

Univerzita Pardubice
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Využití telematiky v oblasti dopravní obsluhy území

Bc. Stanislav Sucharda

Diplomová práce
2009

University of Pardubice
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
INFORMATICS

The use of telematics in district transport service

Bc. Stanislav Sucharda

Graduation theses
2009

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.
V Pardubicích dne 13. 05. 2009

Stanislav Sucharda

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Josefu Volkovi, CSc. za vedení, cenné rady a podnětné připomínky při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Mgr. Pavlu Sedlákoví Ph.D z Fakulty ekonomicko-správní, za zapůjčení mapových podkladů, bez kterých by tvorba této diplomové práce byla značně komplikovanější. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Veselému za odborné konzultace během vytváření aplikace.

Anotace

Práce se zabývá problematikou využití telematiky pro plánování tras svozu odpadu. Obsahuje teoretický rozbor problematiky a popis vytvořeného programu. Vytvořený program umožňuje plánování tras svozu odpadu. Program aktivně pracuje s mapovým podkladem vybraného regionu, a umožňuje sledovat on-line polohu vozidel při obsluze území. Popis programu zahrnuje implementační algoritmy, popis jednotlivých částí programu, struktur, tříd a funkcí. Z uživatelského hlediska, je popsáno ovládání aplikace s příslušnými obrázky a komentáři.

Klíčová slova

Telematika, GPS, digitální mapy, sledování vozidel.

Annotation

The work deals with telematic route planning for waste collecting. It includes theoretical analysis issues, and description of the program. Created program provides route planning of waste collection. The program actively works with the background map of the chosen region and allows online tracking of vehicles. Description of the program includes the implementation algorithms, description of the structures, classes, and functions. User guide, describes the control of the program.

Key words

Telematics, GPS, Digital maps, Vehicle Cracking.

Obsah

1	Úvod	4
2	Teoretický rozbor telematiky	5
2.1	Telematika.....	5
2.2	Dopravní telematika	5
2.2.1	Definice dopravní telematiky.....	5
2.2.2	Popis dopravní telematiky	5
2.2.3	Architektura dopravní telematiky	6
2.2.4	Komponenty dopravní telematiky	7
2.2.5	Telematické aplikace	7
2.2.6	Technologie používané v oblasti telematických systémů.....	8
2.2.7	Přínosy dopravních telematických systémů.....	10
3	GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)	11
3.1	Historie.....	11
3.2	Popis funkčnosti systému.....	12
3.3	Struktura systému.....	12
3.3.1	Kosmický podsystém.....	12
3.3.2	Řídicí podsystém	13
3.3.3	Uživatelský podsystém	14
3.4	Přesnost GPS.....	14
3.5	Jak pracuje GPS přijímač.....	15
3.5.1	Rozdělení přijímačů.....	16
3.6	Ostatní globální navigační systémy	18
3.6.1	Galileo (Evropa)	18
3.6.2	GLONASS (Rusko).....	19
3.6.3	IRNSS (Indie)	19
3.6.4	Compass (China)	20
4	Mapové podklady	21
4.1	Projekce zemského povrchu.....	21
4.2	Souřadné systémy	22
4.2.1	Globální systémy souřadnic.....	22
4.2.2	Lokální systémy souřadnic	23
4.3	Mapové podklady - GIS.....	24

