

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

Fakulta informatiky a statistiky

Katedra informačních technologií



Studijní program: Aplikovaná informatika

Obor: Aplikovaná Informatika

GPS a navigační aplikace

Student: Václav Kouba

Vedoucí: Ing. Ladislav Luc

Oponent: Ing. Jakub Novotný, Ph.D.

Praha 2017

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze které jsem čerpal.

V Praze dne

Podpis:

Václav Kouba

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Ladislavu Lucovi za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a vstřícnost při konzultacích.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na GPS a navigační aplikace. První část práce zahrnuje teoretický podklad pro seznámení čtenáře s GPS technologií, jejím vývojem, veličinami a odvětvími užití. V současnosti jsou využívány vestavěné navigace a navigační aplikace v chytrých telefonech odděleně, ale pomalu dochází k propojení. V druhé části jsou nynější GPS navigační aplikace analyzovány a srovnány na základě stanovených kritérií a je zde zkoumáno, zda jsou navigační aplikace v chytrých telefonech schopné nahradit vestavěné řešení u BMW X5. Aplikace jsou srovnávány na základě funkcí každé z nich.

Cílem této práce je každou aplikaci analyzovat a porovnat dle stanovených kritérií a dospět k závěru, která aplikace je vhodnou náhradou za vestavěné řešení, která bude postačovat do příchodu kombinovaného řešení se synchronizací mezi vestavěnou navigací a navigační aplikací.

Klíčová slova

GPS, navigace, družice, systém, poloha, souřadnice

Abstract

This bachelor thesis is focused on GPS and navigation applications. The first part of the thesis consists of theoretical basics to familiarize the reader with GPS, its development, areas of use. Currently, built in navigation devices and navigation applications in smartphones are used separately, but nowadays its to be connected together. In the second part today's GPS navigation applications are analyzed and compared based on the selected criteria and it is verified if the navigation applications for smartphones can replace the built in solution of BMW X5. The applications are compared based on their functions.

The aim of this thesis is to analyze each of the selected applications and compare them based on the selected criteria and choose the best replacement for the built in solution until there are combined solutions available with synchronization between the built in navigation system and a navigation application.

Keywords

GPS, navigation, satellite, systém, location, coordinates

Úvod

Vzhledem k intenzivnímu užívání GPS rostou způsoby užití v jednotlivých odvětvích a možnosti užití dalších nových GPS zařízení, kromě užití v armádním sektoru se velmi rozmohl i sektor civilní. GPS dnes usnadňuje orientaci člověka, a tudíž již není nutné využívat klasické tištěné mapy. Velký rozmach zažil i díky GPS internet věcí, kde vznikají automatizovaná zařízení schopné se orientovat díky GPS. Zájem o technologii GPS stále více projevují nejen jednotlivci, ale například společnosti a vlády různých států. Stále více se GPS stává součástí běžného života, jelikož se objevují nové a nové možnosti využití od nástrojů ke zvýšení komfortu až po bezpečnostní prvky. Vývoj GPS je úzce spjat s vědou a výzkumem a umožňuje znatelně rychlejší růst a expanzi.

Dnes se stále více objevují nové příležitosti a vynalézají se nové možnosti, ne všechny jsou ale dokončeny a zavedeny do provozu nebo na trh pro širokou veřejnost. Častým důvodem je armádní utajení, opatrnost či legislativní překážky. Úspěšně dokončené projekty jsou však mezi lidmi rozšířené a jsou velmi ceněny. Vždy za nimi nemusí stát nadnárodní společnost, ale zpravidla také jednotlivci s visionářským nápadem.

Cíle

Cílem této práce je rozebrat technologii GPS a její využití v několika odvětvích. Cílem praktické části je vybrat nejvhodnější navigační aplikaci pro chytré telefony schopnou zastoupit či nahradit vestavěnou navigaci od výrobce. Vestavěné navigace a navigační aplikace jsou užívány jako alternativy. Cílem práce je ověřit, která z vybraných mobilních aplikací splní kritéria nahrazení. Konkrétně budou navigační aplikace porovnávány s vestavěnou navigací ve vozidle BMW X5 a bude určena adekvátní náhrada.

Práce je rozdělena na dvě části. V první části bude čtenář seznámen s GPS technologií, vývojem a užitím. Druhá část se věnuje využití v oblasti automobilového průmyslu, kde je mnoho způsobů využití od automatického řízení pomocí navigace až po systém zamezení kolizi s dalším vozidlem. Dále zde budou rozebrány GPS navigační aplikace schopné nahradit integrované navigace v automobilech.

1 Pojem Globální polohový systém (GPS)

GPS je globální systém pro určování polohy přijímače kdekoli na Zemi. S jeho pomocí lze určit polohu s přesností na jednotky metrů a čas s přesností na jednotky nanosekund. Přesnost určení polohy s GPS lze s použitím dalších metod ještě zvýšit až na jednotky centimetrů. Část služeb tohoto systému s omezenou přesností je volně k dispozici i civilním uživatelům. [1]

Polohou se rozumí určení souřadnic severní či jižní šířky a východní či západní délky, ale zároveň i určení nadmořské výšky. Systém je tedy schopen určení polohy v třírozměrném prostoru, a to s velkou přesností. Dříve byla přesnost záměrně zkreslována z důvodu obav z teroristických útoků, ale dnes je tato služba již vypnuta, a tak se systém z pohledu běžného uživatele stal přesnějším. [1]

Systém funguje na principu výpočtu vzdálenosti mezi uživatelem na povrchu Země a družicemi pohybujícími se na oběžné dráze ve výšce přibližně 20 tisíc kilometrů. GPS se skládá celkem z 24 aktivních družic. V praxi je ale možné využití na kterémkoli místě na Zemi pouze dvanácti družic, a to z důvodu, že zbylých dvanáct družic se v daný okamžik nachází na druhé straně Země. Pro výpočet polohy zároveň s výškou je zapotřebí signál minimálně ze čtyř družic, pro výpočet pouze polohy postačí signál minimálně ze tří. Čím více se použije přijímačů, tím se zvyšuje i produktivita práce proti triangulaci dvakrát až pětkrát. [1]

Služba nachází v posledních letech uplatnění v mnoha oborech lidské činnosti. Samozřejmostí je určení polohy plavidel, letadel či pozemních dopravních prostředků, orientace v neznámých odlehlých oblastech v případě turistiky a expedic do vysokých hor, ale také například sledování zásilek, vyhledávání kradených automobilů či zaměřování pozemků zemědělství a zeměměřičství. [1]

2 Historie

První úvahy o vybudování systému GPS se datují do 50. let 20. století. Systém byl vyvinut americkými vzdušnými silami a námořnictvem. Vývoj začal koncem padesátých let s rozmachem úspěšného systému TRANSIT. Systém jako takový byl velmi úspěšný, ale neumožňoval stálý a nepřetržitý monitoring polohy. Tato skutečnost vedla k vývoji dokonalejšího systému. Stanovisko Ministerstva obrany Spojených států ze dne 17. dubna 1973 rozhodlo, že se vzdušné síly staly orgánem zodpovědným za sloučení výzkumných programů metod družicové navigace Timation a 621B do jediného výzkumného programu GPS-NAVSTAR. Pro řízení vývojového programu byla vytvořena programová skupina JPO (Joint Program Office) a kosmické divize velitelství vzdušných sil Spojených států (US Air Force Systems Command, Space Systems Division, Navstar GPS Joint Program Office) se sídlem na letecké základně v Los Angeles. [2]

JPO se skládá ze zástupců:

- letectva,
- armády,
- námořnictva,
- pobřežní stráže,
- námořní pěchoty (US Marine Corps),
- obranné kartografické agentury (Defense Mapping Agency) států NATO a Austrálie.

V prosinci roku 1973 byl JPO udělen souhlas se zahájením prací na programu GPS-NAVSTAR. Práce byly rozděleny do tří hlavních fází. [2]

Fáze I (1973-1979)

V první fázi byla vytvořena a ověřena koncepce systému a vypsáno výběrové řízení na jednotlivé komponenty systému (družice, přijímače, testovací polygon, řídicí střediska). Došlo již k vypuštění prvních dvou družic NTS (Navigation Technology Satellites). Pohybovaly se na nižších oběžných drahách a prováděly testy jednotlivých subsystémů projektu. První družice byla vyrobena společností Rockwell a vypuštěna v únoru 1978. V prosinci již byly k dispozici celkem 4 družice, což umožňovalo určovat polohu po omezenou dobu a jen na vyhrazeném testovacím polygonu v Arizoně (Yuma Proving Ground). Družice vypuštěné v první fázi se

označují jako družice bloku I – NDS. Vypuštěno bylo celkem 11 družic a s některými již bylo dosaženo počátečního provozního stavu systému IOC (Initial Operational Capability). Životnost družice byla odhadována na 3 roky, ale některé sloužily i deset let. [2]

Fáze II (1979-1985)

Druhá fáze se zaměřila na vybudování řídicích a monitorovacích středisek. V prosinci 1980 byl firmě Rockwell zadán vývoj 28 družic bloku II. Pro vývoj armádního uživatelského zařízení byly vybrány firmy Magnavox, Rockwell-Collins, Texas Instrument a Teledyne. V závěrečných etapách této fáze byl vývoj přijímačů svěřen firmám Rockwell-Collins a Magnavox. Prototypy přijímačů byly testovány na polygonu Yuma a při námořním použití. [2]

Fáze III (1985-1994)

Třetí fáze byla zahájena vypuštěním první družice bloku II v únoru 1989. Družice bloku II nahrazovaly a doplňovaly systém na plánovaný stav. Trojrozměrné určování polohy v jakémkoli místě na Zemi nepřetržitě 24 hodin denně bylo možné od počátku roku 1993. Družice 10-28 vypuštěné v mezi lety 1990 a 1997 nesly označení blok IIA. Tyto družice mají navíc zvýšenou paměť a schopnost pracovat v nepřetržitém provozu 180 dní bez nutnosti odesílat data do řídicího střediska v případě například války a zničení řídicího centra. Životnost bloku II (resp. IIA) byla plánována na 7,5 roku. V současné době je v činnosti 26 družic bloku II (IIA) a nejstarší byla vypuštěna 14.2.1989. V červnu 1989 byl s firmou General Electric uzavřen kontrakt na konstrukci a výrobu 20 družic bloku IIR (Replacement or Replenishment Operational Satellites). První start byl neúspěšný, ale další po půl roce se již povedl. Družice byla v provozu od ledna 1998. Výhody těchto družic spočívají ve vzájemné komunikaci mezi družicemi, které si navzájem sdělují polohu. Tato skutečnost umožňuje rychlé odhalení chybné polohy družice. Odhadovaná životnost byla 10 let. Po vypuštění třicáté družice bylo dosaženo počátečního operačního stavu systému IOC. Systém disponuje 24 družicemi poskytujícími službu SPS (Standard Positioning Service) a předpokládané změny jsou oznamovány 48 hodin předem. V březnu 1994 bylo v provozu 24 družic bloku II a systém byl uveden do provozu. [2]

Plného operačního stavu FOC (Full Operational Capability) bylo dosaženo 27.4.1995 po důkladném testování systému. [2]

3 Současnost

Dnes je GPS jediný systém satelitní navigace v provozu. Je to vcelku logické, jelikož vstup do tohoto odvětví je velmi nákladný a vybudování systému si vyžádalo desítky miliard dolarů a bez mála 40 let vývoje. Náklady na provoz činí 400 miliónů dolarů, které pocházejí z rozpočtu ministerstva obrany Spojených států. I přes tyto překážky vstupu do odvětví vznikají další dva podobné systémy schopné GPS spíše doplnit než mu přímo konkurovat, a to evropský Galileo, který dosáhne plné operační pohotovosti v roce 2019, a ruský Glonass, který plného stavu dosáhl v roce 2011. V případě systému Galileo je možné pro příjem signálů využít přijímač GPS, jelikož jsou oba systémy spolu kompatibilní. [3][4][5]

I když jsou oba vyvíjené systémy na výborné úrovni, tak náskok, který má systém GPS, již pravděpodobně nikdy nedoženou, a tudíž nedosáhnou plné konkurenceschopnosti v pravém slova smyslu. [4]

Významným okamžikem pro systém GPS bylo datum podepsání smlouvy mezi U.S. Air Force a firmou Lockheed Martin v hodnotě asi 50 miliónů dolarů dne 27.12.2006. Ve smlouvě tehdy šlo o vyhotovení posudku na návrh nového segmentu zvaného BLOK III. Ten by měl zaručit celému systému větší odolnost proti rušení signálu, větší přesnost a spolehlivost. První start družic z bloku III byl plánován již na rok 2014, ale zpoždění tento projekt odsunulo až na jaro 2018. [6]

Je jasné, že zájem vyspělých států o vlastní systém satelitní navigace je obrovský. Hlavní roli zde jistě hrají účely vojenské, ale nelze dnes již přehlédnout potenciál těchto zařízení ve sféře komerční. Nárůst uživatelů GPS ve vyspělých státech je značný, a tak se může v budoucnosti stát, že přijímače signálu globální navigace budou v mnoha rozličných podobách lukrativním odvětvím elektrotechnického průmyslu. [2]

3.1 Internet věcí a GPS

Téměř každý řidič používá GPS vestavěnou v automobilu nebo v chytrém telefonu, ale s rostoucí popularitou IoT je stále více zařízení připojeno k internetu a k GPS funkcím. U některých zařízení je to zcela nečekané, ale dává to smysl ve chvíli, kdy o nich uživatelé začnou přemýšlet.

