

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

NAVIGÁCIA PRE ŠPORTOVÉ LIETANIE  
BAKALÁRSKA PRÁCA

2021  
MARCEL PALAJ



UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE  
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

NAVIGÁCIA PRE ŠPORTOVÉ LIETANIE  
BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika  
Študijný odbor: Informatika  
Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky  
Školiteľ: RNDr. Peter Borovanský, PhD.

Bratislava, 2021  
Marcel Palaj





Univerzita Komenského v Bratislave  
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Marcel Palaj  
**Študijný program:** aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** informatika  
**Typ záverečnej práce:** bakalárska  
**Jazyk záverečnej práce:** slovenský  
**Sekundárny jazyk:** anglický

**Názov:** Navigácia pre športové lietanie  
*Navigation for sport airplanes*

**Anotácia:** Pri športovom letaní sa používajú väčšinou platené navigačné aplikácie. Práca chce ponúknuť alternatívu, ktorá z verejne dostupných zdrojov poskytne plnohodnotnú analógiu existujúcich aplikácií.

**Cieľ:** Cieľom práce je vytvoriť navigačnú aplikáciu pre malé športové lietanie. Poskytne možnosť vytvoriť navigačné podklady pred letom (on-line), alebo počas letu, tzv. real-time navigáciu na základe spozorovaných okolností. Športovému pilotovi poskytne mapové podklady, kde budú zobrazené

- letecky zaujímavé body (vstupno výstupné, navigačné body, letiská, ...)
- a informácie o nich
- letecky zaujímavé priestory (okolo letísk, zakázané priestory) a informácie o nich
- aktuálnu pozíciu, rýchlosť, kurz, výšku, ...
- eventuálne základné verejne dostupné meteorologické informácie.

Keďže v lietadle sa nedá spoliehať na signál mobilných dát, mapy sa budú dať sťahovať do off-line. Letecké informácie sa budú dať načítavať zo súboru kvôli jednoduchým pravidelným aktualizáciám týchto informácií. V prípade potrebnej registrácie užívateľa u nejakého poskytovateľa dát, aplikácia poskytne užívateľské rozhranie, kde si užívateľ bude môcť zadať kľúč vygenerovaný niektorým z poskytovateľov údajov. Aplikácia bude počas vývoja testovaná užívateľmi miestneho aeroklubu a výsledná aplikácia bude zverejnená v službe Google Play.

**Vedúci:** RNDr. Peter Borovanský, PhD.  
**Katedra:** FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky  
**Vedúci katedry:** prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.  
**Dátum zadania:** 05.10.2021

**Dátum schválenia:** 06.10.2021

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.  
garant študijného programu



**Pod'akovanie:** Tu môžete poďakovať školiteľovi, prípadne ďalším osobám, ktoré vám s prácou nejako pomohli, poradili, poskytli dáta a podobne.

## Abstrakt

Slovenský abstrakt v rozsahu 100-500 slov, jeden odstavec. Abstrakt stručne sumarizuje výsledky práce. Mal by byť pochopiteľný pre bežného informatika. Nemal by teda využívať skratky, termíny alebo označenie zavedené v práci, okrem tých, ktoré sú všeobecne známe.

**Kľúčové slová:** jedno, druhé, tretie (prípadne štvrté, piate)



## **Abstract**

Abstract in the English language (translation of the abstract in the Slovak language).

**Keywords:**



# Obsah

Úvod	1
<b>1 Východiská</b>	<b>3</b>
1.1 Zdôvodnenie existencie navigácií v lietadlách . . . . .	3
1.2 Požiadavky kladené na navigácie v lietadlách . . . . .	4
1.2.1 Tvorba trasy . . . . .	4
1.2.2 “Prepočítavanie” trasy . . . . .	5
1.2.3 Internetové pripojenie . . . . .	5
1.2.4 Zobrazované informácie . . . . .	5
1.3 Technológie . . . . .	8
1.4 Zdroje leteckých údajov . . . . .	9
1.5 Výškové dáta . . . . .	11
1.6 Meteorologické informácie . . . . .	11
1.7 Existujúce riešenia . . . . .	11
1.7.1 Vstavané letecké aplikácie . . . . .	12
1.7.2 Aplikácie do tabletu/mobilného telefónu . . . . .	13
<b>2 Návrh aplikácie</b>	<b>17</b>
2.1 Hlavná obrazovka . . . . .	17
2.2 Tvorba trasy . . . . .	20
2.3 Vyhľadávanie leteckých objektoch . . . . .	21
2.4 Zobrazovanie informácií o leteckých objektoch . . . . .	21
2.4.1 Informácie o letiskách . . . . .	21
2.4.2 Informácie o priestoroch . . . . .	22
2.4.3 Informácie o rádionavigačných zariadeniach . . . . .	23
2.4.4 Informácie o bodoch . . . . .	23
2.5 Sťahovanie offline máp . . . . .	23
2.6 Sťahovanie výškových dát . . . . .	23
2.7 Sťahovanie leteckých dát . . . . .	23

<b>3 Implementácia</b>	<b>25</b>
3.1 Letecké dáta . . . . .	25
3.1.1 Spracovávanie leteckých dát . . . . .	25
3.1.2 Import leteckých dát do aplikácie . . . . .	26
3.2 Výškové dáta . . . . .	27
3.3 Navigačná aplikácia . . . . .	28
3.3.1 Lokálne mapové podklady . . . . .	28
3.3.2 Zobrazovanie leteckých informácií . . . . .	29
3.3.3 Notifikovanie o novej verzii leteckých dát . . . . .	29
3.3.4 Zobrazovanie výškových informácií . . . . .	30
3.3.5 Mapové štýly . . . . .	30
<b>4 Testovanie</b>	<b>31</b>
4.1 Testovanie používateľmi . . . . .	31
4.2 Automatizované testovanie . . . . .	32
<b>Záver</b>	<b>35</b>
<b>Príloha A</b>	<b>41</b>

# Zoznam obrázkov

1.1	Vzdušný priestor v okolí letiska Prešov [27] . . . . .	6
1.2	Varovanie pre blízkosťou terénu v Garmine G3X Touch [17] . . . . .	7
1.3	Plánik letiska v systéme Garmin G3X Touch [17] . . . . .	12
1.4	Zobrazenie 3D počasia v aplikácii ForeFlight [16] . . . . .	14
2.1	Predĺžená os dráhy letiska Lučenec . . . . .	18
2.2	Varovanie pred blízkosťou terénu . . . . .	19
2.3	Zobrazovanie meteorologických informácií . . . . .	19
2.4	Naplánovaná trasa . . . . .	21
2.5	Zobrazované informácie o letisku . . . . .	22
3.1	Notifikácia v aplikácii o novej sade leteckých dát . . . . .	29



# Úvod

Cieľom tejto práce je poskytnúť študentom posledného ročníka bakalárskeho štúdia informatiky kosťru práce v systéme LaTeX a ukážku užitočných príkazov, ktoré pri písaní práce môžu potrebovať. Začneme stručnou charakteristikou úvodu práce podľa smernice o záverečných prácach [?], ktorú uvádzame ako doslovný citát.

Úvod je prvou komplexnou informáciou o práci, jej cieľi, obsahu a štruktúre. Úvod sa vzťahuje na spracovanú tému konkrétne, obsahuje stručný a výstižný opis problematiky, charakterizuje stav poznania alebo praxe v oblasti, ktorá je predmetom školského diela a oboznamuje s významom, cieľmi a zámermi školského diela. Autor v úvode zdôrazňuje, prečo je práca dôležitá a prečo sa rozhodol spracovať danú tému. Úvod ako názov kapitoly sa nečísluje a jeho rozsah je spravidla 1 až 2 strany.

V nasledujúcej kapitole nájdete ukážku členenia kapitoly na menšie časti a v kapitole ?? nájdete príkazy na prácu s tabuľkami, obrázkami a matematickými výrazmi. V kapitole ?? uvádzame klasický text Lorem Ipsum a na koniec sa budeme venovať záležitostiam záveru bakalárskej práce.





# Kapitola 1

## Východiská

Prácu možno rozdeliť na 3 časti: v prvej je zdôvodnená potreba existencie navigácie v lietadlách, sú tu opísané požiadavky kladené na takúto leteckú navigáciu, najmä rozdiely oproti navigáciám do áut, keďže pri tomto porovnaní sa dobre opisujú požiadavky na navigáciu pre lietadlo. V prvej časti sú tiež informácie, ktoré letecké navigácie zobrazujú. Druhá časť je zameraná na opis technológií, ktoré sú vhodné k vytvoreniu takejto navigačnej aplikácie a tiež popisuje zdroje dát potrebné k tvorbe tejto aplikácie. V tretej časti je opísaných niekoľko existujúcich navigácií do lietadiel, a sú opísané ich vlastnosti a dôležité a zaujímavé funkcie.

### 1.1 Zdôvodnenie existencie navigácií v lietadlách

Problematika leteckej navigácie nebola aktuálna hneď v počiatkoch letectva. Výkony lietadiel a najmä dolet bol tak malý, že sa žiadnou leteckou navigáciou nebolo treba zaoberať. Ako sa výkony zlepšovali, začínala byť navigácia čím ďalej, tým podstatnejšia. História letectva si pamätá veľa rôznych spôsobov navigácie. Niektoré fungovali lepšie, iné horšie. Niektoré sa používajú dodnes, niektoré ani poriadne nezačali fungovať. Od úplne jednoduchých, ktoré imitovali spôsob navigovania používaný pri presune po zemskom povrchu (lietanie pozdĺž ciest a železníc, veľké nápisy na vodárenských vežiach pri mestách, ktoré slúžili podobne ako značky pri ceste), cez spôsoby prevzaté z námornej navigácie (navigácia pomocou hviezd alebo slnka), až po súčasné spôsoby navigácie pomocou pozemných rádionavigačných zariadení a družicových systémov [32].

Podobne aj cieľ leteckej navigácie sa s postupom času menil. Kým v minulosti bola jediná požiadavka dopraviť lietadlo a náklad alebo pasažierov do cieľa, postupom času začala byť letecká doprava rozšírenejšia a počty lietadiel sa zväčšovali. Na zabezpečenie bezpečnosti a plynulosti leteckej dopravy začal byť vzdušný priestor organizovaný, a objavil sa teda nový cieľ: bolo potrebné vedieť sa navigovať s ohľadom na tento vzdušný priestor.

V súčasnosti je pri navigovaní malých lietadiel za podmienok viditeľnosti najrozšírenejší spôsob navigácie tzv. porovnávacia navigácia, čo je porovnávanie mapy s tým, čo vidí pilot okolo seba. Tento postup je kombinovaný s používaním satelitného navigačného systému GPS [11]. Aplikácia, ktorej vytvorenie je cieľom tejto práce, je určená práva na takéto použitie, ako doplnkový zdroj informácií a na zvýšenie situačného prehľadu, nie ako primárny navigačný zdroj. Preto aj v prípade, ak budeme v tejto práci hovoriť o leteckej navigácii, budeme tým myslieť navigáciu pre lietanie malých lietadiel. Takáto navigácia je určená pre lietanie za viditeľnosti, je používaná na zvýšenie situačného prehľadu, a nie ako primárny navigačný zdroj.

