostupné z: https://www.faa.gov/air_traffic/nas/gps_reports/
- [24] Český telekomunikační úřad: O Úřadu [online]. Prague: Český telekomunikační úřad, 1993 [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/>
- [25] ROKOS, Lukáš. Odpověď na dotaz z kontaktního formuláře [elektronická pošta]. Message to: evaralka07@gmail.com. února 2022 13:31 [cit. 2022-08-05]. Osobní komunikace
- [26] O nás. Asociace kritické infrastruktury [online]. Praha: Asociace kritické infrastruktury, 2019 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.akicr.cz/o-nas/>
- [27] Základní informace. Česka tisková kancelář [online]. Praha 1: Česka tisková kancelář, 2013 [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: https://www.ctk.cz/o_ctk/zakladni_informace/

Seznam příloh

Příloha 1 – Otázky a výsledky dotazníku