Hlavním smyslem užití IoT v automobilech je možnost propojení lokalizace s dalšími službami. Například pokud dojde palivo v nádrži, bude uživatel informován o nejbližších čerpacích stanicích a bude k jedné z nich naveden pomocí GPS. Dalším příkladem může být taxi služba. Pokud si uživatel objedná taxi, lze již dnes tento vůz sledovat a není nutné tak čekat na smluveném místě s větším předstihem. Uživatel může vůz sledovat v reálném čase.

V dnešní době se pomalu začínají objevovat koncepty budoucího řešení navigace do vozidel pomocí IoT. Za jedno z takových budoucích řešení je považováno zavedení synchronizačního systému, který by zajišťoval nepřetržitou synchronizaci GPS navigace a GPS navigační aplikace v chytrém telefonu, tzv. připojená GPS (Connected GPS). Automobil by disponoval navigací GPS a mobilní aplikace by zajišťovala pomocí synchronizace další informace, jako například informace o volných parkovacích místech. Jedním z prvních krůčků je řešení od Sygic, jež umožňuje spojení chytrého telefonu s vestavěnou navigací s tím, že majoritní část vykonává chytrý telefon. Jedná se zatím o první krok k dosažení konečného cíle a na jistě zajímavé finální řešení si uživatelé ještě léta počkají.

Nicméně tato technologie je stále na počátku a před jejím příchodem se budou dále používat vestavěné navigační systémy nebo aplikace v chytrém telefonu. V praktické části této práce bude provedeno srovnání, zda je lepší do doby, než přijde ono kombinované synchronizační řešení využívat vestavěné navigace ve voze nebo navigační aplikaci v chytrém telefonu.

4 Struktura GPS

4.1 Radiové signály GPS

Komunikace s družicí probíhá pomocí signálů, které se skládají z nosné vlny, dálkoměrného kódu a zprávy. Družice využívají pro komunikaci dvou nosných frekvencí označovaných jako L1 a L2. Frekvence označovaná jako L1 (frekvence 1575,42 MHz) vysílá dva dálkoměrné kódy, a to tzv. přesný kód P (angl. Precision), který se po zašifrování pro vojenské účely označuje jako kód Y, a hrubý/dostupný C/A kód (angl. Coarse/Acquisition), který není šifrován a využívá jej většina běžných GPS přijímačů zejména pro civilní užití. Na frekvenci L2 (frekvence 1227,60 MHz) je vysílán kód P (i s jeho šifrovanou variantou kódem Y), který je využíván pokročilejšími přijímači. [7]

Pokud se uživatel chystá určit polohu přijímače, je klíčové mít k dispozici přesnou polohu vysílající družice v okamžiku vysílání dálkoměrného kódu. Družice sama zcela automaticky vysílá tuto informaci ve zprávě. Lze ji tedy ze zprávy dopočítat. [7]

4.2 Segmenty

GPS se dělí na tři hlavní segmenty. Jsou to: kosmický segment (Space Segment, SS), řídicí segment (Control Segment, CS) a uživatelský segment (User Segment, US). [3]

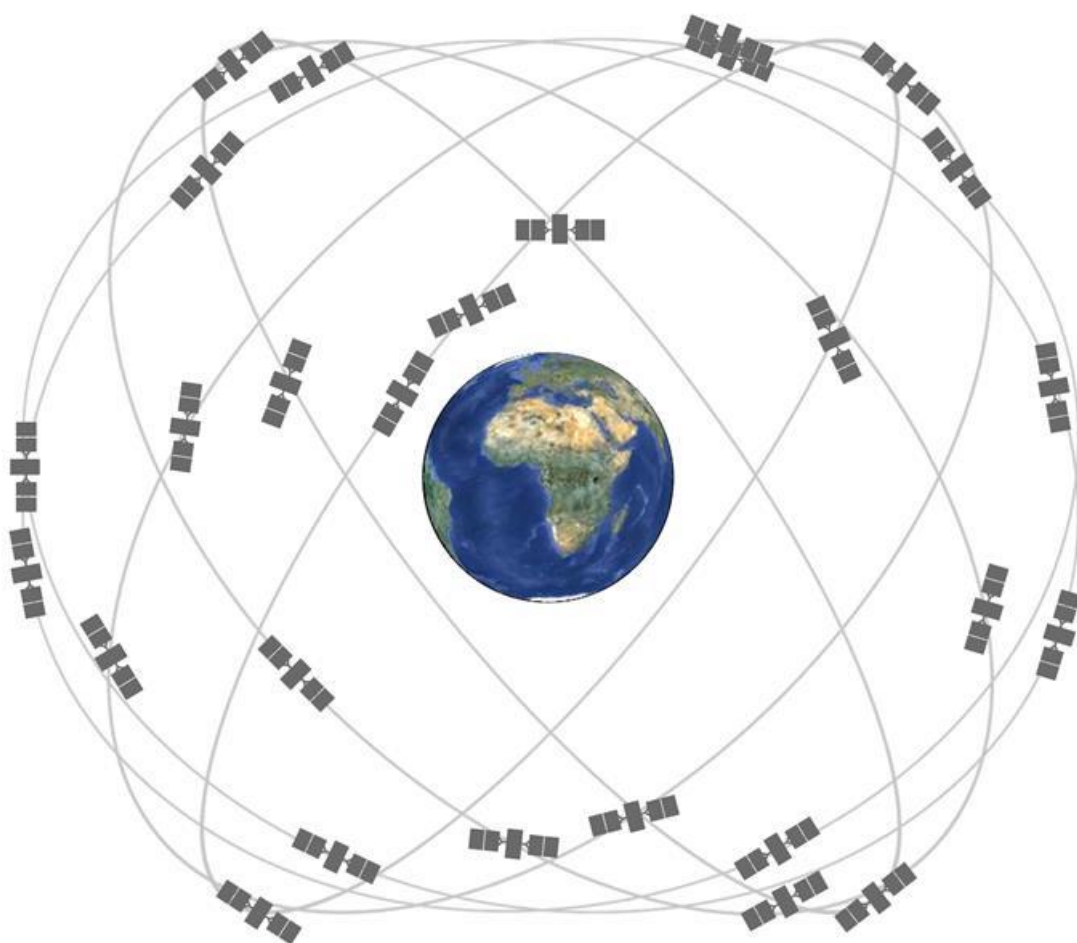
Kosmický segment

Kosmický segment se skládá z GPS družic (v angličtině s označením Space Vehicles, SV). 24 družic je rovnoměrně rozmístěno v šesti oběžných rovinách. Oběžné roviny jsou centrické vzhledem k Zemi. Roviny mají přibližně sklon k rovníku 55° a jsou k sobě posunuty o 60° podél rovníku (posunutí rektascenze výstupních uzlů). [3]

Družice obíhají ve výšce přibližně 20 000 kilometrů a každá družice oběhne svou dráhu dvakrát za hvězdný den, takže přeletí nad stejným místem na Zemi

jednou za den (oběžná doba je rovna 11 h a 58 min, to znamená, že pozorovatel na Zemi uvidí družici vycházet (pohybuje se stále po stejné trajektorii vždy o 4 minuty dříve). Oběžné dráhy jsou navrženy tak, že alespoň šest družic je vždy viditelných téměř z kteréhokoli místa na Zemi. [3]

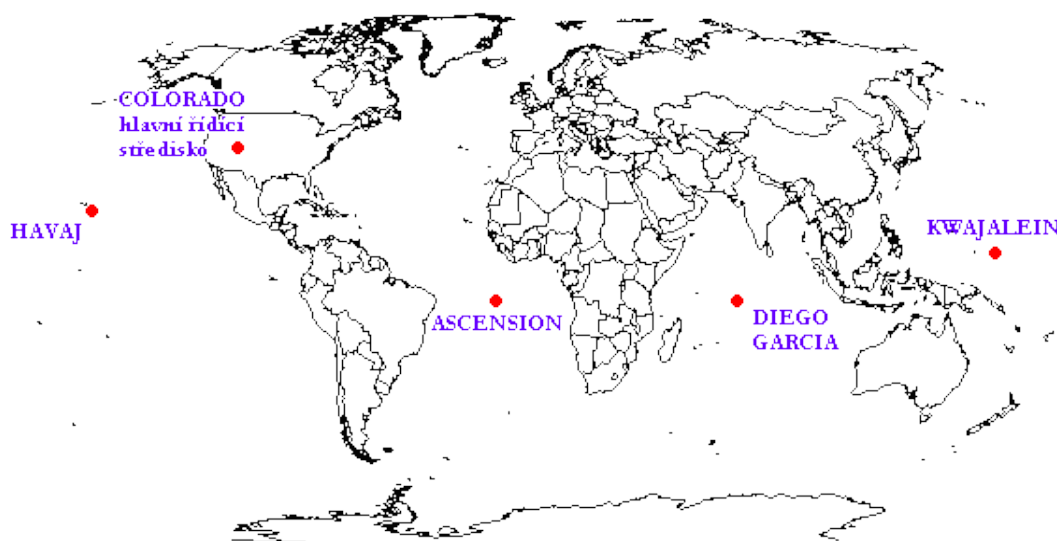
K lednu 2007 bylo v GPS konstelaci 29 aktivně vysílajících GPS družic. Doplnkové "extra" družice vylepšují přesnost výpočtů GPS přijímačů, protože poskytují nadbytečná měření. Díky nadbytečnému počtu družic se rozestavení celé konstelace změnilo na nesouměrné, nicméně když několik družic selže, systém zůstává plně funkční (to se týká hlavně spolehlivosti a dostupnosti). [3]



Obrázek 4-1 Kosmický segment (Zdroj: <http://fyzika.jreichl.com/data/dejiny/pristroje/gps/image010.jpg>)

Řídící segment

Dráhy letu GPS družic jsou sledovány monitorovacími stanicemi v těchto lokalitách: Havajské ostrovy, Kwajalein, Ascension, Diego Garcia a Colorado Springs, Colorado. Sledovací data (tracking information) jsou posílány do hlavní řídicí stanice, která se nachází na Letecké základně Schriever (Schriever Air Force Base) v Colorado Springs, Colorado. Základna je pod velením Leteckých Sil Spojených Států, jmenovitě je spravována Druhou "Vesmírnou řídicí" skupinou (2nd space Operations Squadron, 2nd SOPS). 2nd SOPS pravidelně posílá každé GPS družici aktualizaci navigačních dat (využívá přitom pozemní antény, které jsou součástí zařízení stanic Ascension, Diego Garcia, Kwajalein a Colorado Springs). Tyto aktualizace synchronizují družicové atomové hodiny s přesností do jedné mikrosekundy a upravují družicové efemeridy, které jsou posléze vysílány družicí. Aktualizace jsou vytvořeny pomocí Kalmanova filtru, který využívá data od pozemních monitorovacích stanic, informace o "vesmírném počasí" a další různé zdroje dat. [3]



Obrázek 4-2 Řídící segment (Zdroj: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02/svet.gif)

Uživatelský segment

GPS přijímače uživatelů tvoří uživatelský segment GPS. GPS přijímače se obecně skládají z antény (která je "naladěna" na frekvence vysílané družicemi), procesoru přijímače a vysoce stabilních hodin (často s pasivní elektronickou součástí zvanou krystal). Také mohou být vybaveny displejem, na kterém se uživateli mohou zobrazit údaje o jeho poloze a rychlosti. U GPS přijímače se často uvádí počet kanálů, které značí počet družic, od kterých je přijímač najednou schopen přijímat signály. Původně se jednalo o 4 až 5 kanálů, ale v současné době se tento počet zvýšil na standardních 12 až 20 kanálů. Součástí GPS přijímačů mohou také být zařízení pro příjem diferenciálních korekcí nebo také zařízení pro přenos dat do PC nebo jiných zařízení (např. bluetooth). [3]