## 1.2 Požiadavky kladené na navigáciu v lietadlách

### 1.2.1 Tvorba trasy

Keďže trasa auta je limitovaná cestnou sieťou, tak navigácia pre autá má za úlohu automaticky vypočítať optimálnu cestu od štartu do cieľa s ohľadom na cestnú sieť, aktuálnu premávku a dopravné obmedzenia, podľa požiadaviek zadaných používateľom (ako napríklad vyhnúť sa spoplatneným cestám, vyhnúť sa poľným cestám a podobne). Následná navigácia prebieha tak, že používateľovi sú diktované odbočky. Pri leteckej navigácii pri lietaní v malých výškach väčšinou nie sú definované žiadne trasy, ktorých by sa pilot musel držať, a teda je možné letieť takmer priamo. V prípade, ak z nejakých dôvodov (obmedzené priestory, vysoké pohoria, ...) nie je žiadúce letieť priamo, je na pilotovi, aby si zvolil trasu. Nebýva požadované, aby trasu navigácia vypočítala sama, automaticky. V prípade štátov, kde sú vyznačené trasy, ktorých by sa mal pilot držať, tak je opäť na pilotovi, aby zvolil po ktorých trasách chce letieť. Je to z dôvodu, že v letectve nie je jednoduché a často ani bezpečné letieť bez toho, aby si pilot pred tým pozerel celú trasu, a pripravil sa na to, čo ho počas trasy čaká. Navyše, veľa rozhodnutí pri tvorbe trasy je veľmi komplexných, berúc do úvahy rôzne faktory ako napríklad oblačnosť, vietor, terén v okolí trasy, znalosť miestnych podmienok (napríklad vedomosť pilota, že toto letisko býva cez víkendy rušné), a tieto všetky faktory by bolo veľmi ťažké zohľadniť pri automatickej tvorbe trasy.

V leteckej navigácii pri lietaní na malé vzdialenosti je teda trasa medzi počiatočným a koncovým bodom vždy lomená čiara (azda len s výnimkou navigačných súťaží), a zvykom je, že body na trase sú od seba tak vzdialené, že preletieť medzi bodmi trvá aspoň niekoľko minút [21]. Podobne ako pri navigácii pre autá, aj navigácia pre lietadlá oznamuje pilotovi kurz k ďalšiemu bodu na trase [17].

### 1.2.2 “Prepočítavanie” trasy

V prípade, že auto niekam zle odbočí, a teda sa nachádza inde ako by sa podľa plánu malo, tak navigácia túto trasu “prepočíta”, a pokračuje v navigovaní od aktuálnej pozície. Na rozdiel od automobilovej navigácie, ak sa lietadlo nachádza inde ako by sa podľa plánu malo, letecká navigácia trasu “neprepočíta”, ani ju nijako neupraví, iba zobrazuje pilotovi, kde je trasa, a je ňom, aby sa vrátil naspäť. Je to z dôvodu, že ak nastane nejaká odchýlka od plánovanej trasy, tak by sa pilot mal na trasu vrátiť, a navigácia by ju nemala “prepočítať”. Trasa totiž môže byť naplánovaná tak, aby napríklad oblietala nejaké obmedzené priestory, a prepočítanie trasy, aby z aktuálnej pozície smerovala priamo do cieľa by mohlo spôsobiť, že používateľ tieto priestory naruší. Podobne aj v prípade, ak existujú trasy, po ktorých je odporúčané letieť, ak by navigácia trasu prepočítala, tak by sa stalo, že by lietadlo letelo mimo tejto trasy.

### 1.2.3 Internetové pripojenie

Kým pri pohybe po zemskom povrchu je možné sa spoľahnúť na to, že aplikácia bude mať k dispozícii signál mobilných dát, alebo bude v dosahu nejakej Wi-Fi siete, pri leteckej navigácii sa na to spoľahnúť nedá, lebo už od nie veľkej výšky nad zemským povrchom je mobilný signál výrazne slabší alebo vôbec nie je. Z tohoto dôvodu je potrebné mať mapy a aj všetky ostatné dáta lokálne, a nespoliehať sa na možnosť ich stiahnutia počas navigovania.

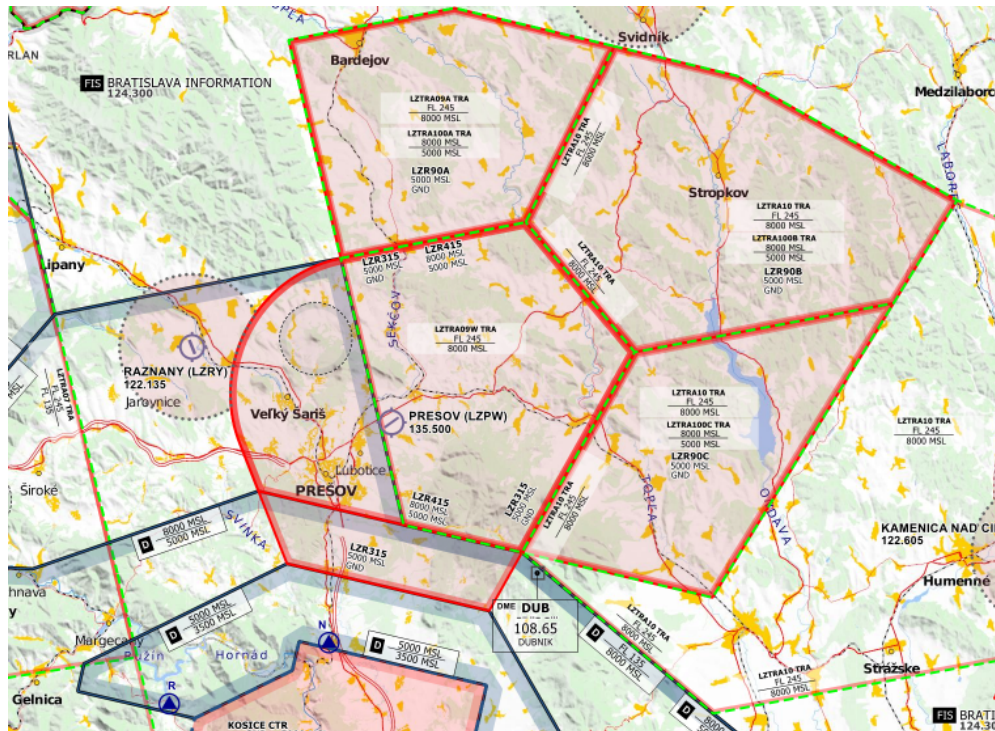
### 1.2.4 Zobrazované informácie

Ďalší výrazný rozdiel je, že pri navigácii pre lietadlá je samotné navigovanie po zvolenej trase len jedna z požadovaných funkcií. Veľmi podstatná časť funkčnosti je aj vedieť si trasu pred letom zobraziť, a pripraviť sa na ňu, ako sme už opisovali, keď sme odôvodňovali, prečo nie je vhodné aby navigácia trasu plánovala sama. Tento proces sa nazýva “navigačná príprava”. V navigáciách typicky býva možnosť trasu vytvoriť a následne si ju prezeráť. Navigácia vypočíta kurzy, dĺžky a časy jednotlivých častí trasy a pilot si má možnosť trasu pozrieť, upraviť, poznačiť si ju na navigačný štítok resp. do mapy. Webové navigačné aplikácie zvyknú mať ešte možnosť naplánovanú trasu vyexportovať, kvôli možnosti importu tejto trasy do navigácie v lietadle.

Ďalšou, možno aj dôležitejšou funkciou je zobrazovanie rôznych informácií. Opíšme informácie, ktoré bývajú zobrazované leteckými navigáciami.

#### **Informácie o rozdelení vzdušného priestoru**

Vzdušný priestor, najmä v okolí veľkých a rušných letísk môže byť komplikovaný. Tento problém je ešte výraznejší kvôli tomu, že reálny vzdušný priestor je trojrozmerný, zatiaľ



Obr. 1.1: Vzdušný priestor v okolí letiska Prešov [27]

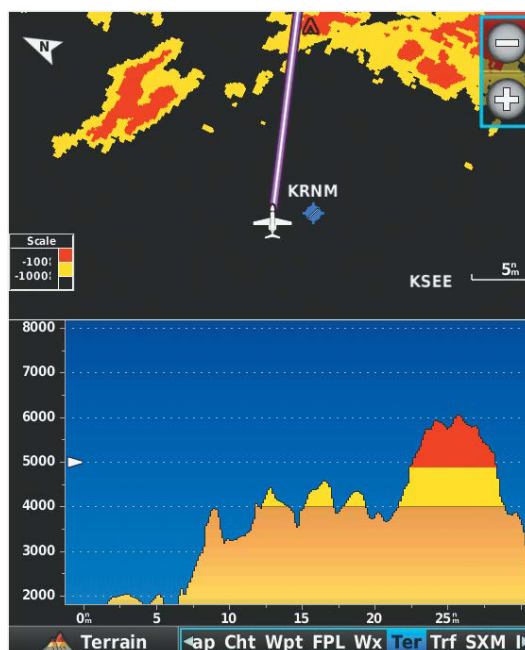
čo jeho zobrazenie na papierovej mape, resp. na obrazovke navigácie je pochopiteľne dvojrozmerné. Z tohoto dôvodu navigácie v lietadlách ponúkajú možnosť zvýrazniť konkrétny priestor a zobraziť informácie o jeho horizontálnych a vertikálnych hraniciach, aby pilotovi uľahčili orientáciu v týchto priestoroch.

Okrem týchto informácií navigácie tiež zobrazujú informácie o kategórii priestoru, názov priestoru rádiové frekvencie priradené tomuto priestoru a v prípade že priestor nie je aktívovaný celý čas, tak informácie o časoch aktivácie priestorov.

Vertikálne hranice priestorov bývajú na papierových mapách napísané v priestore napríklad priestor LZTRA09W TRA (v strede obrázku) je od výšky 8000 stôp MSL po flight level 245. Horizontálne hranice sú na mape vyznačené čiarami, kde farba zodpovedá kategórii vzdušného priestoru. Avšak, ako je aj vidno na obrázku 1.1, v prípade ak je blízko seba veľa priestorov rovnakej kategórie, je ťažké rozoznať, ktoré Horizontálne hranice patria ktorému priestoru.

## Informácie o bodoch

Okrem informácií o priestoroch sú zobrazované aj rôzne body, ako napríklad vstupno-výstupné body do priestorov alebo význačné body (significant points). Pri vstupno-výstupných bodoch je vhodné zobrazovať ku ktorému letisku resp. priestoru tento bod patrí. Na obrázku 1.1 môžeme vidieť bod N a bod R, oba sú vstupno-výstupné body do CTR Košice.