4.3.1	GIS - Geografické informační systémy	24
4.3.2	Mapové vrstvy	24
5	Analýza současného stavu řešení	27
5.1	Systémy pro sledování pohybu vozidel.....	27
5.1.1	Pasivní systémy	27
5.1.2	Aktivní systémy	28
6	Analýza konkrétního systému a návrh možností využití telematiky	31
6.1	Analýza problému	31
6.1.1	Sběr odpadu	31
6.1.2	Způsoby třídění odpadu	32
6.1.3	Svoz a přeprava odpadu.....	32
6.1.4	Využití telematiky pro řešení problému	33
6.1.5	Dílčí závěr.....	33
6.2	Komplexní požadavky na výsledný systém	33
6.3	Řešení problému.....	34
7	Návrh metody řešení a počítačová implementace	35
7.1	Použité nástroje	35
7.1.1	Platforma .NET	35
7.1.2	ADO .NET	35
7.1.3	Microsoft Visual Studio .NET 2008	36
7.1.4	Microsoft Visual C# .NET	36
7.1.5	Verzování.....	36
7.1.6	Knihovna SharpMap	37
7.1.7	Knihovna NTS (Net Topology Suite).....	37
7.1.8	ESRI Shapefile.....	38
7.2	Postup implementace projektu	39
7.2.1	Mapové podklady	40
7.2.2	Správa vrstev	42
7.2.3	Vrstva.....	42
7.2.4	Rozdělení správy vrstev	43
7.2.5	Zobrazení mapových vrstev	43
7.2.6	Systém priorit zobrazení vrstev	44
7.2.7	Výpočetní část	45

7.2.8	Rozhraní Zobrazení.....	49
7.2.9	Přepočet souřadnic.....	52
7.2.10	Sledování vozidel.....	53
7.3	Generátor vozidel.....	55
7.4	Aplikace pro mobilní telefon	56
7.5	Testování aplikací	58
8	Ovládání programu	59
8.1	Ovládací panel.....	59
8.2	Správa mapových vrstev	60
8.3	Správa vozidel.....	61
8.4	Sledování vozidel.....	62
9	Závěr.....	63
	SEZNAM LITERATURY	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	69
	SEZNAM PŘÍLOH	70
	Přílohy	71

1 Úvod

V dnešní době tvoří náklady na pohonné hmoty jednu z největších položek dopravců a firem, využívajících vozidel ke své primární činnosti. Společnosti se navíc potýkají s nastupující ekonomickou krizí, která se pomalu stává realitou. Tyto a další okolnosti nutí společnosti optimalizovat jejich pracovní postupy tak, aby minimalizovaly jejich náklady na provoz. Optimalizací pracovních postupů společnosti zároveň zvyšují svoji konkurenceschopnost. Problematikou optimalizace dopravních procesů se zabývá obor dopravní telematika.

Dopravní telematika integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím, za podpory ostatních souvisejících oborů (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství, atd.) tak, aby pro stávající infrastrukturu zajistily systémy řízení dopravních a přepravních procesů (zvýšily se přepravní výkony a efektivita dopravy, zvýšila se bezpečnost dopravy, zvýšil se komfort přepravy, atd.)

[18]

Cílem diplomové práce bylo vytvořit aplikaci pro plánování tras svozu odpadu, která bude aktivně pracovat s mapovým podkladem vybraného regionu, bude umožňovat on-line sledování polohy vozidel při obsluze území, a bude nástrojem pro kontrolu vozidel při plnění plánovaných tras.

Diplomovou práci lze rozdělit do čtyř nejdůležitějších částí. První část obsahuje teoretické principy důležité k pochopení problematiky. Ve druhé části je popsán současný stav řešení a konkrétní návrh řešení. Ve třetí části je popsána implementace projektu a ovládání samotného programu. Nakonec jsou zhodnoceny výsledky řešení a vyvozené závěry.

2 Teoretický rozbor telematiky

2.1 Telematika

Definice telematiky

Telematika je systémově inženýrský obor, zabývající se tvorbou a účelným využitím informačního prostředí pro homeostatické procesy (kompenzace rušivých vlivů pro zachování silných procesů dle definovaných kritérií, např. komfort, ekonomika, atd.) územních celků, až po globální síťová odvětví.