4.3 Porovnání s Galileo

Galileo je globální družicový navigační systém, který je vyvíjen státy Evropské unie jako společná iniciativa Evropské komise a Evropské kosmické agentury. Zahájení prací se datuje k 19. 7. 1999 a termínem uvedení systému do plně funkčního provozu by měl být rok 2019 s tím, že kompletní počet třiceti družic (27 provozních a 3 aktivních náhradních) se očekává k roku 2020. Evropský navigační systém by neměl přímo konkurovat americkému GPS, ani ruskému Glonassu, ale měl by oba systémy doplňovat. Již od počátku se s Galileo počítá jako se systémem pro výhradně civilní užití, na rozdíl od zatím jediného funkčního systému GPS. Celkové náklady na dokončení systému jsou odhadovány na 6,9 miliardy EUR. Kompletní systém bude obsahovat 30 družic obíhajících Zemi po třech kruhových drahách ve výšce cca 23 500 km. Rovina každé oběžné dráhy bude svírat s rovinou rovníku úhel 56°. Velký počet satelitů umožní zaměření polohy s přesností jednoho metru a zároveň zajistí velkou spolehlivost celého systému. [4]



Obrázek 4-3 Galileo (Zdroj: http://1gr.cz/fotky/idnes/16/053/cl6/PKA637ac5_30_satellite_galileo_constellation.jpg)

Galileo se dělí na dva hlavní segmenty. Jsou to: kosmický segment (Space Segment, SS) a pozemní segment (Ground Segment, GS). [4]

Kosmický segment

Systém má být tvořen 30 operačními družicemi (27+3) obíhajícími ve výšce přibližně 23 222 km nad povrchem Země po drahách se sklonem 56° k zemskému rovníku ve třech rovinách, vzájemně vůči sobě posunutých o 120° . Každá dráha bude mít 9 pozic pro družice a 1 pozici jako zálohu, aby systém mohl být při selhání družice rychle doplněn na plný počet. [4]

Pozemní segment

V roce 2004 bylo založeno administrativní centrum Galileo Supervising Authority (GSA) v Bruselu a technologické centrum Galileo Control Centre (GCC) v Oberpfaffenhofenu u německého Mnichova. Pro vývoj technologií bylo využito centra European Space Research and Technology Centre (ESTEC) ESA v holandském Noordwijk.[4]

V roce 2010 bylo rozhodnuto, že administrativní sídlo GSA bude v Praze. Nové sídlo v budově v Holešovicích na předpolí Hlávkova mostu bylo uvedeno do provozu v roce 2012. [4]

4.3.1 Služby

Systém Galileo bude mít pět hlavních služeb:

OS – Open Service (základní služba) - Tato služba bude bezplatně k dispozici všem uživatelům s vhodným vybavením; jednoduché načasování a určování polohy s přesností na 1 metr.

SoL – Safety of Life Service (bezpečnostní služba) - Otevřená služba; pro aplikace, kde je nezbytná zaručená přesnost. Služba bude garantovat poskytnutí informace uživateli při selhání systému do 6 sekund kdekoli na světě.

CS – Commercial Service (komerční služba) - bude poskytovat jakousi nadstavbu k základním službám. To bude znamenat vyšší přesnost, ale i více využitelných informací. Uplatnění najde u soukromých firem a společností, které používají globální navigační systém ke své podnikatelské činnosti. Služba bude zpoplatněna.

PRS – Public Regulated Service (veřejně regulovaná služba) - bude poskytovat informace s nejvyšší možnou přesností a bude využívána v otázkách národní bezpečnosti a v krizových situacích. Přístup k PRS službám bude autorizovaný, signál kódovaný a odolný proti rušení.

SAR – Search and Rescue Service (vyhledávací a záchranná služba) - bude sloužit pro záchranné účely a bude v něm možno vysílat nouzové signály. [4]

5 Veličiny systému GPS

5.1 Přesnost

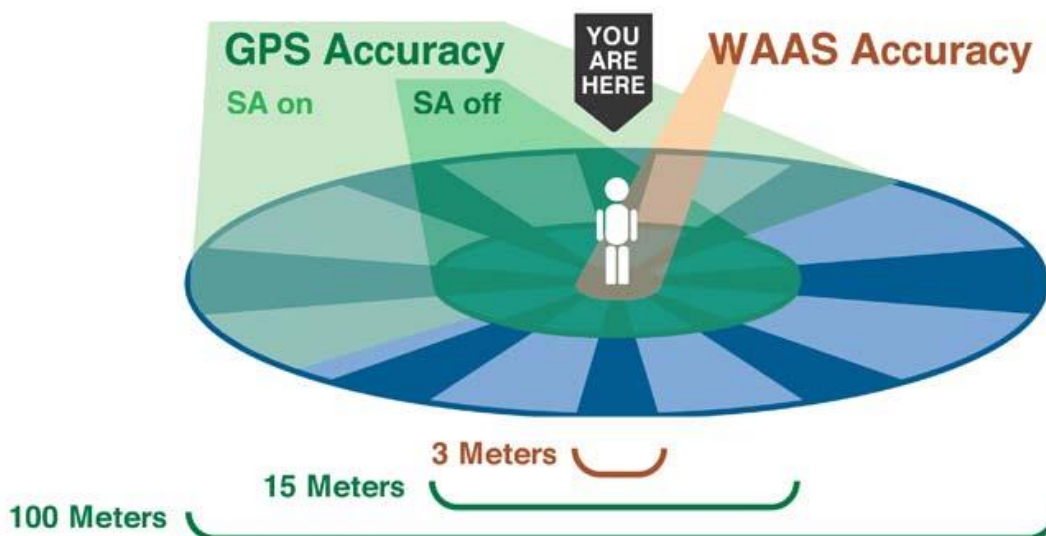
Přesnost znamená, jak přesně dokáže systém GPS určit polohu konkrétního bodu na Zemi. Konkrétní bod se tedy nachází v průsečíku kružnic, které jsou dány poloměry měřených vzdáleností. Pro dosažení vysoké přesnosti platí, čím více viditelných družic se použije, tím bude určení polohy přesnější. Systém je navržen tak, aby bylo v daném okamžiku z daného místa viditelných alespoň 8 družic. [9]

5.2 Standarty přesnosti a její zvýšení

Standarty přesnosti jsou stanoveny jako požadavky ve Federálním radionavigačním plánu. Existují dvě základní složky, a to standartní polohový systém (SPS) a přesný polohový systém (PPS). Standartní polohový systém je určen pro využití všemi uživateli bez výjimky a bez poplatků. Parametry standartní přesnosti jsou definovány jako horizontální přesnost do 13 m, vertikální přesnost do 22 m a přesnost času do 40 nanosekund. Přesný polohový systém je na rozdíl od standartního určen pouze vládním a armádním složkám Spojených států. Před udělením povolení užívat tuto složku je uživatel podroben přísnému schvalovacímu řízení, kde hlavním účelem je prověřit bezpečnost zájmů Spojených států. V poslední dekádě se navigační přístroje dočkaly obrovského pokroku a zároveň systému pomohlo rozhodnutí vlády Spojených států o zrušení prvku záměrného zkreslování stanovení polohy, rychlosti a času v civilním segmentu. Přesnost zaměření signálu se tak výrazně zvýšila z dřívějších 100m na dnešních 7-10m. Výšková přesnost zaměření u běžných turistických přístrojů GPS se pohybuje kolem 15-20 m, přijímače vybavené barometrickým výškoměrem jsou schopny udávat výšku s přesností kolem 2,5 m [1]

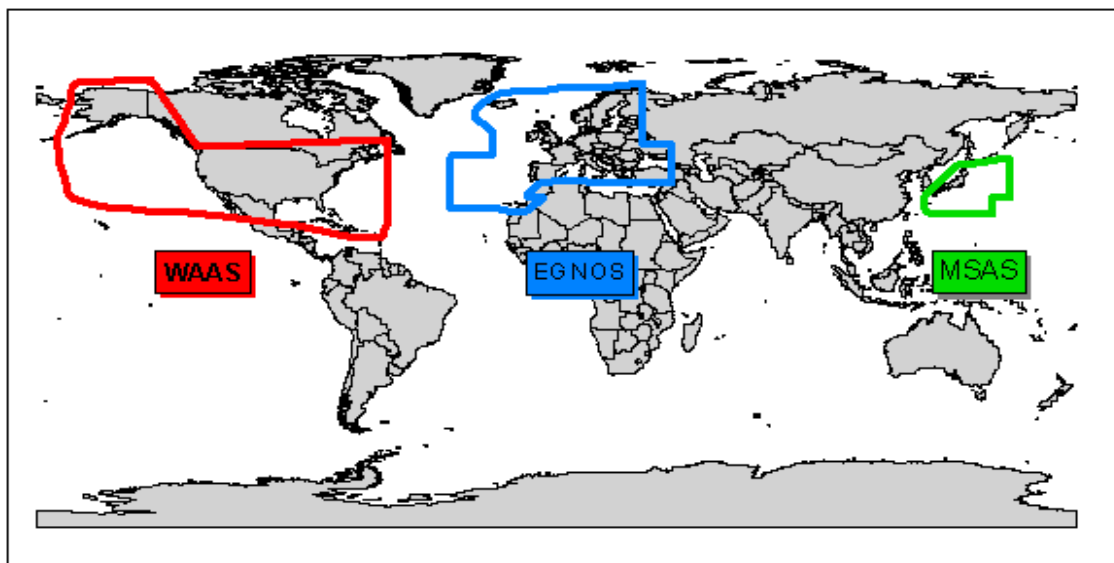
Přesnost lze na některých částech světa zvýšit, a to díky systémům satelitní diferenční GPS (SDGPS nebo jen DGPS), které pokrývají určitou část území. Pomocí těchto systémů lze zvýšit přesnost běžného GPS přijímače, který je při dobrém rozložení satelitů a nezastíněném prostoru okolo 7-10m na přesnost 1-3m. Podmínkou je však dostupnost signálu GPS na daném území a kompatibilní přijímač

s metodami satelitní diferenční GPS. Tuto podmínku splňuje drtivá většina dnešních přijímačů včetně mobilních telefonů. [1]



Obrázek 5-1 Přesnost (zdroj: <https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/66908e34-a5c0-495f-b6e9-b8a9bb598f9f.jpg>)

Systémy satelitní diferenční GPS je příliš obecný název a zahrnuje lokální systémy jako například americký WAAS, evropský EGNOS a japonský MSAS. WAAS je americký systém, který je ze všech tří uvedených nejstarší, jeho vývoj začal už v roce 1994. Tento systém pokrývá primárně pevninu amerických kontinentů, východ Tichomořského oceánu společně se souostrovím Hawai a malou část západního Atlantiku. V Evropě se tento systém nazývá EGNOS, systému WAAS je velice podobný. Jeho vývoj začal sice o několik let později, ale od roku 2009 je plně funkční. Na rozdíl od systému WAAS pokrývá Evropský kontinent, část Atlantského oceánu a Středozemní moře. MSAS je japonský systém zpřesňování polohy. Pokrývá oblast od Indického oceánu po západní Tichomoří a jeho hlavním zaměřením je navigace v letecké dopravě. [9][10][11]



Obrázek 5-2 Pokrytí systémy WAAS, EGNOS a MSAS (zdroj: http://www.environmental-studies.de/a_PR_3.gif)

5.3 Elementy ovlivňující přesnost

Vlivů na výslednou přesnost určení polohy jsou desítky. Níže jsou uvedeny nejběžnější z nich.

Konfigurace družic nad místem pozorování

Pro bezproblémové určení polohy jsou nezbytné alespoň 4 viditelné družice. Čím více družic, tím přesnější a rychlejší je určení polohy. To je důležité zejména pro fázová měření, kdy může výpadek signálu způsobit velké nepřesnosti v měření. Důležitá je také konfigurace družic nad místem pozorovatele, kdy dostatek družic ale nízko nad obzorem nevede k přesným výsledkům. Ideální je umístění jedné přímo nad pozorovatelem a další 20 stupňů nad obzorem. [8]

Vliv atmosféry

Jedno z největších omezení přesnosti systému plyne z průchodu signálu atmosférou (zejména ionosférou (chyba až 30 m) a troposférou (chyba až 3 m)). Vliv troposféry se dá vhodně matematicky odstranit a vliv ionosféry se v případě fázových měření odstraňuje měřením na dvou frekvencích. Běžný uživatel navigačního přístroje neudělá s chybami nic, prostě jsou, ale navigační zpráva obsahuje data o aktuálním stavu ionosféry a při výpočtu tak dochází k jisté eliminaci. [8]

Stav družic systému

V navigační zprávě, která putuje spolu se signálem od každé družice, je vysílána zpráva o tom, zda je možné družici zahrnout do výpočtu nebo ne, typický příklad je údržba družic, korekce drah či testování, kdy družice neposkytuje kvalitní data a přijímač družici z výpočtu vyloučí. [8]

Vícecestné šíření signálu

Signál putující do přijímače se cestou odrazí od jiných překážek a transitní čas je pak zkreslen, a to se nejvíce projevuje u družic letících nízko nad horizontem a velmi špatně se tato chyba detekuje. [8]

Kvalita parametrů vysílaných z družic

Družice vysílá v rámci signálu informace o svých parametrech (efemeridy) a jejich kvalita může významně ovlivnit přesnost určení polohy, tyto parametry nelze nijak ovlivnit. [8]