Obr. 1.2: Varovanie pre blízkosťou terénu v Garmine G3X Touch [17]

### Informácie o letiskách

Ďalší druh informácií, ktoré vedia navigácie zobrazovať, sú informácie o letiskách. Angličtina má na túto funkciu výstižný názov “Electronic flight bag”, keďže navigácia takto nahrádza papierové mapy a príručky, v ktorých zvyčajne bývajú tieto informácie uvedené. Medzi informácie o letiskách, ktoré navigácie zvyknú zobrazovať, patrí nadmorská výška letiska, označenie, rozmery a povrch vzletových a pristávacích dráhy, rádiové frekvencie priradené k letisku, druh letiska a podobne. Pokročilé navigácie okrem týchto informácií ponúkajú aj možnosť zobraziť plánik letiska, čím uľahčujú pozemnú orientáciu na letisku. Niektoré navigácie tiež zobrazujú približovacie mapky pre letiská, čo je ale nie je niečo, čo je využívané pri lietaní za viditeľnosti.

### Výškové informácie

Výškové informácie v leteckej navigácii bývajú zobrazované inak ako býva zvykom na turistických, resp. topografických mapách. Zobrazované totiž bývajú nie ako vrstevnice, ale dynamicky, a to tak, že na mape sú farebne vyznačené oblasti, ktoré sú vyššie ako lietadlo, resp. tesne pod lietadlom. Takto sú pilotovi poskytované informácie o tom, kde sa nachádza vysoký a teda potenciálne nebezpečný terén. Príklad takéhoto varovania môžeme vidieť na obrázku 1.2

Do tejto kategórie výškových informácií môžeme zaradiť aj významné výškové prekážky ako sú napríklad vysielacie a informácie o nich, ako napríklad či je prekážka osvetlená, jej výška a podobne.

## Meteorologické informácie

V rámci navigačnej prípravy si pilot zvyčajne potrebuje pozrieť aj informácie o počasí, najčastejšie radarové informácie, informácie z družíc (obvykle infračervené snímkovanie) a letiskové meteorologické informácie METAR a TAF. Býva zvykom zobrazovať radarové a družicové informácie ako ďalšiu vrstvu do mapy. Informácie o počasí na letisku sú niekedy zobrazované ako farebné body v mieste meteorologickej stanice, teda zvyčajne v mieste letiska, kde farba bodu zodpovedá meteorologickým podmienkam na letisku.

Tieto informácie je ideálne získavať aj počas letu. Ako budeme v časti 1.7 podrobnejšie opisovať, vstavané navigácie tieto informácie získavajú cez satelitné pripojenie, alebo prijímaním ADS-B vysielaní (táto technológia je v súčasnosti k dispozícii len v USA).

V prípade mobilného telefónu resp. tabletu používanie tejto technológie bez použitia nejakého externého prijímača nie je možné. Preto navigačné aplikácie pre mobilné telefóny tieto informácie získavajú cez Wi-Fi resp. mobilné dáta, aby boli dostupné aspoň v rámci navigačnej prípravy, keď už nie sú aktualizované počas letu.

## Varovné informácie

Pred narušením akéhokoľvek priestoru zvyknú letecké navigácie zobrazovať pilotovi informáciu o tom, že sa v blízkosti lietadla, resp. pred lietadlom nachádza priestor, ktorý by lietadlo mohlo narušiť. Okrem toho navigácie zvyknú pomocou výškových informácií varovať pilota pred blízkosťou terénu.

V prípade, ak je k dispozícii ADS-B prijímač, navigácie tiež zobrazujú varovania pred potenciálne konfliktnou prevádzkou. Ako sme už ale opisovali v časti o meteorologických informáciách, na získavanie týchto údajov je potrebné externé zariadenie.

## 1.3 Technológie

V tejto časti opíšeme existujúce technológie a produkty, ktoré súvisia s tvorbou navigačnej aplikácie pre Android.

Jadro navigačnej aplikácie je tvorené mapovým SDK, ktoré zabezpečuje zobrazovanie mapových dlaždíc, umožňuje zobrazovanie ďalších mapových vrstiev, ktoré zvyčajne môžu byť buď vektorové (čiary, plochy, body) alebo rastrové (mapové dlaždice sú rastrové obrázky). Ďalej často spravuje informácie o polohe, a oproti surovým dátam z GPS senzoru tieto dáta priemeruje a poskytuje informácie o presnostiach polohy, rýchlosti...

Rozoberme niekoľko najpopulárnejších mapových SDK.

## Google Maps

Toto mapové SDK patrí v súčasnosti medzi najpopulárnejšie. Je to spôsobené aj tým, že je, rovnako ako operačný systém Android vyvíjaný spoločnosťou Google, a teda býva predinštalované v telefónoch, a jeho vizuál je používateľom dôverne známy.

Google Maps pre Android je zadarmo, [20] a keďže je veľmi populárne, existuje k nemu veľa tutoriálov a návodov.

Nevýhodou tohoto SDK je malá možnosť vlastného štylovania máp.

## Mapbox

Mapbox SDK vznikol ako startup v roku 2010 [12]. Jeho cieľom bolo poskytnúť možnosti štylovania a prispôsobovania máp [12]. Dnes produkty od Mapboxu používajú viaceré veľké spoločnosti. Časť mapových podkladov Mapboxu pochádza z projektu Open Street Map, čo je open projekt, ktorého cieľom je tvorba otvorených máp [7].

Mapbox je od určitého počtu používateľov a zobrazení mapových dlaždíc platený [23]. Tieto limity sú ale pre malé aplikácie dostatočne voľné.

Mapbox okrem iného poskytuje službu Mapbox Studio, ktorá umožňuje štylovať mapy, aby vyzerali tak ako požadujeme [23]. Toto je obzvlášť vhodné, keďže pri leteckej navigácii je žiadúce aby na mape boli zvýraznené prvky, ktoré sú dobre viditeľné z lietadla ako sú napríklad významné cesty, zastavané oblasti, železnice a rieky.

## osmdroid

Toto SDK je projekt s otvoreným zdrojovým kódom, a teda nie je platené [31].

Navýhoda je, že na rozdiel od Mapboxu a Google Maps, osmdroid nemá vlastné mapové podklady, a je ich nutné získavať z nejakého zdroja. Najčastejšie sa mapové podklady získavajú zo serverov projektu Open Street Maps [31], čím sme ale odkázaní na štylovanie aké má Open Street Map. Pochopiteľne, môžeme si Open Street Map mapy naštylovať tak ako požadujeme, ale v tom prípade ich musíme uložiť na nejaký server, aby boli dostupné pre našich používateľov.

## 1.4 Zdroje leteckých údajov

Ako sme už spomenuli v 1.2, tak podstatná časť leteckej navigácie je o údajoch, ktoré plánujeme zobrazovať. Najväčšie databázy leteckých údajov majú firmy ako Jepessen alebo Garmin, avšak tieto databázy pochopiteľne nie sú voľne prístupné. V našej práci sme sa zamerali na voľne prístupné zdroje leteckých údajov.

## Open Flight Maps

Cieľom tohoto projektu je tvorba a udržiavanie verejne prístupnej otvorenej databázy leteckých informácií a tvorba máp [27]. Údaje v tejto databáze sú kontrolované, a sú relatívne spoľahlivé (aj keď sú pochopiteľne poskytované “tak ako sú”, bez akejkoľvek záruky správnosti). Aktualizované dáta sa zverejňujú podľa AIRAC cyklu, čo je rozvrh aktualizovania leteckých informácií, ktorý je vo veľa štátoch spoločný. Takto sa dá doceliť to, že aktualizácie leteckých dát sa udejú naraz, a v dostatočnom predstihu sa vie, aké zmeny nastanú.

## OpenAIP

Podobne ako pri Open Flight Maps, aj pri tomto projekte je cieľom tvorba verejne prístupnej, otvorenej databázy leteckých informácií [29]. Na rozdiel od Open Flight Maps tu nie sú dáta tak prísne kontrolované, a na to, aby niekto editoval alebo pridával dáta sa stačí zaregistrovať. Výhodou tejto databázy je, že sa tam nachádza veľmi veľa malých plôch, ktoré nie sú letiská, ale sú to napríklad len súkromné plochy alebo plochy pre letecké poľnohospodárske práce, ktoré sú ale zvyčajne použiteľné v prípade bezpečnostného pristátia. Takéto malé plochy v iných databázach, napríklad v Open Flight Maps nie sú. Nevýhodou väčšieho množstva dát, a jednoduchšej možnosti dáta pridávať je menšia spoľahlivosť týchto dát. Tento problém sa často týka najmä rádiových frekvencií, kde sú údaje niekedy neaktuálne alebo nesprávne.

## Letecké informačné príručky (AIP)

Tento zdroj, na rozdiel od predchádzajúcich dvoch, nie je tvorený komunitou dobrovoľníkov, ale je v pravidelných cykloch publikovaný príslušnými leteckými informačnými službami (AIS). To znamená, že dáta z toho zdroja sú zaručené a správne. Nevýhodou je, že sú často (najmä na Slovensku a v susedných štátoch) dostupné len ako `html` alebo `pdf`, a teda pre ďalšie použitie ich treba najprv spracovať.

Avšak, počas vývoja aplikácie sme zistili, že organizácia Eurocontrol ponúka službu EAD (European AIS Database) [15], ktorá združuje informácie od rôznych leteckých informačných služieb, a ponúka možnosť si tieto dáta vyexportovať v rôznych formátoch.

Výhoda je, že tieto dáta sú veľmi dôveryhodné, a služba ponúka napríklad aj možnosť exportu bodov, ktoré nie sú obsiahnuté v projekte OpenFlight Maps.



## 1.5 Výškové dáta

Existujú rôzne spôsoby ako získať výškové dáta. Najjednoduchší je použiť nejaké API ako napríklad Google Elevation API, alebo Mapbox Elevation API. Problémom týchto API je, že nám vedia poskytnúť výškové informácie iba o jednom bode, resp. o malej množine bodov. Tieto API sú platené od počtu požiadaviek, a na pripojenie k API pochopiteľne treba internetové pripojenie.

Ako sme popisovali v časti 1.2.4, pre naše potreby potrebujeme získať informácie o veľkom množstve bodov, a v lietadle sa nedá spoliehať na signál mobilných dát, takže je treba používať iný spôsob získavania týchto informácií.

Riešenie, ktoré sa zvykne používať, sú dáta získané s projektu SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [22]. Tieto dáta pochádzajú z radarového snímkovania, ktoré realizovala agentúra NASA z raketoplánu Endeavour v priebehu februára 2000 a sú voľne dostupné.

Dáta boli postupom času viac krát opravované, a od roku 2014 je dostupná verzia 3, ktorá má vyplnené prázdne miesta, ktoré sa nepodarilo správne zosnímkovať [22]. Sú ponúkané dva produkty: dáta s rozlíšením na 1 uhlovú sekundu, teda na štvorce zhruba 30x30m, a s rozlíšením na 3 uhlové sekundy, teda štvorce zhruba 90x90m [22]. Na tento účel, vytvorenie modelu terénu pre leteckú navigáciu, sú obe rozlíšenia dostatočné.

## 1.6 Meteorologické informácie

Ako zdroj meteorologických informácií sme si vybrali projekt RainViewer, ktorý má verejne prístupné API, ktoré je zadarmo [8]. Informácie tento projekt získava z rôznych verejne dostupných zdrojov, napríklad slovenské dáta získava z SHMÚ [8].