Telematika je výsledek konvergence a následné postupné syntézy telekomunikačních technologií a informatiky za podpory manažerské ekonomiky a matematických metod tvorby a řízení komplexních systémů. Efekty telematiky jsou založeny na synergismu všech výchozích oborů a projevují se v širokém spektru uživatelských oblastí, od multimediální komunikace jednotlivců, až po inteligentní využívání a řízení globálních síťových odvětví, jako jsou např. doprava, spoje a veřejná správa. Pokročilá telematika je ve svých aplikacích jednou z důležitých podmínek vzniku znalostní společnosti, konstituuje pro ni inteligentní prostředí a umožňuje na bázi získaných informací extrahovat znalostní popisy složitých systémů. [16]

2.2 Dopravní telematika

2.2.1 Definice dopravní telematiky

Dopravní telematika je založena na pojmovém sloučení slov telekomunikace a informatika. Co do obsahu se telematika definuje jako inteligentní propojení obou oblastí a jejich využití v dopravních systémech. [1]

V USA a Japonsku je používán termín ITS - Intelligent Transport System neboli inteligentní dopravní systémy, což je ekvivalentem v Evropě používanému termínu dopravní telematika.

2.2.2 Popis dopravní telematiky

Dopravní telematika integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím, za podpory ostatních souvisejících odvětví (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství, atd.) tak, aby se pro stávající dopravní infrastrukturu

zajistily moderní systémy řízení dopravních a přepravních procesů (zvýšily se přepravní výkony a efektivita dopravy, stoupla bezpečnost dopravy, zvýšil se komfort přepravy, atd.). [17]

2.2.3 Architektura dopravní telematiky

Architektura dopravního telematického systému definuje základní uspořádání zkoumaného systému v (abstraktním) prostoru. Prvky systému chápeme jako nosiče dílčích systémových funkcí (služeb), vazby systému definují možnosti řetězení prvků a tedy též možnost existence procesů. [18]

Rozdělení architektury dopravního telematického systému podle úrovně:

- **globální** - sjednocení přístupů v celosvětovém měřítku
- **evropské** - vytvoření metodiky pro národní architektury (KAREN, FRAME-S, FRAME-NET) s ohledem na evropskou dopravní politiku a prognózu vývoje dopravy v EU
- **národní** - dosažení interoperability systémů dopravní telematiky na národní úrovni s ohledem na národní dopravní politiku
- **lokální** - cílem je dosažení úplné interoperability na úrovni implementace

Rozdělení architektury dopravního telematického systému:

- **Referenční** - identifikuje základní aktéry a procesy v dopravním systému, důležité subsystémy, specifikuje základní cílové charakteristiky systému a jeho relace s okolím
- **Funkční** - definuje jednotlivé funkce prvků, modulů a subsystémů systému, včetně vazeb mezi nimi, a tím umožňuje vytvářet aplikace
- **Informační** - definuje principy tvorby struktury příslušného informačního subsystému
- **Fyzickou** - definuje fyzická zařízení, vykonávající jednotlivé funkce, aby byla zajištěna funkčnost aplikací, tedy přiřazení jednotlivých prvků, modulů a subsystémů definovaných ve funkční architektuře relevantním fyzickým zařízením (objektům)
- **Komunikační** - popisuje přenos informace v systému v relaci s fyzickou architekturou

2.2.4 Komponenty dopravní telematiky

Dopravně telematický systém se dělí na 4 základní komponenty:

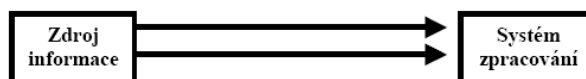
- **Telematické prostředky (TP)** - Zahrnují technická zařízení dopravního procesu. Tato zařízení slouží k získávání statických a dynamických dat o dopravním procesu, nebo k přímému ovlivňování dopravního procesu. Telematické prostředky jsou konkrétní fyzická zařízení, která je zapotřebí mít umístěna na dopravní cestě, do dopravního prostředku nebo na objekt přepravy.
- **Telematické řízení dopravních procesů (TRP)** - Komponenty, sloužící k řízení, sledování či stanovení způsobu ovlivňování dopravního procesu. Řízení dopravních procesů zahrnuje procesy monitorování, on-line řízení procesů, on-line management, off-line management a off-line plánování.
- **Telematické pasportní systémy (TPS)** - Komponenty pro digitální evidenci veškerého majetku, spojeného s dopravním procesem (dopravní cesta, dopravní prostředky, atd.) pomocí 21 moderních telematických metod. Pasporty evidující veškerý majetek jsou velkým a cenným zdrojem informací o všech částech dopravního systému.
- **Telematické ekonomické systémy (TES)** - Komponenty, popisující dopravní proces v ekonomické rovině (ekonomika dopravních cest, dopravních terminálů, dopravních prostředků, atd.). Vzájemnou integrací výše popsaných systémů vzniknou telematické systémy podporující management dopravního procesu.