Typ přijímače

V zásadě lze rozlišit mezi přijímači pro kódová nebo fázová měření. Druhá skupina je cenově mnohem dražší než první a využívá se zejména pro geodetické práce, první skupinou jsou pak klasické ruční navigační přístroje. [8]

Šum signálu

Družice obíhají na drahách 20 200 km nad rovníkem a signál putující do přijímače je tedy velmi slabý a je snadno rušen. Typický příklad šumu je v prostředí zarostlém vegetací či při nízké poloze družice nad horizontem. [8]

Chyba hodin

Družice GPS jsou vybaveny vysoce přesnými hodinami, přesto v rámci efemerid jsou vysílány i opravy těchto hodin – přijímače mají hodiny o několik řádů méně přesné, a proto se jako čtvrtá neznámá při určení polohy zavádí právě chyba hodin přijímače. [8]

5.4 Vertikální přesnost

V zásadě jde o nadmořskou výšku, která je vypočítána ze souřadnic systému WGS-84 (World Geodetic System 1984). Výpočet se vztahuje k ploše Země jako referenčnímu elipsoidu, proto jeho výšku označujeme jako výšku nad elipsoidem, nikoliv jako nadmořskou výšku. U systému GPS nás ale zajímá právě nadmořská výška nad geoidem. Jelikož se geoid z důvodu rozložení hmoty zemského tělesa od elipsoidu odchyluje, je nutné pro přepočty zjistit výšku geoidu nad elipsoidem. Současné GPS přijímače či mapové programy řeší tyto převody automaticky, tudíž nezatěžují uživatele. Stejně jako nelze u běžných turistických nebo výkonnějších navigačních přijímačů určit polohu naprosto přesně, nelze určit ani výškovou přesnost bez chyby. Ta se pohybuje v rozmezí přibližně 15 až 40 metrů, u přijímačů, které jsou vybaveny barometrickým výškoměrem, lze po kalibraci dosáhnout výšky s přesností 1 až 2 metry. [12]

5.5 Digitální mapa

Digitální mapy jsou číslicové databáze, které se dají na počítačovém zařízení vykreslit a zobrazit na displeji jako mapy. Základním způsobem, jak vytvořit digitální mapu, je oskenovat mapu tištěnou. [18]

Digitální mapy jsou velmi rozsáhlé soubory dat (řádově desítky až tisíce MB), které se zpočátku daly ukládat jen na velké servery a využívaly se jen ke konstrukci tištěných map. S rozvojem komunikačních prostředků se odtud vyvolávaly do jednotlivých aplikací. Nejen současné počítače, ale i přenosná komunikační zařízení (mobilní telefony, přenosná orientační zařízení atd.) však umožňují i stažení celé mapy např. určitého státu či oblasti, takže uživatel pak není závislý na internetovém připojení. [18]

Pro běžné vyhledávání se přesto používají služby s velikými servery, které dovolují podrobné zobrazení téměř každého místa ve státě nebo na celé Zemi. Služba bývá doplněna o různé druhy map (základní, turistická, satelitní, historická atd.) a bývá uspořádána do mnoha vrstev, které si uživatel může vyvolat nebo i vytvořit. Mobilní zařízení, která se používají pro navigaci a hledání cesty v terénu, pracují se systémy družicové navigace a s digitální mapou obvykle uloženou v přístroji. Jako doplňkové služby často nabízejí i údaje o nadmořské výšce, časový odhad cesty, spotřeby pohonných hmot aj. [18]

V GPS nacházejí užití mapy rastrové a vektorové. Rastrová mapa má uložené všechny informace v jedné vrstvě a nelze ji přiblížit na měřítko menší než 1:1. Dalším nedostatkem je, že na těchto mapách nelze zapsat ani zvýraznit vybrané prvky, o kterých bychom se dozvěděli nějaké ty informace navíc – atributy (jako je například nadmořská výška turistické chaty nebo otevírací doba restauračního zařízení), nebo tyto prvky zkrátka vypnout. Vektorová mapa prvky zobrazuje ve vrstvách, které tvoří body, linie nebo uzavřené geometrické tvary – polygony. Lze je přibližovat do libovolného měřítka a uvedené geometrické tvary budou stále ostré a dobře čitelné. I přesto je jejich datová velikost menší než u rastrových map, jelikož kapacita objemu dat u GPS přístrojů není neomezená. Výhodou je i to, že v těchto mapách lze bez problémů ve vektorové síti silnic vyhledat vhodnou cestu, oproti mapám rastrovým, které jsou pouze obrázky se souřadnicemi. [19]

5.6 Souřadnicové systémy

Tvar planety Země není pravidelný a je při využití souřadnicových systémů nahrazen matematicky definovatelnou referenční plochou. Je zde definována souřadnicová síť, která určí, jakým způsobem je tato plocha převedena do roviny a přitom zobrazena na mapě. V České republice se používají dva souřadnicové systémy, tedy dvě základní kartografická zobrazení. Systém S-42 (Souřadnicový systém - 1942), díky němuž je plocha Země, kterou představuje koule nebo elipsoid, vertikálně rozdělena na pásy. V případě, že si měřící plochu představíme jako válec nebo kužel, jehož plášť rovněž rozvineme, užijeme druhý český souřadnicový systém S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální). V systému GPS je používán souřadnicový systém WGS-84 (World Geodetic System 1984). Výsledkem zpracování pozorování GPS jsou karteziánské geocentrické souřadnice X, Y, Z určovaného bodu. Souřadnice ze systému WGS-84 je možné v případě potřeby převést do jiného kartografického zobrazení. [13] [14]

5.6.1 Dělení souřadnicových systémů

Zeměpisné souřadnice

Jsou udávány podle zeměpisné šířky a zeměpisné délky, udávají se v úhlových hodnotách. Zeměpisná šířka je rovníkem rozdělena na severní a jižní šířku, dosahuje hodnot 0° až 90° a její linie se nazývají rovnoběžky. Zeměpisná délka je rozdělena nultým poledníkem na východní a západní délku, dosahuje hodnot 0° až 180° a její linie se nazývají poledníky. Příkladem je souřadnicový systém WGS-84, jeho souřadnice se zapisují třemi způsoby, a to ve stupních a desetinách stupně (u GPS označeno jako hddd.ddddd°), ve stupních, minutách a desetinách stupně (hddd° mm.mmm'), ve stupních, minutách a sekundách a desetinách sekund (hddd° mm' ss.s'). [15]

Rovinné souřadnice

Udávají se pomocí dvou os X a Y, mezi kterými je pravý úhel. Nejčastěji se užívá popis oblasti mezi dvěma poledníky, tj. poledníkového pásu. Kladná osa X jde v případě poledníkového pásu na sever, kladná osa Y jde na východ. Poledníkové pásy jsou označeny pořadovým číslem 1, 2, 3, atd. a pro zjednodušení je každý od každého označen jako střední poledník a je zobrazeno území tohoto poledníku 3° na západ i 17° na východ. Příkladem je systém S-42. [17]

Polární souřadnice

Zapisují se pomocí úhlu a délky, souřadnicový systém má definovaný počátek a základní směr a od těchto se dále definují ostatní objekty na mapě. Užívá se k popisu pozice cíle od výchozího bodu (azimut a vzdálenost). Kromě uvedených typů souřadnic existují také tzv. waypointy, což jsou body, kterými jsou v navigačním zařízení GPS zobrazeny polohy objektů. Buď se jedná o polohu určitých objektů, jako jsou turistické chaty nebo nějaké naše oblíbené místo – bod, anebo místo zlomového bodu na trase, ve kterém se námi vytvořená trasa "lomí", tedy trasový bod. Spojením trasových bodů pak dohromady vznikne určená trasa. [16]

6 Odvětví užití a druhy přijímačů GPS

Dnes existuje mnoho odvětví GPS přijímačů a je tedy nutné dle plánovaného užití vybírat, jelikož pro některé druhy užití jsou nutné přístroje odolné a pro jiné zase velmi přesné. [20]

6.1 Turistika

Jedná se o největší odvětví užití od pěší turistiky, přes mototuristiku, až po automobilovou turistiku. V tomto odvětví je výběr GPS přijímačů největší a uživatel má možnost si vybrat dle svých preferencí a způsobu jakým hodlá cestovat. [20]

Pěší

V turistice jsou GPS přijímače využívány stále více. Důvodem je velké nebezpečí ztráty orientace zejména v odlehlých oblastech. Každoročně si tato lidská chyba vybere daň v podobě mnoha lidských životů. Uživatel klade největší důraz na hmotnost přístroje, výdrž baterií, voděodolnost a odolnost proti mechanickému poškození. Dále je to dostatečný počet kanálů (v dnešní době nejčastěji dvanáct), rozlišení displeje a dostupnost přesných digitálních map a aktualizací za přijatelné ceny. Pro pobyt ve vysokých horách je velkým přínosem, pokud je přístroj vybaven barometrickým výškoměrem, který je přesnější než výpočet nadmořské výšky pomocí GPS. Výhodou proti hojně využívanému barometru v hodinkách je to, že uživatel nemusí výškoměr neustále kalibrovat. GPS přijímač má svůj vlastní zdroj nadmořské výšky, který pro kalibraci plně dostačuje. Další výhodou je, pokud má přístroj vestavěný elektronický kompas. Ten funguje i v případě, že přijímač není v pohybu, ale je stejně jako klasický kompas citlivý na změny magnetického pole. Poslední a možná v mnohých případech i nejdůležitější vlastností dobrého outdoorového přijímače je citlivost. Jak už bylo uvedeno výše, GPS přijímač by měl mít přímou viditelnost na oblohu. Překážky mohou znemožnit užití přístroje. Signál z 20 000 km vzdálených satelitů je velmi slabý, a proto se musí na citlivost přijímače klást přiměřený důraz. Citlivost je definována zejména kvalitou antény a čipové sady. Antény jsou u různých přijímačů velmi podobné, čipové sady vykazují velké

rozdíly. Proto je při nákupu outdoorového přístroje užitečná informace o citlivosti čipové sady a při koupi by měl tento parametr hrát zásadní roli. [20]

Automobilová

Co se týče charakteristik jsou navigace do auta opakem outdoorových přijímačů. Na hmotnosti přijímače nezáleží, neboť auto uveze cokoli, zdroj energie je dostupný, a tak není potřeba věnovat pozornost prvkům jako baterie, odolnost proti povětrnostním vlivům a voděodolnost. Důležitým prvkem však je možnost hlasové navigace, neboť řidič, který nepřetržitě sleduje display přístroje a nesleduje cestu, je nebezpečný sobě i okolí. Nedílnou součástí dnešních GPS je obvykle funkce vyskytující se u vestavěných GPS navigací, a to přebrání údajů o rychlosti a směru jízdy přímo z auta (gyroskop, otáčky kol) v zastíněné oblasti, kde je signál příliš slabý. GPS navigaci do auta lze v současnosti pořídit ve dvou základních provedeních, a to vestavěném a přenosném. Oba typy mají své výhody a nevýhody. Vestavěná navigace má obvykle CD-ROM slot, přes který je možné pohodlné dohrávání podrobných map. Tato možnost je velmi užitečná, neboť při navigaci v autě je nutné používat podrobné mapy s rozlišením ulic. Systém vestavěných navigací také sleduje aktuální dopravní situaci a je podle ní schopen měnit trasu k cíli. Přenosná navigace sice neposkytuje takový komfort a funkce jako vestavěná, ale její nespornou výhodou je možnost používání ve více automobilech a zpravidla nižší pořizovací cena. [20]

6.1.1 Druhy turistických GPS přístrojů

Zpravidla dělíme GPS přijímače užívané v pěší turistice na tři druhy, a to:

- a) **Mapové** – Přístroje obsahují mapové podklady a lze s nimi tedy i pracovat. Přijímače umožňují především zobrazení aktuální polohy na mapě, právě díky mapám, které jsou v těchto přístrojích nahrané. Dále dovolují ukládat vlastní body (se souřadnicemi, názvem a symbolem), z těchto bodů pak vytvářet navigační trasu, prošlou trasu ukládat, promítat na mapě a navigovat po této trase zpět. Zároveň ukazují aktuální, průměrnou i maximální rychlost, přesný čas a datum, čas příchodu do cíle, reliéf trasy, převýšení terénu, počet viditelných družic a kvalitu signálu, východ i západ slunce. Lze zvolit např. nejrychlejší trasu, trasu pro pěší, cyklisty i motoristy.