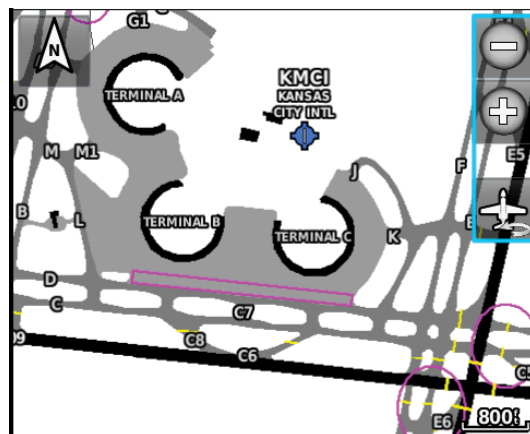
Projekt poskytuje aj radarové aj satelitné snímky, a sú k dispozícii 2 hodiny dozadu, s odstupmi 10 minút. V prípade radarových snímkov je možné si zvoliť farebnú schému, a je možné si zvoliť či je sú zábery vyhladené od rôznych falošných odrazov. Je tiež možné si zvoliť, či majú byť na záberoch viditeľné snehové zrážky.

## 1.7 Existujúce riešenia

V tejto časti rozoberieme existujúce letecké navigácie a zhodnotíme ich vlastnosti a funkcie ktoré ponúkajú.

Letecké navigácie môžeme v zásade rozdeliť na také, ktoré sú vstavané v lietadle ako samostatný prístroj, a také, ktoré sa inštalujú do tabletu alebo mobilného telefónu ako aplikácia.

V tejto časti rozoberieme najmä letecké navigácie, ktoré nie sú certifikované a teda nemôžu byť zastavané v certifikovanom lietadle, môžu byť používané len na zvýšenie



Obr. 1.3: Plánik letiska v systéme Garmin G3X Touch [17]

situačného prehľadu, a nie ako primárny navigačný zdroj.

Väčšina leteckých navigácií ponúka zhruba rovnaké možnosti: zobrazovanie leteckých priestorov, letísk, plánikov letísk a zobrazovanie informácií o počasí. Preto sa zamerajme najmä na veci, ktoré konkrétny produkt má navyše oproti ostatným, alebo sa nám páči ako je nejaká konkrétna funkčnosť navrhnutá.

### 1.7.1 Vstavané letecké aplikácie

Takýto druh navigácií má z hardvérového hľadiska niekoľko výhod: zariadenie môže byť pripojené na externú GPS anténu, a teda mať presnejší signál, zariadenie je prispôbené na tento účel, teda vie mať vhodne veľkú obrazovku, vhodné hardvérové ovládacie prvky. Vie tiež byť prepojené s ostatnými prístrojmi a senzormi v lietadle a teda vie kombinovať dáta z nich s GPS dátami, resp. ostatné zariadenia v lietadle vedia používať GPS dáta z tohoto zariadenia.

Opíšme niekoľko vstavaných navigácií do lietadla.

#### Garmin G3X Touch

Toto zariadenie nie je len navigácia, ale zobrazuje aj letové a motorové prístroje. V našom opise sa ale zameriame len na vlastnosti súviace s navigáciou. Zariadenie má dotykovú obrazovku. Okrem zobrazovania bežnej mapy ponúka aj zobrazovanie zjednodušenej mapy, na ktorej nie sú topografické údaje, ale len letecké dáta. Zobrazuje samozrejme informácie o letiskách, priestoroch a aj výškové dáta. Má veľa pekných vlastností, ako napríklad pri navigovaní na letisko zobrazuje predĺženú os dráhy, zobrazuje smer k najbližšiemu letisku, alebo zobrazuje varovania pred priestormi v blízkosti. Poskytuje tiež zobrazovanie podrobných plánikov letísk [17]. Príklad takéhoto plánika môžeme vidieť na obrázku 1.3.

Ponúka aj niekoľko funkcií, ktoré sa nedajú realizovať pomocou telefónu/tabletu,

ako je prístup k informáciám o počasí a o okolitej prevádzke pomocou satelitného pripojenia, resp. prijímača ADS-B.

Na tejto navigácii sa nám nepáči spôsob, akým zobrazuje topografické informácie, konkrétne že nezobrazuje názvy dedín alebo menších miest, a to ani pri použití podrobnejších topografických máp. Je to nepríjemné v prípade ak pilot chce porovnávať informáciu zobrazovanú navigáciou s mapou, keďže takto sa na obrazovke navigácie ťažko hľadajú orientačné body.

### **Dynon SkyView**

Podobne ako Garmin G3X Touch, ani toto zariadenie nie je len navigácia, ale poskytuje aj možnosť zobrazovať letové alebo motorové prístroje [13]. Na rozdiel od Garminu G3X Touch toto zariadenie vo verzii Classic nie je dotykové, ale inak má veľmi podobné vlastnosti. Aj napriek dvom otočným viacsmerovým voličom na krajoch obrazovky je práca s navigáciou menej príjemná ako v prípade ak je obrazovka dotyková. Tiež vie zobrazovať informácie o počasí a okolitej prevádzke pomocou satelitného resp. ADS-B pripojenia [13].

Táto navigácia je viac otvorená používateľskému prispôsobeniu, napríklad oproti Garminu G3X Touch, táto navigácia ponúka možnosť pridávať používateľské body vo formáte csv.

### **1.7.2 Aplikácie do tabletu/mobilného telefónu**

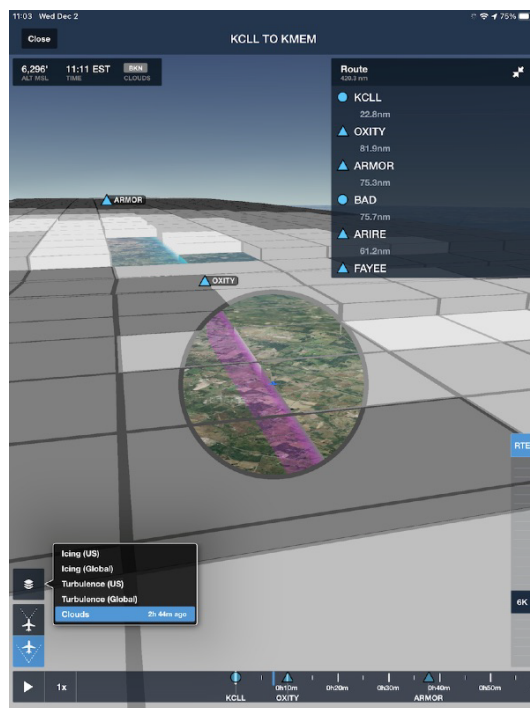
Tieto navigácie majú oproti vstavaným navigáciám tú výhodu, že je možné si pomocou nich urobiť navigačnú prípravu aj mimo lietadla.

Prvé 3 opisované navigačné aplikácie majú zaujímavú funkčnosť, ktorú nemala ani jedna vstavaná navigácia, ktorú sme opisovali: Ponúkajú možnosť zobrazíť profil naplánovanej trasy, teda zobrazíť terén v okolí trasy, priestory a letiská, niektoré dokonca aj počasie, čo vie pomôcť pri plánovaní trasy, najmä plánovanie výšky letu s ohľadom na obmedzené priestory a terén.

Pozrime sa podrobnejšie na niekoľko navigačných aplikácií do tabletu.

#### **ForeFlight**

Veľmi rozsiahla aplikácia, ktorá okrem bežného zobrazovania leteckých informácií ponúka možnosť prepojenia s navigáciami v rôznych lietadlách. K dispozícii je iba pre iOS. Ponúka možnosť 3D zobrazenia počasí v okolí lietadla, resp. pozdĺž naplánovanej trasy [16]. Príklad, ako v takomto zobrazení vyzerá oblačnosť je možné vidieť na obrázku 1.4.



Obr. 1.4: Zobrazenie 3D počasia v aplikácii ForeFlight [16]

## SkyDemon

Táto aplikácia ponúka okrem aplikácie do mobilného telefónu aj aplikáciu do počítača, kde je možnosť urobiť navigačnú prípravu, a potom ju preniesť do zariadenia [9]. Samozrejme, má všetky funkcie, ktoré bežne majú letecké navigácie. Na rozdiel od ostatných aplikácií má mierne netypickú vizuálnu schému, rozdielnu od všetkých ostatných navigácií, ktoré sme videli.

## Garmin Pilot

Garmin Pilot je aplikácia pre Android aj pre iOS. Keďže jej autorom je firma Garmin, tak ovládanie a aj vlastnosti sú veľmi podobné ako pri Garmin G3X Touch. Aplikácia ponúka možnosť bezdrôtového prepojenia s rôznymi zariadeniami od Garminu, s ktorými vie zdieľať letové a GPS informácie, rovnako ako informácie o počasí, alebo okolitej prevádzke. Toto prepojenie tiež ponúka možnosť prenášať naplánované trasy medzi aplikáciou v mobile/tablete a vstavaným zariadením v lietadle [18] [19].

## Fly is fun

Táto aplikácia je k dispozícii iba pre Android. Keďže nebola vyvíjaná firmou, ale ako voľnočasový projekt, tak pôvodne nebola platená. Letecké informácie, ktoré zobrazuje, sú preberané často z voľne dostupných zdrojov ako je napríklad Open flight maps. Ponúka veľmi veľa možností nastavení. Veľmi zaujímavá je tiež možnosť importu a

vytvárania vlastných dát, ako sú napríklad vlastné mapové podklady, letiská, plániky letísk, priestory a podobne. Aplikácia vie zobrazovať aj meteorologické informácie, ktoré získava pomocou mobilných dát [5].



# Kapitola 2

## Návrh aplikácie

Pri návrhu aplikácie a požiadavkách kladených na aplikáciu sme vychádzali z vlastných skúseností s prácou s navigáciami v lietadlách a mobiloch, ktoré sme mali možnosť obsluhovať. Vychádzali sme tiež z používateľských príručiek iných navigačných aplikáciách, ktoré sme čítali.

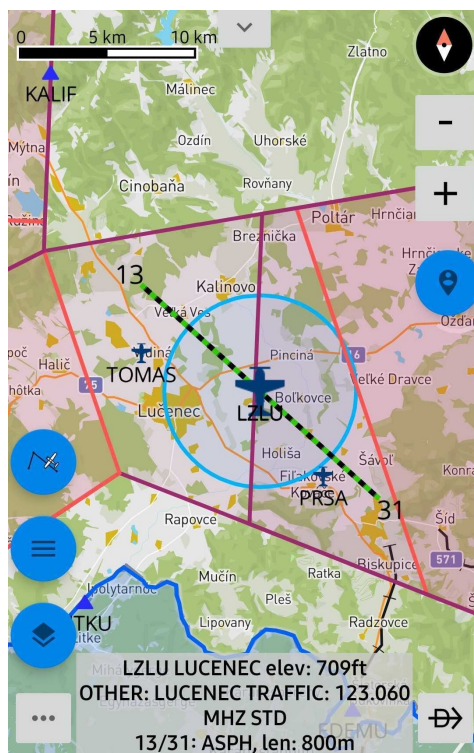
### 2.1 Hlavná obrazovka

Hlavná obrazovka aplikácie obsahuje mapu, na ktorej sú zobrazované okrem topografických informácií, aj letecké informácie popísané v časti 1.2.4. Po kliknutí na nejaké miesto na mape sa vyberú všetky letecké objekty, ktoré sú v okolí miesta, na ktoré používateľ klikol. V prípade, ak je v okolí daného bodu viac leteckých objektov, tak si môže používateľ vyberať medzi týmito objektami. Vybratý objekt sa na mape zvýrazní, a zobrazí sa zhrnutie informácií o ňom. Zvýraznenie pri priestoroch pozostáva zo zmenšenia priehľadnosti výplne. V prípade bodov sa ikonka označujúca bod zväčší. Ak je zvýraznený objekt letisko, tak sa zobrazia aj predĺžené osi dráh, podobne ako môžeme vidieť na obrázku 2.1.