2.2.5 Telematické aplikace

Telematická aplikace je definována jako množina silných procesů, kde proces je definován jako řetězení prvků systému, které nesou základní funkce systému.

Telematické aplikace lze rozdělit:

- **Statické** - Nevyžadují on-line propojení a získané informace slouží pro statistická vyhodnocení, technický a ekonomický popis objektu, atd. Vyznačují se jednosměrným přenosem informací.



Obrázek 1 - Statické telematické systémy
Zdroj: (16)

- **Dynamické** - Vedou k efektivnímu řízení dopravního procesu, a vyžadují aktivní práci se získanými informacemi. Informace získaná v systémech sběru se přenesou do centra zpracování, kde se zpracuje, a s určitou časovou prodlevou je zabezpečena řídicí reakce. Jsou typicky obousměrné, a mají definované požadavky na dostupnost, spolehlivost a bezpečnost aplikace.

► *Princip dynamické aplikace:* Podle obrázku 2

Informace byla získaná v čase t , informace byla přenesena do centra telekomunikačním prostředím v čase T_p . T_p je přímo závislá na parametrech zvoleného telekomunikačního prostředí a vzdálenosti k místu zpracování. Doba odezvy T_o systému zpracování je závislá na způsobu zpracování a na požadavcích aplikace. Celková doba odezvy T_{oc} dané dynamické aplikace je vyjádřena: $T_{oc} = T_p + T_o + T_p = 2T_p + T_o$. Smyslem efektivního projektování dynamických aplikací by mělo být maximální rozproštění logiky odezvy co nejbližší k aktérům, protože se tak významně sníží požadavky na telekomunikační přenosy. [16]



Obrázek 2 - Dynamické telematické aplikace
Zdroj: (16)

2.2.6 Technologie používané v oblasti telematických systémů

- **Parkovací systémy** - Zajištění navigace k volným parkovištím, správa parkovišť a poskytování informací o volných parkovacích místech.
- **Rádiové datové systémy (RDS)** - Slouží k přenosu informací, paralelně s normálním FM vysíláním, mají přidělen vlastní kanál RDS-TMC (Radio Data Systems - Traffic Message Channel) a pomocí něj vysílají nejnovější dopravní informace. Automobily vybavené rádiem pro digitální přenos, mohou tyto informace přijímat.