Pro lepší orientaci v terénu, kde je špatný signál GPS, může být přijímač vybaven i elektronickým kompasem a pro zpřesnění výškových měření i barometrickým výškoměrem.

b) Nemapové – Přístroje neobsahují mapové podklady. Lze na displeji zobrazovat pouze body a linie, které byly vytvořeny uživatelem a proto jsou určeny pro ty, kteří tyto body a linie potřebují zaměřovat nebo zobrazovat jejich polohy bez ohledu na mapové podklady. Jsou levnější než mapové.

c) Ostatní – Tato kategorie se stává čím dál více oblíbenou, a to z důvodu, že dnešní mobilní telefony a tzv. smartphony mají již zcela standardně vestavěný i GPS modul a lze tedy lehce z mobilního telefonu udělat ruční mapovou GPS navigaci nebo i navigaci do automobilu. [20]

Dále dělíme na dva druhy i navigace automobilové, a to:

a) Vestavěné – Tato navigace je zpravidla umístěna na vrchní části palubové desky, nebrání ve výhledu řidiči, ve vozidle nepřekáží žádné propojovací kabely a v případě existence hlasové navigace je tato propojena přímo do reproduktorů automobilu. Dále je možno dokonalejší z přístrojů využívat i jako přehrávač nebo parkovací kameru. Nevýhodou je pak závislost na výrobcu vozidla při výběru přístroje a následné nahrávání jiného software a map, než je pro tyto dané navigace určen, není vůbec jednoduchou záležitostí.

b) Přenosné – Tento druh navigací si může uživatel vybrat zcela sám, bez ohledu na značku nebo typ vozidla, do kterého je určen. Záleží to pouze na preferencích. Lze ji bez problému využívat i v jiných vozidlech, na motorce či úplně mimo vozidlo při aktivitách jako je např. turistika (samozřejmě s přihlédnutím k tomu, proti jakým meteorologickým vlivům je přístroj odolný). K nevýhodám patří jistě způsob umístění ve vozidle, a to většinou přísavkovým držákem na čelní sklo, což byť i z malé míry ve výhledu řidiči vadí. Nehledě na to, že z tohoto přístroje většinou vede napájecí kabel do prostoru ovládacích prvků vozidla, který je nutný k napájení.

6.2 Armádní užití

Armádní GPS přijímače pracují na frekvencích a s daty, která nejsou dostupná v civilním sektoru. Zpravidla jsou tyto přijímače přesnější a mají i výhody, které zřejmě běžný uživatel nikdy nepozná. Toto odvětví je de facto pravým důvodem, proč GPS vzniklo a byly do jeho vývoje investovány miliardy dolarů. Zároveň toto odvětví přesahuje i do leteckého a námořního sektoru. [20]

Skupina vojenských GPS přístrojů je pro běžného uživatele takřka nedostupná. Rozdílem oproti užívání civilních GPS přístrojů je zpracovávání zakódovaných informací – P-kódu – což bylo popsáno v podkapitole Radiové signály GPS. [20]

6.3 Letectví

Letecké GPS přijímače se od ostatních odlišují užitím ve vysokých nadmořských výškách. Dále se od běžných outdoorových liší zejména cenou, která je zhruba o polovinu vyšší. Z toho důvodu mnoho sportovních letců např. při paraglidingu, balonovém létání či létání na ultralightech volí raději cenově dostupnější turistický GPS přijímač v kombinaci s leteckou mapou. Speciální letecký přístroj však nabízí uživateli některé nadstandartní funkce. Většina z nich dnes už obsahuje prvky Jeppesen databáze, což je databáze bodů významných z hlediska letového provozu. Může se jednat o letiště, zakázané zóny, zóny s omezeným leteckým provozem apod. Přístroj uživatele upozorní v případě přiblížení se k těmto bodům, a to vizuálně i akusticky. Je zřejmé, že se výskyt takových bodů s časem mění, a proto je důležité Jeppesen databázi pravidelně aktualizovat. Tato služba je bohužel zpoplatněna a ceny se pohybují řádově v tisíci korunách. U outdoorových GPS přijímačů byla jedním z hlavních kritérií výběru citlivost přijímače. U létání je však „výhled“ na oblohu ideální a uživatel se prakticky nemá šanci dostat do zastíněné oblasti. Zaměření polohy je tedy velmi přesné a vyhledávání družic trvá podstatně kratší dobu než na zemi. Používání GPS v letectví se dnes stalo již samozřejmostí a nutno podotknout, že přispělo obrovskou měrou ke zvýšení bezpečnosti. Pro sportovní letce je však i nadále naprostou nutností osvojení si všech dovedností s klasickým kompasem a mapou, neboť GPS není nic jiného než technické zařízení, které také může selhat, a ztráta orientace může být pro pilota osudnou. [20]

6.4 Námořnictví

V námořnictví jsou GPS podobné jako v ostatních odvětvích, jsou ale vybaveny prvky pro plavbu na moři v prostředí, kde nejsou žádné orientační body. Proto zde našla GPS navigace široké uplatnění a dnes je GPS přijímač součástí každého většího námořního plavidla. Stejně jako v automobilech se používají vestavěná a externí zařízení. Specialitou je kombinace přijímače se sonarem. Ten umožňuje zobrazení průběhu dna pod lodí a zároveň doplňuje běžné určení polohy o údaj o hloubce pod lodí. V kombinaci s kvalitním softwarem je pak možné mapování dna přehrad či nádrží nebo zaznamenání lokality nálezu velkých hejn ryb, podmořských vraků nebo třeba válečných pozůstatků ve formě nevybuchlé munice. Námořní GPS přijímače neboli tzv. plottery mají některé funkce, které jinde nenajdeme. Jsou to:

- a) **MOB – man over board (muž přes palubu)** – funkce umožňující okamžité zaznamenání polohy incidentu a možnost se na místo kdykoliv vrátit či poskytnout informaci o přesné poloze záchranářům;
- b) **Utržení kotvy** – přístroj spustí poplach v případě, že se jeho poloha vychýlí nežádoucím směrem. U této funkce je možné přesně nadefinovat okruh, ze kterého se loď (GPS přijímač) nesmí dostat;
- c) **Varovné body** – nadefinované waypointy, do kterých se loď nesmí dostat (např. mělčiny). Pokud se tak stane, systém spustí poplach.

Stejně jako u jiných GPS přijímačů jsou i námořní plottery mapové a nemapové. Ty nemapové mají často podobné funkce jako mapové, avšak bez možnosti zobrazení a dohrání map. Mapové přístroje analogicky tuto možnost mají, jen se liší ve způsobu dohrávání map do přístroje. Starší typy podporují dohrávání map ve formě speciálních karet, na kterých jsou mapy zaznamenány. Ty novější pak podporují přehrání mapy z CD-ROMU či PC a množství map v přístroji je tak omezeno pouze kapacitou datové karty. Všechny plottery jsou pak konstruovány na vysokou odolnost proti povětrnostním vlivům a slané vodě. [20]

7 Budoucnost

GPS navigace představuje v současné době hlavní nástroj pro určování polohy, navigace a času PNT (Positioning, Navigation and Timing). GPS je ale velice zranitelná a signál je možné rušit či přímo podvrhnout (tzv. spoofing). [21]

Praktické důsledky podvržení GPS signálu jsme mohli vidět např. v rámci tzv. "RQ-170 Sentinel incidentu", kdy byl dron provozovaný CIA přinucen přistát v Íránu. Podle deníku Christian Science Monitor Íránci vyrušili satelitní a pozemní spojení s dronem a podstrčili mu falešné GPS souřadnice. [21]

Na druhou stranu, podle Aviation Week není GPS hlavní navigační systém dronu RQ-170. Dron má v případě výpadku, rušení nebo chyby GPS ještě inerciální navigační systém INS (Inertial Navigation System). Důvodem je právě snadná vyrušitelnost GPS signálu. [21]

Ať byl důvod ztráty RQ-170 jakýkoliv, Pentagon si nepříjemnou závislost na současném satelitním navigačním systému uvědomuje. Vždyť i přesná letecká munice, jako je např. JDAM (Joint Direct Attack Munition), je vedena na cíl pomocí GPS signálu. [21]

V současné době Pentagon hledá v rámci programu Assured PNT nástroje ke zmenšení závislosti na GPS, resp. posílení důvěry v jeho signál. Vojáci se zaměří na následující oblasti: novou generaci navigačních satelitů, pasivní ochranu proti rušení, osobní atomové hodiny a inerciální navigační systémy. [21]

Zřejmě největším problémem je vylepšení kosmické složky. S vypuštěním třetí generace GPS satelitů se počítalo již v roce 2014, ale technické problémy způsobily odsunutí plánu až na rok 2017. [21]

Nové satelity kromě poskytování běžně dostupného signálu získají i schopnost přenášet zašifrovaný vojenský signál (tzv. M-code). Satelity pomocí M-code poskytnou mnohem bezpečnější, silnější vojenský signál, který je odolnější proti rušení nebo „spoofingu“. [21]

Pasivní ochrana proti rušení je postupně zakupována různými složkami amerických ozbrojených sil. Například Velitelství zvláštních operací letectva AFSOC (Air Force Special Operations Command) v současné době nakupuje od

společnosti Rockwell Collins osobní přijímač GPS signálu RSR (Remote Secure Receiver). Podle firmy Rockwell jde o „nejmenší, s nejnižší spotřebou energie, bezpečné, chráněné a důvěryhodné“ zařízení pro příjem GPS signálu. [21]

GPS se používá i pro určení času. Pro zajištění možnosti přesně určovat čas v oblastech, kde je signál GPS rušen nebo je z jiného důvodu nedostupný (interiéry budov, podzemní prostory atp.), se budou využívat osobní atomové hodiny. [21]

Pentagon například plánuje v budoucnu nakup miniaturních atomových hodin pro každého vojáka. Atomovými hodinami půjde vybavit každé vozidlo, ale i přesně řízená munice. Hodiny nejen poskytnou přesný čas, ale násobně také zlepší schopnost přesné a odolné navigace. [21]

Poslední složkou systému, který má přispět ke spolehlivosti GPS navigace, je inerciální navigační systém. Jde o navigační systém schopný určit rychlost pohybu ve třech dimenzích a zjistit tak ze známého výstupního bodu vlastní pozici. V budoucích INS budou hrát hlavní roli malé atomové hodiny a nejnovější generace gyroskopů nebo akcelerometrů. [21]

Tato teoretická část měla za úkol seznámit běžného čtenáře s GPS systémem jako takovým. V praktické části budou analyzovány vybrané GPS navigačních aplikací pro chytré telefony jako náhrada vestavěných navigací v automobilech. Konkrétně půjde o srovnání s vestavěnou GPS navigací ve vozidle BMW X5.

Praktická část

8 Analýza vybraných GPS navigačních aplikací

Tato část práce se zabývá samotnou analýzou vybraných GPS navigačních aplikací. V předchozí kapitole byl čtenář seznámen s internetem věcí od jeho historie a vývoje přes příklady oblastí užití k bezpečnosti. Jak vyplývá z názvu práce, praktická část se bude pohybovat zejména v oblasti automobilů, jelikož zde se dostává internet věcí do povědomí veřejnosti a běžného užívání nejčastěji.

Vzhledem k velkému množství konkurenčních výrobků budou porovnány funkce jednotlivých aplikací. Po přečtení práce by mělo být i běžnému čtenáři jasné, která aplikace splňuje kritéria lépe.

V další části této kapitoly budou vybrány navigační aplikace. Poté budou stanovena kritéria a bodové hodnocení. Stanovení kritérií proběhne na základě specifikací, funkcí a parametrů udávaných výrobcem. Jednotlivým kritériím bude přidělena váha na základě důležitosti pro bezproblémové užití běžného uživatele, pomocí vícekritériálního hodnocení variant za použití metody pořadí vah. Největší důraz bude kladen na kritérium funkcionality a přesnosti navigace. Dále se práce zaměří na hodnocení funkcí aplikací. Výsledkem bude 1 aplikace, která bude určena jako adekvátní náhrada vestavěné navigace. Pro účely testu bude použito vozidlo BMW X5.

Analýza proběhne na zařízení iPhone 7. Informace pro analýzu budou čerpány z komunitních diskuzí a různých anket.

Běžní uživatelé hledají způsoby, jak si zjednodušit cestování automobilem v prostředí kde to neznají, jelikož je pro mnohé finanční překážkou nákup nového automobilu s integrovanou navigací, využívají stále více možnost obohatit svůj vůz o nové funkce použitím chytrého telefonu, který je schopen v mnoha ohledech vestavěnou navigaci nahradit, které je schopno vykonávat některé funkce jako systémy plně integrované do nových modelů. GPS aplikace prošly celou řadou změn a nabízí stále nové služby a funkce. Mezi aplikacemi však mohou být značné rozdíly, jelikož každý výrobce se zaměřuje na jiné funkce.

8.1 Výběr GPS navigačních aplikací

Počet navigací samotných se stále zvyšuje. Nejlépe hodnocené se v diskuzích jeví aplikace Apple Maps, Google Maps, TomTom GO Mobile a Mapy.cz. Tyto 4 jsou nejčastěji používané, jelikož a první dvě jsou před-instalovány každá na své domovské platformě (Apple Maps na iOS a Google Maps na Android) a TomTom je navigace s dlouholetou tradicí, která existuje i jako externí zařízení. Poslední zástupce je ryze český, a tak bude, porovnáme se světovými aplikacemi. Všechny tyto aplikace jsou zcela zdarma a jedinou podmínkou je u většiny online datové připojení pro přenos dat.