Zhrnutie informácií o priestore obsahuje jeho názov, jeho vertikálne hranice a frekvencie, ktoré sú priradené tomuto priestoru. Medzi zhrnutie informácií o letisku patrí názov, nadmorská výška, informácie o dráhovom systéme a o rádiových frekvenciách.

Všetky letecké informácie sa dajú filtrovať podľa typu (letisko, priestor, rádionavigačné zariadenie, význačný bod), teda je možné nezobrazovať na mape objekty tých druhov, ktoré aktuálne nie sú pre pilota zaujímavé.

Na mape sú zobrazované varovania pred blízkosťou terénu, ktoré je možné v menu vypnúť. Tieto informácie sú predvolene zobrazované tak, že terén, ktorý je vyššie ako 1000 stôp pod lietadlom je zvýraznený žltou, a terén, ktorý je vyššie ako 100 stôp pod lietadlom je zobrazovaný červenou. Presné hodnoty, od ktorých výšok je terén zvýrazňovaný, je možné tiež nastaviť. Príklad takéhoto varovania môžeme vidieť na



Obr. 2.1: Predĺžená os dráhy letiska Lučenec

obrázku 2.2.

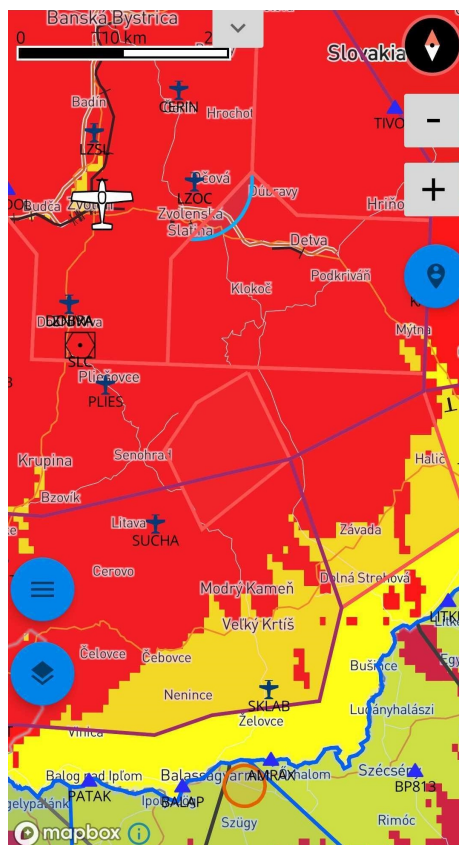
Na mape je zobrazovaná aktuálna poloha používateľa, ikonkou lietadla. Tiež je zobrazovaná úsečka, ktorá znázorňuje smer, ktorým sa používateľ pohybuje. Na úsečke sú vyznačené úseky, ktoré svojou dĺžkou naznačujú kam sa používateľ aktuálnou rýchlosťou dostane za 1, 2, resp. 3 minúty.

Okrem týchto informácií je možné na mape zobrazovať meteorologické informácie. Aplikácia môže zobrazovať radarové snímky a snímky z infračerveného satelitu. Tieto informácie sa dajú pozerieť aj spätne do minulosti, aby si mohol používateľ vytvoriť predstavu o vývoji počasia do budúcnosti. Príklad radarových a satelitných snímok môžeme vidieť na obrázku 2.3. V ľavej časti mapy môžeme vidieť búrku aj s dobre viditeľnými búrkovými jadrami. Tiež si môžeme všimnúť väčšiu oblačnosť v hornej časti obrazovky oproti spodnej.

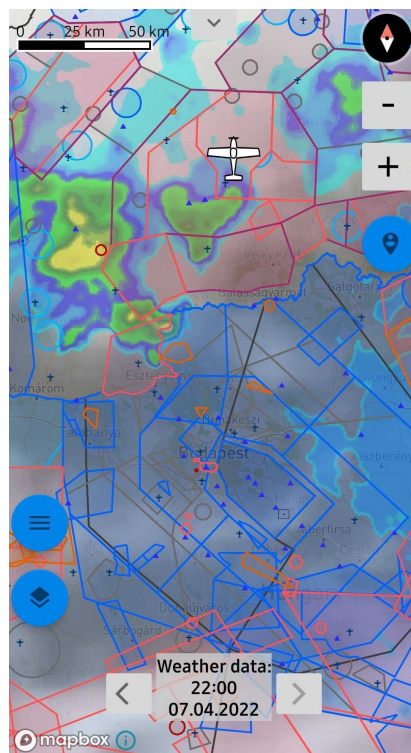
Vo vrchnej časti hlavnej obrazovky sú zobrazené dátové polia s aktuálnymi informáciami o polohe používateľa, ako napríklad rýchlosť, výška, kurz a podobne. Ďalším druhom zobrazovaných informácií sú informácie o aktuálnej trase, ako je napríklad čas, kurz a vzdialenosť do ďalšieho bodu, alebo čas a vzdialenosť do cieľa, názov ďalšieho bodu na trase a podobne. Tiež sú zobrazované všeobecné informácie, ako napríklad východ a západ slnka na daných súradniciach, alebo aktuálna presnosť GPS polohy.

Používateľ má na výber z 3 druhov máp:





Obr. 2.2: Varovanie pred blízkosťou terénu



Obr. 2.3: Zobrazovanie meteorologických informácií

### **Letecká topografická mapa**

Ide o základnú leteckú mapu, ktorá bola vytvorená z podkladov od Mapboxu. Je to vektorová mapa, ktorá bola štylovaná pomocou Mapbox Studia. Mapa je štylovaná s cieľom uľahčiť porovnávaciu navigáciu, teda je na nej výrazný rozdiel medzi zalesneným a nezalesneným územím. Na mape sú výrazne viditeľné názvy miest aj dedín, rovnako ako cesty a železnice.

### **Satelitná mapa**

Takýto druh mapy často nebýva súčasťou bežných vstavaných aplikácií z dôvodu, že satelitné snímky sú veľké, a ich sťahovanie a uchovávanie je dátovo náročné.

My sme sa rozhodli túto mapu zaradiť do aplikácie, keďže tento druh mapy vie v niektorých prípadoch veľmi uľahčiť porovnávaciu navigáciu. Táto mapa je tiež vhodná v rámci navigačnej prípravy, kde umožňuje napríklad pozrieť si satelitné snímky okolia letiska, čo uľahčuje prilet na neznáme letisko.

### **Open Flight Maps**

Tretí druh mapy, ktorý je súčasťou našej aplikácie, je mapa z projektu Open Flight Maps. Jedná sa o rastrovú mapu, ktorá je k dispozícii na stiahnutie na stránkach projektu.

Nevýhoda tejto mapy sú slabé topografické dáta, teda že na mape je viditeľných len veľmi málo malých miest a dedín.

Výhodou tejto mapy je, že v rámci mapových dlaždíc sú letecké dáta už vyrendované, a teda sa ich umiestneniu sa venuje pozornosť pri vytváraní máp, takže tieto informácie sú dobre viditeľné.

## **2.2 Tvorba trasy**

V aplikácii je možné vytvárať trasu. Požiadavky na tvorbu trasy v leteckej navigácii už boli opisované v časti 1.2.1. Body, medzi ktorými môže viesť trasa sa dajú buď vyberať z mapy alebo podľa názvu zo zoznamu. Tieto body môžu byť buď letiská, vstupno-výstupné body, súradnice z mapy, alebo aktuálna poloha používateľa. Body na trase sa dajú preusporiadať, a nové body sa dajú vkladať na ľubovoľné miesto trasy. Pri vytváraní trasy sú zobrazované informácie o jednotlivých úsekoch trasy, ich dĺžky a kurzy.

Je možné vybrať bod na trase na ktorý sa aktuálne naviguje. Navigovanie na ďalšiu časť trasy začína vtedy, keď je minulý bod za používateľom (podľa jeho aktuálneho smeru pohybu) a zároveň je používateľ bližšie k ďalšiemu bodu ako k bodu minulému. Na

obrázku 2.4 môžeme vidieť zhrnutie naplánovanej trasy medzi letiskami Sliac, Lučenec a Spišská Nová Ves.



Obr. 2.4: Naplánovaná trasa

## 2.3 Vyhľadávanie leteckých objektov

V aplikácii je možné vyhľadávať letecké objekty, ako sú letiská, body a priestory podľa názvu resp. podľa informácií o nich. Po zobrazení výsledkov vyhľadávania je možné nájdený objekt zobraziť na mape.

## 2.4 Zobrazovanie informácií o leteckých objektoch

O leteckých objektoch je možné zobraziť podrobné informácie, ktoré sa líšia podľa typu objektu.

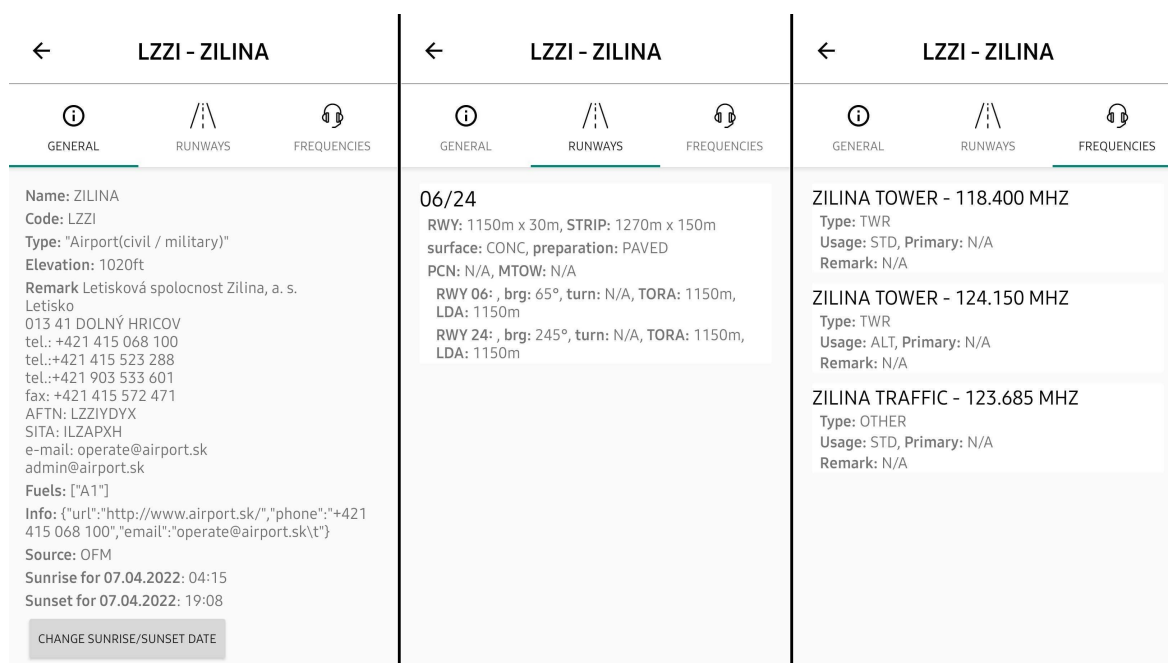
### 2.4.1 Informácie o letiskách

O letiskách sa zobrazuje najviac informácií. Sú rozdelené do 3 skupín.