- **Globální systém pro mobilní komunikace (GSM)** - Jde o plně digitální systém, který byl budován jako celoevropský systém na celulární bázi v kmitočtovém pásmu 900 MHz. GSM je používáno ve více než 200 zemích s více jak miliardou účastníků. Mobilní jednotky mohou být zabudovány v dopravních prostředcích nebo mohou být jako osobní zařízení. Umožňují hlasovou komunikaci a datový přenos mezi vozidly či servisními středisky, ve spojení s technologií GPS je možné aktuálně sledovat pozici dopravního prostředku. Mezi další služby GSM patří například služby krátkých textových zpráv, hlasová schránka, e-mail bankovní služby, informační služby, jako informace o veřejné dopravě, dopravní informace atd.
- **Geografické informační systémy (GIS)** - Systém pro práci s digitální podobou map. Geografickému informačnímu systému je věnována samostatná kapitola.
- **Globální poziční systém (GPS)** - Vojenský polohový družicový systém, s jehož pomocí je možno určit polohu s přesností první desítky metrů. Systému GPS je věnována samostatná kapitola.
- **Systémy navádění (RG - Route Guidance)** - Systémy, pomocí nichž se dá spočítat optimální cesta v reálném čase. Tyto systémy jsou hojně využívány v silniční dopravě. Systém navádění je umístěn ve vozidle a forma navádění je sdělována vizuálně, pomocí mapových podkladů zobrazených na displeji, nebo pomocí hlasového syntetizátoru, nebo jejich kombinace.
- **Dynamické navádění (DRG - Dynamic Route Guidance)** - Přidává ke statickému navádění navíc aktuální dopravní informace, podle kterých může dynamicky měnit směr cesty.
- **Dálkové sledování vozidel (AVI - Automatic Vehicle Identification)** - systém používaný k jednoznačné identifikaci a klasifikaci vozidel procházejících jednotlivými body. Dálkové sledování vozidel je hojně využíváno pro automatické výběry mýtného. Systém funguje na principu zařízení, která jsou rozmístěna podél silnice, označovaných také jako mýtné brány, a zařízení umístěných ve vozidlech, nesoucích identifikační údaje (státní poznávací značka, typ vozidla, atd.).

- **Strategické informační systémy (SIS)** - obsahují plně integrovanou databázi dopravy a provozu s místními odkazy, tato je prezentována v podobě digitálních map. SIS umožňují zobrazování dopravních dat v reálném čase.
- **a další...**

2.2.7 Přínosy dopravních telematických systémů

Mezi hlavní přínosy dopravních telematických systémů můžeme zařadit zvýšení bezpečnosti, úsporu najetých kilometrů, což má přímý vliv na životní prostředí a opotřebení vozidel, zkvalitnění služeb pro zákazníky, zvýšení produktivity a tím i zvýšení zisků.

3 GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

Zkratka GPS ve volném překladu znamená Globální polohový systém. Představuje pasivní dálkoměrný systém, který využívá satelitní navigaci, s jeho pomocí je možné určit polohu a přesný čas kdekoli na Zemi nebo nad Zemí s přesností první desítky metrů. Systém je provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických.

3.1 Historie

Navigační systém GPS byl původně vyvinut ministerstvem obrany USA a z toho důvodu byl navrhován na základě vojenských požadavků. Prvotní funkčnost systému GPS byla určena k přesnému navádění střel.

V roce 1960 započalo US-NAVY s umístováním družic systému **TRANSIT** na oběžnou dráhu. TRANSIT byl složen ze 7 družic, pohybujících se na nízkých drahách. Družice vysílaly velmi stabilní rádiové signály. Na zemi bylo několik stanic, družice sledovaly a aktualizovaly jejich orbitální parametry. TRANSIT byl využíván k rozpoznávání řízených střel na ponorkách a dalších lodích. Veřejnosti byl TRANSIT zpřístupněn v roce 1964, využití našel především u civilních jacht. Nevýhodou TRANSITU byla především pomalost a pouze dvojrozměrná přesnost.

Postupem doby byl projekt TRANSIT následován řadou dalších systémů. Nejpoužívanějším se stal NAVSTAR - GPS.

NAVSTAR - GPS (*Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System*), tento název nesou také družice, které systém GPS využívá ke své činnosti. Vývoj byl zahájen v roce 1973 sloučením dvou projektů, systém pro určování polohy *System 621B* (USAF) a pro přesné určování času *Timation* (US Navy). První fáze zahrnovala vypuštění 4 pokusných družic, a rozběhl se také vývoj uživatelských zařízení. Do roku 1979, byl zkonstruován experimentální přijímač. Mezi roky 1978 – 1985 bylo vypuštěno 11 družic bloku I. V roce 1979 byl rozšířen původní návrh z nedostačujících 18 na 24 družic. Počátkem 80. let se projekt dostává do finančních problémů. V roce 1983, oznámil americký prezident Ronald Reagan, že po dokončení bude GPS k dispozici i pro civilní účely. Na konci roku 1993 bylo poprvé dosaženo trojrozměrného zaměřování. V roce 1995 došlo k oficiálnímu vyhlášení plné operační způsobilosti systému. V současné době jsou na oběžné dráze již dru-

žice třetí a čtvrté generace (2006), pátá se nachází ve fázi projektování, a má název BLOK III.