8.2 Kritéria a způsob hodnocení

GPS navigační aplikace nabízejí mnoho funkcí od prostého navigování tak například i možnosti vyhledání nejbližší restaurace atd. Mnoho uživatelů si navigace velmi oblíbilo, jelikož již nemusejí hledat v mapách či se ptát na cestu a v nejhorším případě bloudit a zkoušet varianty trasy.

Analýza navigací bude probíhat na základě porovnávání funkcí navigačních aplikací. Bude určeno, zda vybrané funkce splňuje nebo nesplňuje.

8.2.1 Funkce

Porovnávání jednotlivých OBD aplikací i adaptérů samotných proběhne na základě součtu přidělených bodů z jednotlivých kritérií. Každá část bude ohodnocena symboly: **X** – aplikace daný bod nesplňuje, **✓** – aplikace daný bod splňuje).

Pro následující analýzu byla zvolena následující kritéria:

Zadání Cíle

V prvním kritériu bude posuzováno, jakými způsoby lze do navigace zadat cíl. Bude posuzováno, zda aplikace přijme hlasovou instrukci, dále jestli umožňuje zadání souřadnic, adresy či pokud uživateli stačí pouze obec zadáním směrovacího čísla. Dále bude prověřeno, zda aplikace umožní zadání cíle klepnutím prst na konkrétní místo na mapě bez zadání adresy a či názvu oblasti. Toto kritérium má váhu 30%.

Typ trasy

V tomto kritériu bude zkoumáno, zda aplikace umožňuje výběr ekonomicky nejvýhodnější trasy. Například trasy bez nutnosti využití dálnice či jiných placených úseků a možnosti výběru mezi nejkratší a nejrychlejší trasou. Zkoumána bude i možnost výběru způsobu přepravy. Dále bude zkoumáno, zda aplikace má aktuální informace o uzavírkách a kolonách. Toto kritérium má váhu 25%.

Navázání signálu při porušení

Zde bude ověřeno, zda aplikace umožní rychlé navázání signálu (do 15 sekund) po průjezdu odstíněným úsekem jako například tunel či hustě zastavěná oblast výškovými budovami bez nutnosti restartovat navádění či ručně synchronizovat. Dále bude zkoumáno, zda aplikace rychle určí polohu a bude pokračovat v navigaci (do 10 sekund). Toto kritérium má váhu 15%.

Off-line mapy

Toto kritérium prověří, zda aplikace poskytuje možnost stažení off-line map a možnost výběru map konkrétní země. Tato funkce je pro uživatele nezbytná

v oblastech, kde není možnost mapu do chytrého telefonu přenášet pomocí mobilní sítě. Toto kritérium má váhu 5%.

Doplňující informace

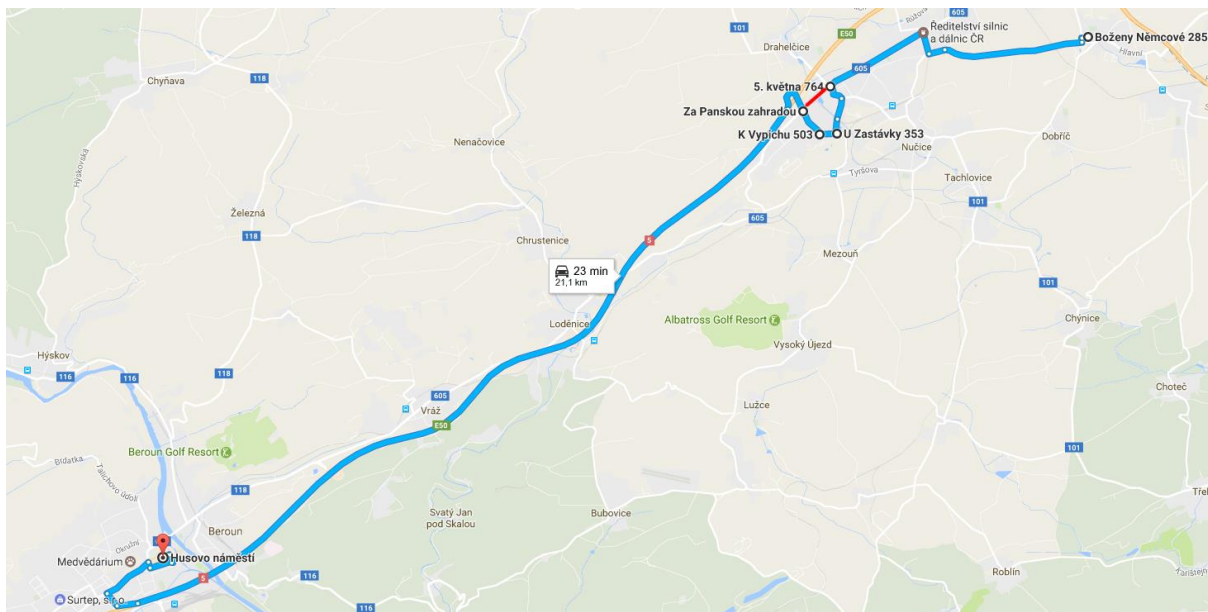
Zde, se bude hodnocení zabývat informacemi, které jsou zobrazeny uživateli. Mezi nejdůležitější informace patří: čas do příjezdu k cíli, čas příjezdu, vzdálenost k cíli, směr pohybu v aktuálním úseku a směr pohybu v následujícím (tzn. Aplikace, by měla ukázat, že nyní se pohybujeme přímo a další krok bude například odbočení vpravo). Další zkoumaným prvkem bude automatická orientace a vycentrování pohledu při pohybu vozidla. Toto kritérium má váhu 20%.

Spotřeba a další funkce

Posledním kritériem hodnocení bude, jestli aplikace výrazně zatěžuje baterii zařízení z hlediska spotřeby energie (méně než 15%) a jestli reaguje například na světelné podněty jako, například invertování barev displeje při průjezdu temným prostředím či jízdě v noci. Na toto kritérium připadá zbylých 5%.

8.2.2 Zkušební trasa

Zkušební trasa povede od bydliště autora z ulice Boženy Němcové v Jinočanech před obec Rudná a dále po dálnici do Husova náměstí ve městě Beroun. V obci Rudná je v době testu uzavřen most (na obrázku červeně) a je nutné místo objet skrze zástavbu. Jedním z kritérií je otestovat, zda aplikace bude mít o této uzavírcce povědomí. V době vypracování práce trvá uzavírka 12 dní.



Obrázek 7-0-1 - Přibližná zkušební trasa (zdroj: [https://www.google.cz/map])

8.2.3 Navigace BMW X5



Obrázek 7-0-2 - Navigace BMW (zdroj: [http://2-photos5.ebizautos.com/used-2014-bmw-x5-sdrive35i-10447-16227114-25-800.jpg])

Pro účely práce bude použita vestavěná navigace v BMW X5. Automobilka BMW dává možnost přidání navigace do auta jako nadstandardní výbavu. Konkrétně jde o Navigační systém CIC. Od předchozích generací proběhlo opět mnoho změn. Mezi ty hlavní patří podstatně vylepšená grafika a rozlišení obrazovky, vestavěný 80GB pevný disk na kterém jsou mapy a uživatel si na něj může uložit i svoje audio soubory (až 8GB). Pro nahrávání dat na disk jsou vozidla vybavena USB zásuvkou v odkládací schránce. Se systémem je dodáván nový ovladač s tlačítky pro rychlý pohyb v menu. Poprvé v historii je možné přehrávat video DVD přímo v navigační jednotce. [48]

Vzhledem k této navigaci budou hodnoceny navigace pro chytré telefony. Cílem této části je vybrat nejvhodnější náhradu v případě, že si uživatel na navigaci CIC nepřiplatí.

Kriteriální tabulka

Tabulka 7-1- Vyhodnocení navigace BMW (zdroj: [autor])

Zadání cíle	Zahrnuje
Hlasová instrukce	✓
Souřadnice	✓
Adresa	✓
Poštovní kód	✓
Klepnutí	X
Součet	4
Váha	30%
Výsledek	1,2

Typ trasy	Zahrnuje
Plánování trasy	✓
Placený/neplacený úsek	✓
Nejrychlejší/nejkratší	✓
Způsob přepravy	X
Uzavírky / kolony	✓
Součet	4
Váha	25%
Výsledek	1

Navázání signálu	Zahrnuje
Rychlé navázání	✓
Rychlé určení polohy	✓
Součet	2
Váha	15%
Výsledek	0,3

Off-line mapy	Zahrnuje
Stahování map	X
Výběr země	X
Součet	0
Váha	5%
Výsledek	0

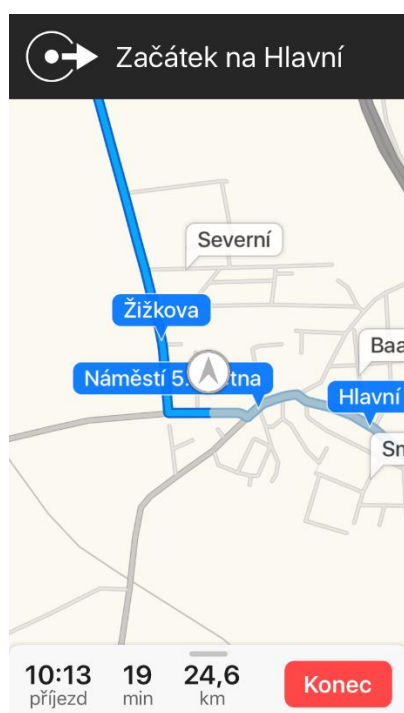
Doplňující informace	Zahrnuje
Čas do příjezdu	✓
Čas příjezdu	✓
Vzdálenost k cíli	✓
Směr pohybu	✓
Směr pohybu v dalším kroku	✓
Automatická orientace	✓
Vycentrování pohledu	✓
Součet	7
Váha	20%
Výsledek	1,4

Spotřeba a další funkce	Zahrnuje
Zátěž baterie (< 15%)	✓
Reakce na světelné podněty	✓
Součet	2
Váha	5%
Výsledek	0,1

Výsledek	4
----------	----------

Jak lze vidět navigace BMW je precizně zpracovaná a zahrnuje téměř všechny vybrané uživatelské funkce. Jediné funkce, které jí lze vytknout je, Klepnutí“, Způsob přepravy“, celá skupina off-line mapy a, Zátěž baterie “. Klepnutí nelze z důvodu, že panel v BMW X5 neumožňuje dotykové ovládání. Způsob přepravy, jak jistě napovídá rozum, nelze z důvodu, že se jedná o navigaci vestavěnou v osobním automobilu. Co se týče off-line map, tak automobilka dává možnost aktualizace map, ale nikoliv ze strany uživatele. Zátěž baterie nelze u automobilu ověřit, ale vzhledem ke kapacitě by se jednalo o desetiny procenta, a i tak e taková situace nejasná, protože spalovací motor baterii při jízdě dobijí. Kritérium uzavírky a kolony je v tomto případě nutné doplnit, navigace má informace o uzavírkách, ale nemá informace o krátkodobých kolonách, aplikace si je vědoma pouze dlouhodobějších kritických míst.

8.2.4 Apple Maps



Obrázek 7-0-3 - Navigace Apple Maps (zdroj: [aplikace])

Jedná se o standartní navigační aplikaci dodávanou jako součást operačního systému iOS na zařízeních iPhone a iPad od firmy Apple. Navigace se těší i přes počáteční problémy se špatným pojmenováním měst (v České republice navigace ukazovala názvy měst, jež byly ve 20. století změněny ať už z politických či jiných

důvodů). Nyní je navigace považována za spolehlivou a pravidelně aktualizována přímo firmou Apple. Aplikaci nelze použít na jiné platformě, než je domovská iOS.