- Všeobecné informácie, napríklad názov letiska, nadmorská výška letiska, kontaktné údaje na majiteľa, dostupné palivá, druh letiska, časy úsvitu a súmraku (je možné vyberať, pre ktorý dátum sa časy zobrazujú).

- Informácie o vzletových a pristávacích dráhach. Tu sa pre každú dráhu zobrazuje označenie, rozmery dráhy a rozmery vzletového a pristávacieho pásu, povrch dráhy, únosnosť povrchu. Zobrazujú sa tiež informácie o oboch smeroch dráhy, kurzoch oboch smerov a smere okruhov pre tento smer dráhy. V prípade, ak je dĺžka dráhy v tomto smere nejakým spôsobom obmedzená, je zobrazená aj táto informácia.
- Informácie o frekvenciách prislúchajúcich tomuto letisku. O každej frekvencii sa zobrazuje jej volací znak a frekvencia. Zobrazuje sa tiež druh frekvencie (veža, prevádzka, radar, info...), použitie (hlavná/záložná) ako aj poznámky o použití tejto frekvencie.

Príklad takýchto informácií o letisku Žilina môžeme vidieť na obrázku 2.5.



Obr. 2.5: Zobrazované informácie o letisku

## 2.4.2 Informácie o priestoroch

Informácie o priestoroch sú rozdelené do 2 skupín:

- Všeobecné informácie, napríklad názov priestoru, druh priestoru (obmedzený priestor, CTR, TMA, ...) a vertikálne hranice priestoru.
- Informácie o frekvenciách prislúchajúcich tomuto letisku. Zobrazujú sa rovnako ako pri letiskách, teda o každej frekvencii sa zobrazuje volací znak a frekvencia, druh frekvencie a jej použitie.

### 2.4.3 Informácie o rádionavigačných zariadeniach

Pri rádionavigačných zariadeniach sú zobrazované informácie o názve zariadenia, jeho kategórii, frekvencii na ktorej zariadenie vysiela, a sú zobrazované aj prípadné poznámky.

### 2.4.4 Informácie o bodoch

O bodoch sa zobrazuje najmenej informácií. Zobrazený je len názov, kategória bodu a v prípade, že tento bod prislúcha nejakému letisku, je zobrazená aj táto informácia.

## 2.5 Sťahovanie offline máp

V aplikácii je možnosť sťahovania offline máp všetkých 3 druhov. Mapy sú sťahované podľa krajín, teda je možné stiahnuť mapu pre každú krajinu zvlášť. V prípade máp, ktoré sú sťahované z Mapboxu je pre každú krajinu je vypočítaný obdĺžnik, ktorý je krajine opísaný a obsahuje mapové podklady celej krajiny. Mapy z projektu Open Flight Maps sú už rozdelené na jednotlivé krajiny, takže tie sú k dispozícii tak, ako sú publikované. Mapy od Mapboxu sú v prípade zmeny aktualizované automaticky, v prípade ak má používateľ internetové pripojenie. O zmene v mapách od projektu Open Flight Maps je používateľ notifikovaný v rámci notifikácie o aktualizácii sady leteckých dát.

## 2.6 Sťahovanie výškových dát

V aplikácii je tiež možnosť sťahovania výškových dát. Tieto dáta, na rozdiel od mapových podkladov nie sú rozdelené podľa krajín. Sú rozdelené podľa zemepisnej šírky a dĺžky na neprekrývajúce obdĺžniky tak, že dáta z jedného obdĺžniku majú približne 10MB. Nie je predpoklad, že sa tieto dáta budú meniť v čase, a to znamená, že používateľ nie je o ich zmene nijako notifikovaný.

## 2.7 Sťahovanie leteckých dát

V aplikácii sa dajú sťahovať letecké dáta. Všetky druhy dát sú sťahované naraz a nie sú nijako delené podľa územia, ktorého sa týkajú. O tom, že bola vydaná nová sada leteckých dát je používateľ notifikovaný po zapnutí aplikácie.



# Kapitola 3

## Implementácia

### 3.1 Letecké dáta

#### 3.1.1 Spracovávanie leteckých dát

V tejto časti postupne rozoberieme spôsoby získavania leteckých dát zo zdrojov, ktoré boli opisované v časti 1.4. Budeme sa tiež zaoberať formátmi, v ktorých sú letecké dáta k dispozícii.

#### Open Flight Maps

Dáta z OpenFlight maps sú k dispozícii v rôznych formátoch: `ofmx`, `ARINC424`, `openair`, `cup`.

Formát `cup` je tzv. `csv` formát, teda hodnoty sú oddelené čiarkami, a je to formát určený na ukladanie bodov [26]. Býva používaný v rôznych plachtárskych aplikáciách, kvôli svojej jednoduchosti.

Oproti tomu, `openair` je formát určený na ukladanie priestorov, tiež kvôli svojej jednoduchosti často využívaný v aplikáciách pre plachtárov.

Formát `ARINC424` je letecký formát na výmenu informácií, ktorý bol pôvodne vyvinutý v 70. rokoch 20. storočia [14]. Tento formát je pomerne komplikovaný.

Formát `ofmx` je formát, ktorý je špecifikovaný projektom OpenFlight Maps [30]. Tento formát je odvodený od leteckého formátu `AIXM 4.5` [30]. Formát je vo svojej podstate `xml`.

Aplikácia najprv v priebehu vývoja používala dáta z `cup` a `openair` súborov, keďže tieto boli na spracovanie ďaleko najjednoduchšie. Avšak, na základe mailovej komunikácie s autormi projektu sme sa nakoniec rozhodli ako zdroj dát do našej aplikácie použiť dáta vo formáte `ofmx`. Dôvody sú tie, že aj keď ide o komplexný formát, tak dáta v OpenFlight Maps sú natívne v tomto formáte, a teda nehrozí, že dáta nie sú presne podľa špecifikácie, ako sa nám stalo počas vývoja s formátom `cup` (Vyskytli sa

problémy s úvodzovkami v textových popisoch niektorých letísk).

Nenašli sme žiaden parser, ktorý by spracovával dáta vo formáte `ofmx` do podoby, ktorá by nám vyhovovala, takže sme si ho museli naprogramovať sami. Dáta sú spracovávané funkciami patriacimi do knižnice `xml.etree.ElementTree`. Tu je zároveň aj priestor na zlepšenie. Kvôli štruktúre, akou sú dáta ukladané, že takmer všetky objekty sú priamo synovia koreňového elementu, je treba veľa krát prechádzať takmer všetky elementy. To ale pri počtoch elementov, ktoré sú v súbore znamená, že spracovanie dát začína trvať nejaký čas (rádovo desiatky sekúnd).

Tento projekt ešte nemá verejne prístupné zdokumentované API, ale po mailovej komunikácii s autormi sme dostali povolenie na používanie tohoto API, aj keď je v takejto, nezdokumentovanej podobe, takže dáta na spracovanie nemusíme sťahovať zo stránok ručne, ale môžeme tieto dáta sťahovať automatizovane skriptom.

## OpenAIP

Počas začiatku vývoja aplikácie bola publikovaná beta verzia novej stránky OpenAIP, a teda sme sa rozhodli zamerať vývoj na dáta a dátové formáty exportovateľné z novej verzie tejto stránky. V čase písania tejto práce je už nová verzia stránky nasadená.

Podobne ako pri projekte OpenFlight Maps, sme sa na základe diskusie a autormi, rozhodli použiť natívny formát, v ktorom sú dáta ukladané v rámci projektu. V tomto prípade ide o `json`, ktorý je, rovnako ako API tohoto projektu veľmi dobre špecifikované [28].

## Letecké informačné príručky

Ako sme už spomínali v časti 1.4, je možnosť tieto dáta získavať priamo z leteckých informačných príručiek. Kým sme nevedeli, že existuje databáza takýchto bodov, tak sme tieto informácie spracovávali tak, že sme z `pdf` súboru pomocou Adobe Acrobat nástroja Action Wizard, vyexportovali `xlsx` súbor. Z tohoto súboru sme následne Python skriptom pomocou knižnice `pandas` spracovávali informácie o význačných bodoch.

Po nájdení aplikácie od Eurocontrolu, ktorú sme spomínali v časti 1.4, sme sa ju rozhodli použiť, keďže ponúka možnosť generovania dát vo viacerých formátoch, pre celý svet. Po preskúmaní možností sme zvažili export vo formáte `XML`. Bohužiaľ, aplikácia neponúka žiadne API, a teda je potrebné všetky dáta sťahovať ručne.

### 3.1.2 Import leteckých dát do aplikácie

Letecké informácie sú pomocou Python skriptu spracované, a sú všetky vyexportované do `geojson` súborov.



Presná špecifikácia vlastností jednotlivých leteckých objektov v `geojson` súboroch, ktorú sme vytvorili, je v prílohách tejto práce.

Dáta, ktoré Python skript vytvára, sú z dôvodu optimalizácie dvoch druhov.

- Prvým druhom sú tie dáta, ktoré sú používané na zobrazovanie na mape. Tieto dáta obsahujú iba informácie, ktoré sú priamo potrebné na samotné zobrazovanie na mape (názov bodu, ikonku, farbu výplne, ...).
- Druhým druhom dát sú detailné informácie o objektoch. Každý objekt má jednoznačný identifikátor, na základe ktorého môžeme objekty na mape spárovať s detailnými informáciami o nich.

Z prvého druhu dát, ktoré sú určené na zobrazovanie na mape, boli pomocou nástroja `tippecanoe` [25] vyrobené vektorové mapové dlaždice vo formáte `mbtiles`.

Súbor `mbtiles` je formát špecifikovaný Mapboxom [24]. Ide vlastne o `sqlite` databázu, ktorá obsahuje jednu tabuľku s metadátami a jednu tabuľku s mapovými dlaždicami. Poskytuje možnosť ukladať aj rastrové mapové dlaždice (vo formáte `png` alebo `jpg`), a aj vektorové mapové dlaždice (vo formáte `pbfl`).

Dáta sú po vytvorení nahraté na Firebase Cloud Storage [1], odkiaľ sú aplikáciou sťahované do zariadenia k používateľovi.

## 3.2 Výškové dáta

Výškové dáta sme nestahovali priamo zo stránok projektu SRTM [22], ale využívali sme Python knižnicu `elevation` [2]. Táto knižnica má Python funkcie na sťahovanie výškových dát vo formáte `geotiff`.