3.2 Popis funkčnosti systému

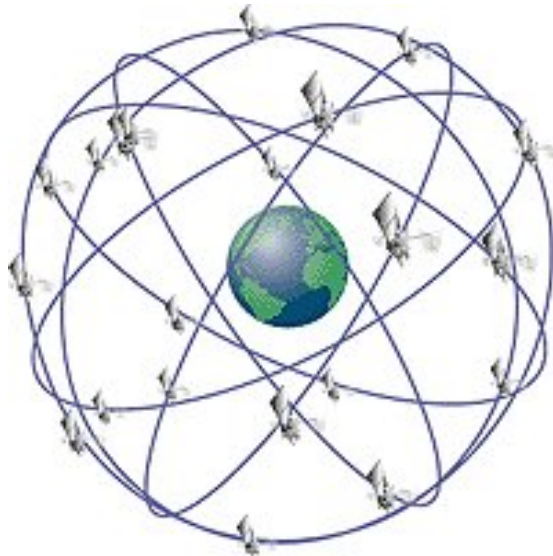
Systém je složený z 24 družic, obíhajících v různých výškách kolem Země. Pomocí družic je možné určovat ve třech souřadnicích polohu, kde se právě nachází sledovaný objekt. Základem zjišťování polohy je měření vzdálenosti od uživatele k pozicím dostupných družic. Z měření vzdáleností k GPS družicím můžeme určit tři souřadnice uživatele, kterými jsou zeměpisná šířka, zeměpisná délka a nadmořská výška (označované jako x , y , z) s přesností na desítky až jednotky metrů. Systém GPS pracuje jednosměrně, družice signál vysílají a pozemské stanice ho přijímají, GPS přijímač je tedy pasivní.

3.3 Struktura systému

Systém GPS je možné rozdělit do 3 podsystémů: kosmický, řídicí (kontrolní), uživatelský.

3.3.1 Kosmický podsystém

Kosmický segment GPS představují družice umístěné na šesti kruhových drahách se sklonem 55° k rovině rovníku, vzdálené 20 190 km od povrchu Země a pohybující se rychlostí 11 300 km/h. Za jeden den uskuteční každá družice dva oběhy kolem Země (jeden oběh trvá 11 h. 58 min.), proto je další den na stejném místě oběžné dráhy vždy o 4 minuty dříve. Každá ze šesti drah má pět pozic pro umístění družic, z čehož plyne, že za současné konfigurace je maximální možný počet družic GPS na oběžné dráze roven počtu třiceti kusů. Pozice č. 5 je u každé dráhy záložní, k dosažení FOC (*Full Operational Capability - plně operační způsobilosti*) postačuje 24 funkčních družic.



Obrázek 3 – Družice na oběžné dráze
Zdroj: (4)

Srdcem každé družice jsou velmi přesné atomové hodiny. Na palubě jsou troje až čtyři, s cesiovým nebo rubidiovým oscilátorem. Starají se o dlouhodobou frekvenční stabilitu vysílaného signálu.