Kriteriální tabulka

Tabulka 7-2 - Vyhodnocení navigace Apple Maps (zdroj: [autor])

Zadání cíle	Zahrnuje
Hlasová instrukce	✓
Souřadnice	✓
Adresa	✓
Poštovní kód	✓
Klepnutí	✓
Součet	5
Váha	30%
Výsledek	1,5

Typ trasy	Zahrnuje
Plánování trasy	✓
Placený/neplacený úsek	✓
Nejrychlejší/nejkratší	✓
Způsob přepravy	✓
Uzavírky / kolony	✓
Součet	5
Váha	25%
Výsledek	1,25

Navázání signálu	Zahrnuje
Rychlé navázání	✓
Rychlé určení polohy	✓
Součet	2
Váha	15%
Výsledek	0,3

Off-line mapy	Zahrnuje
Stažení map	X
Výběr země	X
Součet	0
Váha	5%
Výsledek	0

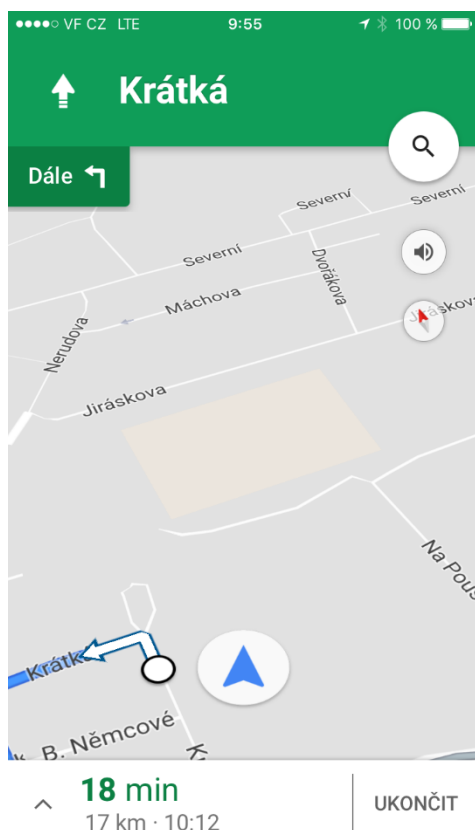
Doplňující informace	Zahrnuje
Čas do příjezdu	X
Čas příjezdu	✓
Vzdálenost k cíli	✓
Směr pohybu	✓
Směr pohybu v dalším kroku	X
Automatická orientace	✓
Vycentrování pohledu	✓
Součet	5
Váha	20%
Výsledek	1

Spotřeba a další funkce	Zahrnuje
Zátěž baterie (< 15%)	X
Reakce na světelné podněty	✓
Součet	1
Váha	5%
Výsledek	0,05

Výsledek	4,1
----------	------------

Apple Maps je výchozí navigační aplikace na platformě iOS přímo od společnosti Apple. Jedná se o velmi dobrou aplikaci bez kritických chyb. Zcela nepodporuje off-line mapy. Prvky, které se dají vytknout, jsou absence času do příjezdu, směr pohybu v dalším kroku a poněkud větší zátěž baterie.

8.2.5 Google Maps



Obrázek 7-0-4 - Navigace Google Maps (zdroj: [aplikace])

Google Maps je výchozí navigační aplikace na platformě Android vytvořenou společností Google. Jedná se o konkurenční aplikaci k Apple Maps. Jelikož Android je operační systém dodávaný na celou škálu zařízení, je zde kladen větší důraz na kompatibilitu s GPS hardware. To je hlavní rozdíl oproti Apple Maps, jelikož ty jsou vytvářeny na jeden typ hardware na jedné sérii zařízení od jediného výrobce. Aplikace je dostupná i pro platformu iOS.

Kriteriální tabulka

Tabulka 7-3 - Vyhodnocení navigace Google Maps (zdroj: [autor])

Zadání cíle	Zahrnuje
Hlasová instrukce	✓
Souřadnice	✓
Adresa	✓
Poštovní kód	✓
Klepnutí	✓
Součet	5
Váha	30%
Výsledek	1,5

Typ trasy	Zahrnuje
Plánování trasy	✓
Placený/neplacený úsek	✓
Nejrychlejší/nejkratší	✓
Způsob přepravy	✓
Uzavírky / kolony	✓
Součet	5
Váha	25%
Výsledek	1,25

Navázání signálu	Zahrnuje
Rychlé navázání	✓
Rychlé určení polohy	✓
Součet	2
Váha	15%
Výsledek	0,3

Off-line mapy	Zahrnuje
Stažení map	✓
Výběr země	✓
Součet	2
Váha	5%
Výsledek	0,1

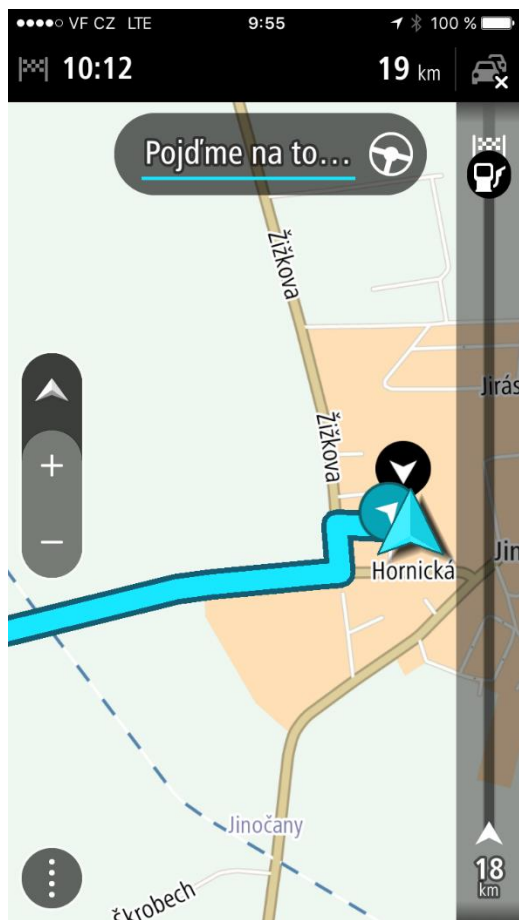
Doplňující informace	Zahrnuje
Čas do příjezdu	X
Čas příjezdu	✓
Vzdálenost k cíli	✓
Směr pohybu	✓
Směr pohybu v dalším kroku	X
Automatická orientace	✓
Vycentrování pohledu	✓
Součet	5
Váha	20%
Výsledek	1

Spotřeba a další funkce	Zahrnuje
Zátěž baterie (< 15%)	X
Reakce na světelné podněty	✓
Součet	1
Váha	5%
Výsledek	0,05

Výsledek	4,2
----------	------------

Pro prozkoumání vybraných kritérií lze prohlásit navigační aplikaci Google Maps za velice dobře zpracovanou. Jediné dvě funkce, za které nedostala aplikace body, jsou čas do příjezdu a směr pohybu v dalším kroku. Aplikace uživatele informuje pouze o času příjezdu, ale čas, který uplyne mezi tímto časem a aktuálním časem je třeba si dopočítat. Aplikace neukáže směr pohybu v dalším kroku.

8.2.6 TomTom GO Mobile



Obrázek 7-0-5 - Navigace TomTom GO Mobile (zdroj: [aplikace])

Zde se jedná o aplikaci od stejnojmenného nizozemského výrobce s dlouholetou tradicí. TomTom byl na poli GPS navigací znám již před příchodem moderních chytrých platforem jako je Android, iOS, a to díky svým externím navigacím do aut. TomTom je považován za prémiovou značku, jelikož se společnost věnuje primárně tomuto odvětví a má tedy bohaté zkušenosti. Jelikož jsou některé součásti či aktualizace placené, tak celá řada uživatelů zvolí raději jednu z předchozích aplikací.

Kriteriální tabulka

Tabulka 7-4 - Vyhodnocení navigace TomTom Go (zdroj: [autor])

Zadání cíle	Zahrnuje
Hlasová instrukce	✓
Souřadnice	✓
Adresa	✓
Poštovní kód	✓
Klepnutí	✓
Součet	5
Váha	30%
Výsledek	1,5

Typ trasy	Zahrnuje
Plánování trasy	✓
Placený/neplacený úsek	✓
Nejrychlejší/nejkratší	✓
Způsob přepravy	✗
Uzavírky / kolony	✗
Součet	3
Váha	25%
Výsledek	0,75

Navázání signálu	Zahrnuje
Rychlé navázání	✓
Rychlé určení polohy	✓
Součet	2
Váha	15%
Výsledek	0,3

Off-line mapy	Zahrnuje
Stažení map	✓
Výběr země	✗
Součet	1
Váha	5%
Výsledek	0,05

Doplňující informace	Zahrnuje
Čas do příjezdu	✗
Čas příjezdu	✓
Vzdálenost k cíli	✓
Směr pohybu	✓
Směr pohybu v dalším kroku	✓
Automatická orientace	✓
Vycentrování pohledu	✓
Součet	6
Váha	20%
Výsledek	1,2

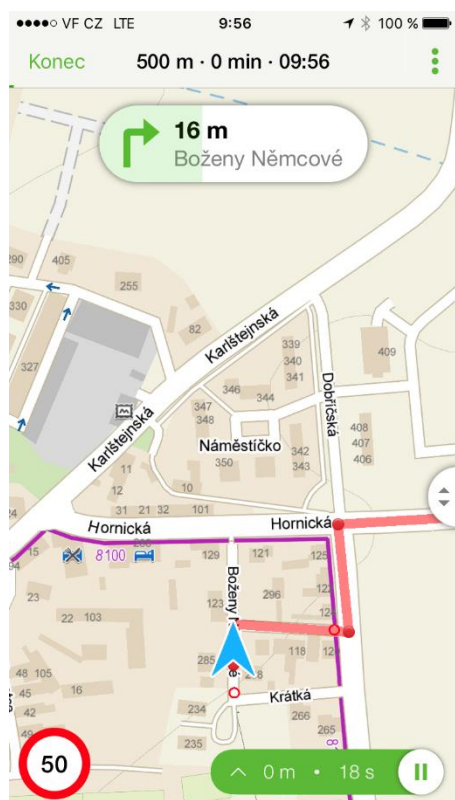
Spotřeba a další funkce	Zahrnuje
Zátěž baterie (< 15%)	✓
Reakce na světelné podněty	✓
Součet	2
Váha	5%
Výsledek	0,1

Výsledek	3,9
----------	------------

Na základě získaných údajů lze říci, že navigační aplikace TomTom je velmi dobrá s dlouholetou tradicí. Jedinou překážkou je zpoplatnění aplikace. Při prvním spuštění dostane uživatel 75km kilometrů zdarma a poté si musí zakoupit prémiové členství. Prvky, které aplikaci scházejí, jsou volba způsobu přepravy, ale jedná o

automobilovou navigaci a BMW tuto volbu také nemá. Dále zde schází informace o uzavřených úsecích, aplikace si není moc dobře vědoma úseků, kde se provádějí stavební práce. Neumožňuje stažení mapy konkrétní země, ale pouze částí kontinentů (např. Evropa – střední). Poslední, co lze vytknout je chybějící informace o čase do příjezdu.

8.2.7 Mapy.cz



Obrázek 7-0-6 - Navigace Mapy.cz (zdroj: [aplikace])

Jediným českým zástupcem je zde aplikace Mapy.cz od společnosti Seznam, a.s. I když se aplikace snaží zaujmout, je stále v dnešní době v České republice minoritní, jelikož uživatelé raději volí na mobilních platformách výchozí aplikace. Velkou výhodou pro uživatele je právě možnost používat off-line mapy bez nutnosti být připojen k datové službě pro přenos dat. Aplikaci je možné používat jak na iOS, tak na Android.

Kriteriální tabulka

Tabulka 7-5 - Vyhodnocení navigace Mapy.cz (zdroj: [autor])

Zadání cíle	Zahrnuje
Hlasová instrukce	✓
Souřadnice	✓
Adresa	✓
Poštovní kód	✓
Klepnutí	✓
Součet	5
Váha	30%
Výsledek	1,5

Typ trasy	Zahrnuje
Plánování trasy	✓
Placený/neplacený úsek	✓
Nejrychlejší/nejkratší	✓
Způsob přepravy	✓
Uzavírky / kolony	X
Součet	4
Váha	25%
Výsledek	1

Navázání signálu	Zahrnuje
Rychlé navázání	✓
Rychlé určení polohy	✓
Součet	2
Váha	15%
Výsledek	0,3

Off-line mapy	Zahrnuje
Stažení map	✓
Výběr země	✓
Součet	2
Váha	5%
Výsledek	0,1

Doplňující informace	Zahrnuje
Čas do příjezdu	✓
Čas příjezdu	✓
Vzdálenost k cíli	✓
Směr pohybu	✓
Směr pohybu v dalším kroku	X
Automatická orientace	✓
Vycentrování pohledu	✓
Součet	6
Váha	20%
Výsledek	1,2

Spotřeba a další funkce	Zahrnuje
Zátěž baterie (< 15%)	✓
Reakce na světelné podněty	X
Součet	1
Váha	5%
Výsledek	0,05

Výsledek	4,15
----------	-------------

V tabulce je jasně vidět, že funkce obodované nulou jsou uzavírky, směr pohybu v dalším kroku a reakce na světelné podněty. Aplikace si není vědoma dlouhodobých uzavírek jako například té na trase v obci Rudná. Dále uživateli neukáže směr pohybu v dalším kroku a nereaguje na světelné podněty a krytá místa jakou jsou tunely.

8.3 Vyhodnocení

V této části práce proběhne porovnání GPS navigačních aplikací a výběr nejvhodnější náhrady za navigaci v BMW X5. Některá kritéria hodnocení mohou být subjektivní záležitostí uživatele a nemusí tedy globální vliv na hodnocení aplikace. Některé prvky aplikace mohou některým uživatelům vyhovovat, a naopak pro některé mohou být překážkou v užívání aplikace. Aplikace budou porovnány jak mezi sebou, tak zároveň s navigací BMW X5.