Tieto dáta po stiahnutí spracujeme do `geojson` formátu, kde je celá oblasť rozdelená na obdĺžniky a o každom obdĺžniku je informácia o jeho výške.

Prvý pokus o implementáciu zobrazovania výškových dát bol iba s jednou veľkosťou obdĺžnikov, ale aplikácia bola takto prakticky nepoužiteľná, keďže počet vykresľovaných obdĺžnikov, najmä na malých priblíženiach bol veľmi veľký. To samozrejme spôsobovalo, že aplikácie nestíhala obdĺžniky vykresľovať a po čase sa stala neresponzívnou. V prípade, že sme aplikácii povolili nevykresľovať niektoré obdĺžniky, tak ich zase aplikácia vykresľovala výrazne menej ako bolo treba vykresľovať, pre predstavu o výške terénu, a teda tiež nebola použiteľná. Bez výrazného výsledku sme skúšali aj optimalizovať množstvo obdĺžnikov. Nástroj `tippecanoe` totiž vie spájať plošné útvary, ktoré spolu susedia alebo sú vo svojej blízkosti. Takto sme sa pokúsili pospájať susediace obdĺžniky s rovnakou výškou, ale bez výrazného zrýchlenia.

Nakoniec sme sa rozhodli vytvárať pre každú oblasť 6 `geojson` súborov, s rôzne veľkými obdĺžnikmi, aby sme pri malých priblíženiach nemuseli vykresľovať veľmi veľa malých obdĺžnikov. Najmenšie obdĺžniky majú obe strany približne 300m veľké.

Z týchto dát je, podobne ako z leteckých informácií vyrábaný súbor s vektorovými mapovými dlaždicami vo formáte `mbtiles`, ktorý na rôznych úrovniach priblíženia mapy zobrazuje rôzne veľké obdĺžniky s výškovými informáciami.

## 3.3 Navigačná aplikácia

Aplikácia je implementovaná v jazyku Java, okrem niekoľko málo súborov, ktoré sú v jazyku Kotlin. Pri implementovaní aplikácie sme sa z dôvodov, ktoré boli opisované v časti 1.3 rozhodli využiť mapové SDK Mapbox.

### 3.3.1 Lokálne mapové podklady

Problém, s ktorým sme sa pri implementácii stretli je, že Mapbox SDK nepodporuje používanie mapových podkladov, ktoré sú uložené lokálne. Keďže nie sme jediní, ktorí sa tento problém snažili riešiť, našli sme riešenie: [6]. Týmto riešením je, že je urobený lokálny server, ktorý poskytuje dáta z `mbtiles` súboru, a je vyrobený vlastný mapový zdroj, ktorý sa na tento server pripája.

Kód, ktorý vytvorí lokálny server a vlastný mapový zdroj sme ešte museli mierne upraviť, aby mohli byť lokálne mapové podklady uložené aj inde ako v priečinku `assets`.

Tiež sme museli zmeniť spôsob, akým server reagoval na žiadosť o rastrovú mapovú dlaždicu, ktorá neexistuje. Pôvodne server vrátil, že dlaždica neexistuje, teda mapbox na jej mieste zobrazoval poslednú existujúcu dlaždicu na danom mieste. To zvyčajne bola dlaždica z menšieho priblíženia. Takéto riešenie je pochopiteľné a žiaduce v prípade, ak sme priblížili mapu tak, že takto podrobné dlaždice už neexistujú, teda sme prekročili maximálne priblíženie. Problém ale nastane v prípade, ak máme viac rôznych zdrojov (napríklad pre každú krajinu jeden). Predstavme si, že chceme zobraziť časť mapy, ktorá je mimo mapového pokrytia jednej krajiny (ale v rámci pokrytia inej krajiny). Toto riešenie nám spôsobí, že tá mapová vrstva, ktorá je vyššie v poradí sa zobrazuje nad tými čo sú nižšie, a to aj v prípade, že táto vrstva nemá príslušné mapové dlaždice, ale vrstvy pod ňou majú. To znamená, že namiesto dlaždíc krajiny, ktorá sa na danom mieste nachádza sa zobrazia menej podrobné dlaždice susednej krajiny (ktoré sú väčšie a teda presahujú až sem), ktorej vrstva je v poradí vyššie. Tento problém sme vyriešili tak, že v prípade, že mapový zdroj danú dlaždicu nemá a je to v rozsahu priblíženia daného mapového zdroja, vráti prázdnu (priehľadnú dlaždicu). Inak vráti, tak ako doteraz, neexistujúcu dlaždicu.

### 3.3.2 Zobrazovanie leteckých informácií

Letecké informácie sme skúšali pridať priamo do mapy pomocou Mapbox studia, cez systém Tilesets [10]. Problém s týmto riešením bol ale ten, že letecké informácie treba približne každý mesiac meniť. To by pri takomto riešení znamenalo ručne nahrať súbor do Mapbox studia a potom upraviť všetky mapy, ktoré tento zdroj obsahujú.

Počas vývoja aplikácie sme tiež skúšali generovať letecké informácie na mapu dynamicky. To znamená, že po spustení aplikácie sme z geojson súboru, ktorý popisujeme v časti 3.1.2, postupne pridávali všetky priestory a body na mapu. Samotné načítavanie súboru síce mohlo prebiehať asynchrónne, ale pridávanie objektov do mapy sa muselo diať v hlavnom vlákne (kvôli obmedzeniam od Mapbox SDK). Toto pridávanie na mapu trvalo neprípustne dlho (aplikácia bola pri štarte približne 20s neresponzívna), a preto sme museli nájsť iné riešenie.

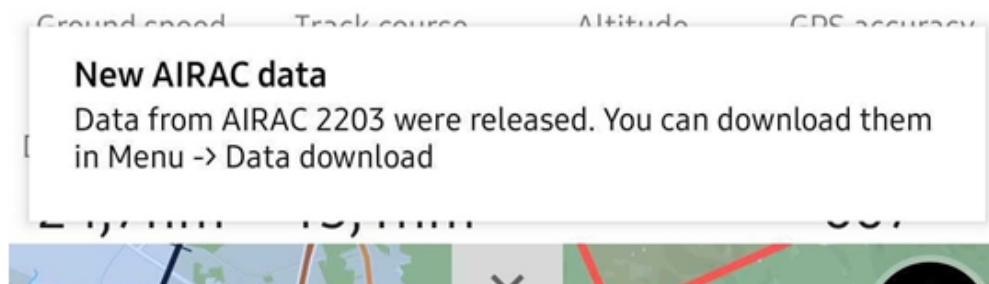
Keďže zobrazovanie na mapu sa nemôže diať asynchrónne, potrebovali sme ho nejako zrýchliť. Riešenie, ktoré sme nakoniec vymysleli je také, že tieto informácie sú ukladané ako vektorové mapové zdroje lokálne, spôsobom ktoré opisujeme v časti 3.3.1.

Výsledné riešenie teda nakoniec vyzerá nasledovne: dáta sú v zariadení uložené v dvoch verziách, tak ako sme to opisovali v časti 3.1.2. Verzia s podrobnými dátami je načítavaná asynchrónne, a sú z nej získavané informácie v prípade, že chceme zistiť podrobné informácie o nejakom objekte, alebo ak hľadáme objekt podľa textu. Verzia určená na zobrazovanie na mape je vo formáte `mbtiles`, a je zobrazovaná pomocou lokálneho servera, tak ako sme opisovali v časti 3.3.1.

### 3.3.3 Notifikovanie o novej verzii leteckých dát

Ako budeme opisovať v časti 4, jeden z výsledkov testovania bola potreba notifikovať používateľa o novej verzii leteckých dát.

Tieto notifikácie sme najprv chceli realizovať pomocou *Firestore In-app-messaging*, kde notifikácia v aplikácii upozorní používateľa na novú sadu leteckých dát, napríklad tak, ako môžeme vidieť na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Notifikácia v aplikácii o novej sade leteckých dát

Problémom tohoto riešenia bolo, že sme nevedeli jednoducho nezobrazovať notifikácie používateľom, ktorí si už dáta stiahli.

Z tohoto dôvodu je táto funkcionálna nakoniec naimplementovaná pomocou Firebase Remote Config. Na strane Firebase servera je uložené posledné číslo publikovanej verzie (AIRAC číslo) leteckých dát. Rovnako je v aplikácii uložené posledné číslo stiahnutej verzie leteckých dát. V prípade, že publikujeme novú verziu leteckých dát, tak zmeníme túto verziu vo Firebase Remote Config. Následne, po spustení aplikácie (ak je používateľ online) aplikácia zistí, že stiahnutá verzia leteckých dát sa líši od publikovanej, a vyzve používateľa k jej stiahnutiu. Pri stiahnutí sa aktualizuje číslo poslednej stiahnutej verzie leteckých dát v aplikácii.

### 3.3.4 Zobrazovanie výškových informácií

Spôsobom opisovaným v časti 3.3.1 to znamená, že v zariadení je uložený `mbtiles` súbor, a existuje vlastný mapový zdroj, ktorý sa pripája na lokálny server, sú zobrazované aj výškové informácie.

Tieto dáta sa na rozdiel od leteckých dát neaktualizujú pravidelne. Vytváranie týchto dát je opísané v časti 3.2.

### 3.3.5 Mapové štýly

Pomocou Mapbox studia sme vytvorili vlastné mapové štýly, ktoré zodpovedajú tomu, ako má vyzeráť letecká topografická mapa, teda že je na nej výrazný rozdiel medzi zalesneným a nezalesneným územím, sú výrazne viditeľné názvy miest, cesty a železnice.

Ako sme už opisovali v časti 2.1, zobrazujeme 3 druhy máp. Letecká topografická mapa a satelitná mapa sú poskytované Mapboxom, takže sú aj odtiaľ sťahované, pomocou knižníc v Mapbox SDK.

Mapy od OpenFlight maps sú sťahované priamo zo stránok OpenFlight Maps ako `mbtiles` súbor. Mapy sú pri sťahovaní ukladané lokálne a sú zobrazované rovnako ako letecké informácie a výškové dáta, teda pomocou lokálneho servera opísaného v časti 3.3.1.

# Kapitola 4

## Testovanie

### 4.1 Testovanie používateľmi

Prvé verzie aplikácie boli už počas vývoja testované autorom aplikácie. Následne bola aplikácia v priebehu apríla testovaná dvomi pilotmi, ktorí ju používali približne jeden mesiac.

Počas testovania bol súčasťou aplikácie nástroj *Firebase Crashlytics* [3], ktoré v prípade pádu aplikácie zaznamenávali chybu ktorú aplikácia vrátila a aj stack trace.

Testovanie odhalilo niekoľko chýb, ktoré boli väčšinou spôsobené prácou s dátami, keďže niektoré dáta chýbali, alebo nespĺňali očakávaný formát. Preto sme do zobrazovania a parsovania dát pridali overovanie, či dáta spĺňajú očakávaný formát, a ošetrili prípadné chybové stavy.