8.3.1 Porovnání aplikací z hlediska funkcí

Tabulka 7-6 - Hodnocení aplikací mezi sebou (zdroj: [autor])

Navigation application	Result of evaluation
Apple Maps	4,1
Google Maps	4,2
TomTom GO Mobile	3,9
Mapy.cz	4,15

V oblasti funkcí mobilních aplikací vede aplikace Google Maps, která splnila téměř všechna stanovená kritéria a získala tak nejlepší hodnocení ve skupině a to 4,2. V těsném závěsu je český zástupce Mapy.cz. Dále na třetí příčce se umístila aplikace od Apple Maps a závěrečné místo patří aplikaci TomTom GO Mobile. Jediná maličkost, která způsobuje mírnou ztrátu aplikace Mapy.cz na vedoucí aplikaci je chybějící informace o dlouhodobých uzavírkách jako například té na zkušební trase. Aplikace Apple Maps v porovnání s Google Maps nenabízí možnost používat off-line mapy, což může být překážkou v oblastech se slabším pokrytím internetu. Na závěr Aplikace TomTom GO Mobile nenabízí možnost volby způsobu přepravy, ale toto se dá akceptovat vzhledem k faktu, že se zde pokoušíme nahradit automobilovou navigací. Dále neinformuje o uzavírkách a neumožňuje stažení mapy konkrétní země. Naopak aplikace ukazují směr pohybu v dalším kroku.

Nejčastější funkcí, kterou mobilní aplikace postrádají, je informace o směru jízdy v dalším kroku. Pro uživatele je dobré mít tuto informaci s mírným předstihem, aby zhruba věděl, kam pojedete a dále po tom co skončí aktuální krok. Dále aplikace, až na Google Maps, nemají zatím řešené stažení off-line mapy konkrétní země. Zvláštní výjimku tvoří TomTom, který umožňuje stažení pouze

částí kontinentů. Naopak mají aplikace výhodu, co se týče automatických pravidelných aktualizací.

8.3.2 Porovnání aplikací z hlediska funkcí s BMW X5

Tabulka 7-7 - Hodnocení aplikací vzhledem k BMW (zdroj: [autor])

Navigační aplikace	Výsledek hodnocení
Apple Maps	4,1
Google Maps	4,2
TomTom GO Mobile	3,9
Mapy.cz	4,15
Navigace BMW X5	4

Je zřejmé, že hodnocení aplikace BMW překonaly hned tři aplikace pro mobilní telefony a pouze ty budou s navigací BMW porovnány. Jak již bylo uvedeno aplikace Google přináší výhodu v podobně možnosti použití off-line map z hlediska možnosti nastavení na straně uživatele. Navigace BMW také disponuje off-line mapami, ale neumožňuje uživateli nějakou přidat. Pokud například zakoupíte vůz v Evropě a budete chtít navštívit například Spojené Státy i s vozem, bude nutné mapy doinstalovat v autorizovaném servisu BMW. Dále navigace BMW strádá z hlediska možnosti zadání cíle dotykem, což by umožnilo uživateli zadat cíl rychle za jízdy. Nyní není navigace vybavena dotykovým displejem, a tak se název cíle zadává výběrem písmen, která jsou umístěna v kruhu pomocí otočného ovládacího tlačítka, a to vyžaduje pro zvýšení bezpečí, aby řidič vůz zastavil a po zadání cíle se opět rozjel. Naopak BMW nabízí uživateli informace o směru v dalším kroku. Aplikace Mapy.cz stejně jako Google Maps umožňuje zadání cíle klepnutím a použití off-line map, ale nereaguje ztmavením či přehozením barev v případě jízdy v noci nebo tunelem, což může způsobit oslnění řidiče a způsobit potíže při řízení. Aplikace Apple Maps také umožňuje zadání funkce klepnutím, avšak na aplikaci Google Maps ztrácí možnost použití off-line map.

9 Závěr

Tato práce si kladla za cíl seznámit čtenáře s GPS technologií a dále provést porovnání mobilních navigačních aplikací a dále z nich vybrat vhodnou náhradu za vestavěnou navigaci v BMW X5. Cíl se podařilo naplnit.

První části cíle jsem dosáhl pomocí výkladu o GPS, kde jsem nastínil počátek GPS a dále přes historii a vývoj jsem postupně čtenáře seznámil s možnostmi komunikace a připojení. Následně jsem čtenáři nastínil odvětví a možnosti užití. Konkrétně jsem pojednával o oblastech turistiky, armády, námořnictví a letectví. V těchto odvětví přicházejí lidé do styku s GPS nejčastěji.

Jsem si vědom, že jsem neuvedl všechny způsoby využití GPS. Téma GPS by bylo na několikaset stranou publikaci, což je mimo rozsah bakalářské práce. Snažil jsem se vybrat taková odvětví a užití, jež jsou mezi obyčejnými lidmi známá. Je ještě mnoho způsobů využití, jež čekají na objevení a nasazení.

Hlavního cíle jsem dosáhl za pomoci vícekritériálního hodnocení variant za použití metody pořadí vah. Dle internetových diskuzí jsem vybral čtyři zástupce mobilních aplikací, a to Google Maps, Apple Maps, TomTom GO Mobile a Mapy.cz. Následně jsem stanovil kritéria hodnocení funkcí včetně přidělení vah. Analýzou funkcí a bodovým hodnocením jsem dospěl k závěru, která aplikace je na mobilních zařízeních nejlepší, a která se nejvíce hodí jako náhrada za vestavěnou navigaci ve voze BMW X5. Tímto jsem splnil hlavní cíl práce.

Nejlepšího výsledku dosáhla aplikace Google Maps, jež splnila téměř všechna kritéria a zároveň dosáhla vyššího hodnocení než vestavěná navigace od BMW. Vedoucí aplikace je dostupná na obě dvě hlavní mobilní platformy iOS a Android. V těsném závěsu se umístila aplikace Mapy.cz. Osobně jsem druhým místem velmi překvapen a těší mne, že aplikace původem z České republiky dosahuje světové kvality, ale zároveň strádá v oblasti poskytování informací o uzavírkách. Dále se umístila aplikace Apple Maps, která kromě skutečnosti, že je dostupná pouze na své domovské platformě nenabízí možnost stažení off-line map. Poslední příčka patří aplikaci TomTom GO Mobile, která kromě skutečnosti, že je třeba platit měsíční členství, strádá na vedoucí aplikaci v ohledech informací o uzavírkách a možnosti stažení mapy konkrétní země. Co se týče srovnání s navigací BMW tak mobilní

aplikace nabízí pohodlnější zadání cíle dotykem, což BMW neumožňuje a je v rámci bezpečí nedoporučované provádět zadání cíle za jízdy. V případě mobilní aplikace k ohrožení nemusí vůbec dojít, protože se dá zadat cíl na dvě klepnutí, první klepnutí vybere cíl a druhé započne navigační proces. Dále je zde výhodou pravidelná aktualizace přímo od výrobce kdekoliv a kdykoliv. U BMW navigace i většiny jiných vestavěných verzí je nutné navštívit autorizovaný servis.

Většina uživatelů jsi již na pokročilejší funkce chytrých telefonů zvykla a využívá je zcela běžně. Uživatelé mají rádi variabilitu, a tudíž je vestavěná navigace může omezovat. Nyní se začínají objevovat automobily vybavené jednotkou se systémem Android a možností vložení SIM karty. Ta to kombinace umožní uživateli si doinstalovat navigační aplikaci dle výběru přesně jako u chytrého telefonu. Pro zjištění skutečnosti bych musel mít k dispozici dlouhodobější statistiky a údaje například od prodejců vozů, kde by bylo uvedeno, kolik lidí si za navigaci připlatí a kolik lidí si raději stáhne aplikaci do telefonu.

Aplikace Google Maps je tedy dle mého názoru i dle hodnocení skvělou náhradou za vestavěnou navigaci BMW. Nabízí služby, které přinesou uživateli pohodlí, a zároveň splňuje většinu kritérií.

Možné rozšíření této bakalářské práce by se mohlo zabývat situací na trhu a skutečným podílem na trhu v užívání mobilních aplikací a vestavěných navigací.

10 Literatura

- 1) Global Positioning System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- 2) Historie a vznik systému GPS. *BERUNA.CZ* [online]. -: -, 2000 [cit. 2017-08-10]. Dostupné z: <http://www.beruna.cz/text-historie-a-vznik-systemu-gps/>
- 3) Americký družicový navigační systém NAVSTAR GPS. *CzechSpacePortal* [online]. -: NETservis, - [cit. 2017-08-12]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/gnss-mimo-evropu/americky-navstar-gps/>
- 4) Navigační systém Galileo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Naviga%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m_Galileo
- 5) GLONASS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- 6) GPS Block IIIA. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-12]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_Block_IIIA
- 7) Radiové signály GPS. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diov%C3%A9_sign%C3%A1ly_GPS
- 8) Přesnost systému GPS. *Beruna.cz* [online]. -: -, 2001 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: <http://www.beruna.cz/text-presnost-systemu-gps/>
- 9) Wide Area Augmentation System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Wide_Area_Augmentation_System
- 10) European Geostationary Navigation Overlay Service. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/European_Geostationary_Navigation_Overlay_Service

- 11) MTSAT Satellite Augmentation System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/MTSAT_Satellite_Augmentation_System
- 12) World Geodetic System. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System
- 13) Jak nezabloudit aneb jak na WGS, S42, JTSK. In: *Beruna* [online]. -: -, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: <http://www.beruna.cz/text-jak-nezabloudit-aneb-jak-na-wgs-s42-jtsk/>
- 14) Souřadnicové systémy. In: *Gis.zcu.cz* [online]. -: -, - [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s03.html>
- 15) Zeměpisné souřadnice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zem%C4%9Bpisn%C3%A9_sou%C5%99adnice
- 16) Polární soustava souřadnic. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%A1rn%C3%AD_soustava_sou%C5%99adnic
- 17) Pravoúhlé rovinné souřadnice. In: *Is.mendelu.cz* [online]. -: -, - [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=59994
- 18) Digitální mapy. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Digit%C3%A1ln%C3%AD_mapy
- 19) Rastrovou, nebo vektorovou mapu? *Navigovat.cz* [online]. [cit. 2017-08-16]. Dostupné z: <https://navigovat.mobilmania.cz/clanky/rastrovou-nebo-vektorovou-mapu/sc-265-a-1313991>
- 20) STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. *GPS od A do Z*. 4., aktualiz. vyd. Praha: eNav, 2006. ISBN 80-239-7516-1.

21) Budoucnost GPS Navigace. *Armadninoviny.cz* [online]. 2015 [cit. 2017-08-20].
Dostupné z: <http://www.armadninoviny.cz/budoucnost-gps-navigace.html>

11 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 4-1 Kosmický segment (Zdroj: http://fyzika.jreichl.com/data/dejiny/pristroje/gps/image010.jpg)	9
Obrázek 4-2 Řídící segment (Zdroj: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2005_02/svet.gif)	10
Obrázek 3-1 Galileo (Zdroj: http://1gr.cz/fotky/idnes/16/053/cl6/PKA637ac5_30_satellite_galileo_constellation.jpg)	12
Obrázek 5-1 Přesnost (zdroj: https://s3.amazonaws.com/gs-geo-images/66908e34-a5c0-495f-b6e9-b8a9bb598f9f.jpg)	15
Obrázek 5-2 Pokrytí systémy WAAS, EGNOS a MSAS (zdroj: http://www.environmental-studies.de/a_PR_3.gif)	16
Obrázek 7-0-1 - Přibližná zkušební trasa (zdroj: [https://www.google.cz/map])	33
Obrázek 7-0-2 - Navigace BMW (zdroj: [http://2-photos5.ebizautos.com/used-2014-bmw-x5-sdrive35i-10447-16227114-25-800.jpg])	33
Obrázek 7-0-3 - Navigace Apple Maps (zdroj: [aplikace])	35
Obrázek 7-0-4 - Navigace Google Maps (zdroj: [aplikace])	37
Obrázek 7-0-5 - Navigace TomTom GO Mobile (zdroj: [aplikace])	39
Obrázek 7-0-6 - Navigace Mapy.cz (zdroj: [aplikace])	41
Tabulka 7-1- Vyhodnocení navigace BMW (zdroj: [autor])	34
Tabulka 7-2 - Vyhodnocení navigace Apple Maps (zdroj: [autor])	36
Tabulka 7-3 - Vyhodnocení navigace Google Maps (zdroj: [autor])	38
Tabulka 7-4 - Vyhodnocení navigace TomTom Go (zdroj: [autor])	40
Tabulka 7-5 - Vyhodnocení navigace Mapy.cz (zdroj: [autor])	42
Tabulka 7-6 - Hodnocení aplikací mezi sebou (zdroj: [autor])	43
Tabulka 7-7 - Hodnocení aplikací vzhledem k BMW (zdroj: [autor])	44