Z testovania aplikácie tiež vyplynulo aj to, že na malých priblíženiach mapy bolo viditeľných veľmi veľa bodov, textov k nim a priestorov. Týchto objektov bolo tak veľa, že sa prekrývali, a miestami prakticky nebola viditeľná podkladová mapa. Problém bol ten, že vrstva s počasím je pod vrstvou s leteckými dátami. V prípade, že si chcel používateľ pozrieť počasie na malých priblíženiach, aby získal komplexný prehľad o vývoji počasia, tak práve vtedy bola vrstva s počasím takmer celá prekrytá vrstvou s leteckými dátami.

Rozhodli sme sa teda, že šírka čiary ohraničujúca priestory, rovnako ako ikonky označujúce body sa budú so zmenšujúcim priblížením tiež zmenšovať. Zároveň, text pri bodoch od nejakej úrovne priblíženia zmizne.

Používanie aplikácie tiež odhalilo potrebu mať nejaký spôsob notifikácií o novej sade leteckých dát, ktorá bola spracovaná, a je prístupná na stiahnutie používateľmi. Je to z dôvodu, aby si používateľ nemusel sám kontrolovať, že kedy boli dáta naposledy aktualizované. Zvažovali sme, že tieto dáta budú aktualizované automaticky, ale objem dát bol na to príliš veľký (približne 40MB). Výsledný spôsob implementácie týchto upozornení sme opisovali v časti 3.3.3.

Ďalšia funkcionálnosť, o ktorej sme získali spätnú väzbu bolo zobrazovanie aktuálnej polohy používateľa. Pôvodne polohu na mape označovala ikonka lietadla, a táto ikonka rotovala podľa toho, ako bolo otočené zariadenie na ktorom aplikácia bežala. Takéto riešenie sme zvolili preto, lebo vstavané navigácie, ktoré majú presný kompas, takto vedú indikovať smer resp. silu bočného vetra. Toto je ale veľmi máťúce v prípade ak mobil nie je rovnobežne z lietadlom, ale je len niekde položený, alebo je napríklad držaný v ruke. Na základe tejto spätnej väzby sme do menu aplikácie pridali možnosť, či je ikonka lietadla rotovaná podľa smeru, ktorým je otočený mobil, alebo podľa smeru, ktorým sa pohybuje používateľ.

Okrem spomínaných vecí sme ešte dostali spätnú väzbu na správanie aplikácie v niektorých prípadoch. Jednou z požiadaviek bolo, aby bola predĺžená os dráhy letiska zobrazovaná vždy, keď je letisko jeden z bodov cez ktorý vedie aktuálna trasa.

Ďalšou pripomienkou, a funkčnosťou, ktorú sme dlho ladili, boli podmienky, kedy aplikácia začne navigovať k ďalšej časti trasy. Tu sme skúšali viac podmienok, za ktorých to nastane. Skúšali sme napríklad zisťovať vzdialenosť k aktuálnej a budúcej časti trasy, a v prípade, že je používateľ bližšie k nasledujúcej časti ako k predchádzajúcej, tak začneme navigovať k ďalšej časti trasy. Táto podmienka zlyháva v prípade, ak nasledujúca časť trasy vedie popri aktuálnej. Výslednú podmienku sme už opísali v časti 2.2. Keďže si myslíme, že každá podmienka má nejaké situácie kedy nebude fungovať spoľahlivo, tak sme do aplikácie pridali možnosť vybrať si aktuálnu časť trasy, kde prebieha navigácia.

Aby sme ale nespomínali iba nedostatky, ktoré testovanie odhalilo, spomeňme aj niekoľko pozitívnych názorov. Bolo vyzdvihnuté množstvo, najmä malých letísk, ktoré sú v aplikácii, a ktoré slúžia k dobrému situačnému prehľadu, keďže sú to plochy, kde je možné vykonať bezpečnostné pristátie. Bola tiež vyzdvihnutá jednoduchosť a intuitívnosť aplikácie na používanie.

## 4.2 Automatizované testovanie

Aplikácia bola tiež testovaná pomocou *Firestore Test Lab* [4], čo je automatizované testovanie, kde s aplikáciou interaguje automatický crawler, ktorý zaznamenáva kde crawler klikol, čo tam napísal a podobne. Aplikáciu je možné testovať na rôznych zariadeniach, podobne ako v emulátore v Android Studiu. Takéto testovanie vie byť buď úplne automatické, alebo vie prebiehať podľa postupu, ktorý je vývojárom zaznamenaný dopredu, pomocou Android Studia.

Výsledkov z každého testovania je veľa, a zahŕňajú napríklad prípadné nájdené chyby, snímky obrazovky z testovania, graf akým spôsobom sa crawler presúval po aplikácii, alebo rôzne varovania ohľadom prístupnosti aplikácie (napríklad veľkosti tla-

čidiel) [4].

Z tohoto testovania vyplynulo niekoľko zmien rozložení prvkov aplikácie a niekoľko zmien veľkostí tlačidiel pre tablety a pre mobily s veľkými obrazovkami.





# Záver

Na záver už len odporúčania k samotnej kapitole Záver v bakalárskej práci podľa smernice [?]: „V závere je potrebné v stručnosti zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom. Rozsah záveru je minimálne dve strany. Záver ako kapitola sa nečísluje.“

Všimnite si správne písanie slovenských úvodzoviek okolo predchádzajúceho citátu, ktoré sme dosiahli príkazmi `\glqq` a `\grqq`.

V infromatických prácach niekedy býva záver kratší ako dve strany, ale stále by to mal byť rozumne dlhý text, v rozsahu aspoň jednej strany. Okrem dosiahnutých cieľov sa zvyknú rozoberať aj otvorené problémy a námety na ďalšiu prácu v oblasti.

Abstrakt, úvod a záver práce obsahujú podobné informácie. Abstrakt je kratší text, ktorý má pomôcť čitateľovi sa rozhodnúť, či vôbec prácu chce čítať. Úvod má umožniť zorientovať sa v práci skôr než ju začne čítať a záver sumarizuje najdôležitejšie veci po tom, ako prácu prečítal, môže sa teda viac zamerať na detaily a využívať pojmy zavedené v práci.



# Literatúra

- [1] Cloud Storage for Firebase. [Citované 2022-05-05] Dostupné z <https://firebase.google.com/docs/storage>.
- [2] elevation. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://pypi.org/project/elevation/>.
- [3] Firebase Crashlytics. [Citované 2022-05-07] Dostupné z <https://firebase.google.com/docs/crashlytics>.
- [4] Firebase Test Lab. [Citované 2022-04-20] Dostupné z <https://firebase.google.com/docs/test-lab>.
- [5] Fly is Fun, User Guide. [Citované 2021-12-25] Dostupné z <https://www.funair.cz/downloads/manuals/flyisfun.pdf>.
- [6] MBTilesServer. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://gist.github.com/typebrook/7d25be326f0e9afd58e0bbc333d2a175>.
- [7] OpenStreetMap Wiki. [Citované 2022-05-07] Dostupné z [https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main\\_Page](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page).
- [8] RainViewer. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://www.rainviewer.com/sources.html>.
- [9] SkyDemon Flight-Planning and Navigation User Guide. [Citované 2021-12-25] Dostupné z <https://www.skydemon.aero/help/manual.pdf>.
- [10] Tilesets. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://studio.mapbox.com/tilesets/>.
- [11] *FAA-H-8083-18, Flight Navigator Handbook*. United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 2011.
- [12] The Lincoln Motor Company. The new cartographers.

- [13] Dynon Avionics, Inc. Dynon SkyView, Pilot's User Guide, rev. AD. [Citované 2021-12-25] Dostupné z [https://www.dynonavionics.com/includes/guides/SkyView\\_Classic\\_Touch\\_Pilots\\_User\\_Guide-Rev\\_AD\\_v16.pdf](https://www.dynonavionics.com/includes/guides/SkyView_Classic_Touch_Pilots_User_Guide-Rev_AD_v16.pdf).
- [14] Eurocontrol. ARINC424 Specification. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://web.archive.org/web/20160426072854/http://www.eurocontrol.int/articles/arinc424-specification>.
- [15] Eurocontrol. EAD Application Portal. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://www.ead.eurocontrol.int/cms-eadbasic/opencms/en/home/>.
- [16] ForeFlight. Pilot's Guide to Foreflight mobile. [Citované 2022-04-03] Dostupné z <https://cloudfront.foreflight.com/docs/ff/13.10/v13.10-foreflightmobilepilotguideoptimized.pdf>.
- [17] Garmin Ltd. or its subsidiaries. Garmin G3X Touch, Pilot's Guide, rev. S. [Citované 2021-12-24] Dostupné z [https://static.garmin.com/pumac/190-01754-00\\_s.pdf](https://static.garmin.com/pumac/190-01754-00_s.pdf).
- [18] Garmin Ltd. or its subsidiaries. Garmin Pilot for Android, rev. W. [Citované 2021-12-24] Dostupné z [https://static.garmin.com/pumac/190-01532-00\\_w.pdf](https://static.garmin.com/pumac/190-01532-00_w.pdf).
- [19] Garmin Ltd. or its subsidiaries. Garmin Pilot for iOS, rev. AH. [Citované 2021-12-24] Dostupné z [https://static.garmin.com/pumac/190-01501-00\\_ah.pdf](https://static.garmin.com/pumac/190-01501-00_ah.pdf).
- [20] Google. Google Maps Platform. [Citované 2021-12-25] Dostupné z <https://developers.google.com/maps>.
- [21] M. Grotz, K. Grotz, and L. Keller. *Učebnice pilota, Letecká navigace*. Svět křídel, 2013.
- [22] Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Shuttle Radar Topography Mission. [Citované 2021-01-03] Dostupné z <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.
- [23] Mapbox. Mapbox Documentation. [Citované 2021-12-25] Dostupné z <https://docs.mapbox.com/>.
- [24] Mapbox. MBTiles Specification. [Citované 2022-05-05] Dostupné z <https://github.com/mapbox/mbtiles-spec>.
- [25] MapBox. tippecanoe. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://github.com/mapbox/tippecanoe>.

- [26] Naviter d.o.o. SeeYoy CUP file format description. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <http://download.naviter.com/docs/CUP-file-format-description.pdf>.
- [27] open flightmaps association. About, A short introduction to the open flightmaps Association or OFMA. [Citované 2021-12-21] Dostupné z <https://www.openflightmaps.org/about/>.
- [28] OpenAIP. OpenAIP - Core API. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://docs.openaip.net/>.
- [29] openAIP. openAIP - Worldwide aviation database. [Citované 2021-12-21] Dostupné z <https://www.openaip.net/>.
- [30] OpenFlight Maps. OFMX wiki. [Citované 2022-04-17] Dostupné z <https://gitlab.com/openflightmaps/ofmx/-/wikis/home#ofmx-xml>.
- [31] osmdroid. osmdroid wiki. [Citované 2021-12-25] Dostupné z <https://github.com/osmdroid/osmdroid/wiki>.
- [32] P. Willits, M. Abbott, and L. Kailey. *Private Pilot Manual*. Jeppesen Sanderson, Inc, 2004.



# Príloha A: obsah elektronickej prílohy

V elektronickej prílohe priloženej k práci sa nachádza zdrojový kód Android aplikácie. Nachádzajú sa tu tiež Python skripty na spracovanie dát, vrátane skriptov na sťahovanie leteckých dát.