Pro určení dvojrozměrné polohy (nejčastěji zeměpisná délka a šířka) je postačující příjem signálu z min. tří družic (výpočet tří pseudovzdáleností), pro určení trojrozměrné polohy (navíc výška) minimálně ze čtyř družic. Příjem signálu z menšího počtu družic znemožňuje výpočet polohy, vyšší počet družic naopak určení polohy dále zpřesňuje. [4]

3.3.2 Řídící podsystém

Cílem celého řídicího podsystému je monitoring funkcí každé družice, sledování a výpočet dráhy družice, komunikace a zajištění přesného chodu atomových hodin na družicích. Systém tvoří soustava 18 monitorovacích stanic, rozmístěných na základnách USAF (letectvo spojených států). Velitelství - Navstar na letecké základně Los Angeles v Californii v USA. Hlavní řídicí středisko, umístěné v Colorado Springs a 3 povelové stanice umístěné také na leteckých základnách. Dále se řídicí podsystém stará o provádění korekcí v dráze letu i vysílaném signálu družic a zajišťuje synchronizaci atomových hodin. Řídící segment se také podílí i na přípravě vypouštění nových družic.

3.3.3 Uživatelský podsystém

Pro příjem a zpracování GPS signálů byly vyvinuty speciální přijímače. Pomocí těchto přijímačů uživatelé přijímají signály z jednotlivých družic, které jsou v danou chvíli dostupné. Na základě přijatých dat:

- a) označení satelitu (který signál vysílá),
- b) kód s informací o pozici daného satelitu a všech ostatních v systému,
- c) kód s přesným časem a datem,

přijímač vypočítá aktuální polohu a nadmořskou výšku, dále zobrazí aktuální čas a datum.

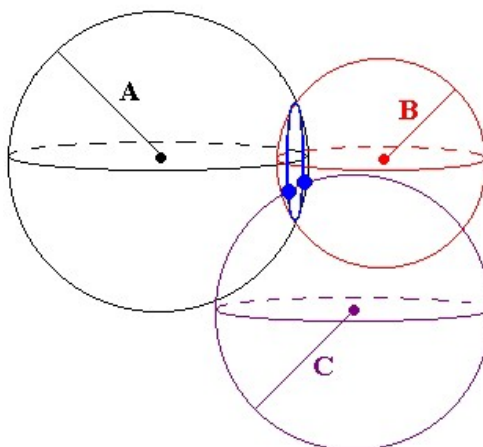
3.4 Přesnost GPS

Přesnost GPS je ovlivňována mnoha faktory. Nejvýraznějším vlivem bylo úmyslně zavedené omezení - SA (*Selective Availability*), (*selektivní dostupnost*). Princip selektivní dostupnosti je zhoršení přesnosti určení vzdálenosti přijímač - družice, díky změně hodinového kmitočtu a parametrů dráhy družice, které jsou vysílány v navigační zprávě. GPS byl vytvořen pro armádní účely USA, a zpočátku byl signál kódován tak, aby pouze americká armáda mohla využít plné přesnosti GPS. Všichni ostatní mohli svou pozici určit s odchylkou několika stovek metrů. V roce 2000 prezident Bill Clinton nařídil vypnutí SA. Od té chvíle se přesnost GPS řádově zlepšila. Nyní je odchylka způsobena především vlivy, jako jsou zpoždění signálu v ionosféře (ionosféra způsobuje zakřivení dráhy signálu), zpoždění signálu v troposféře (vliv počasí), vychýlení družice z udávané polohy, nepřesnost hodin umístěných v družici, příjem falešných odražených signálů, vlastní šum přijímače, šum na straně vysílače (družice). Největší vliv na odchylku má především rozestavení družic vzhledem k poloze přijímače. Kdyby byly všechny čtyři družice umístěné v jednom bodě, jsou k určení polohy zcela bezcenné. Kdyby spolu s přijímačem tvořily přímku, můžeme určit pouze jednu souřadnici. Kdyby ležely právě v jedné rovině, můžeme vypočítat pouze dvě souřadnice. Družice a přijímač se tedy nikdy nesmí dostat do jedné roviny. Úhel družice-přijímač-družice by měl být co největší. Byl zaveden koeficient označovaný jako PDOP (Position Dilution Of Precision), který reprezentuje rozestavení družic. Čím lépe jsou družice rozmístěny vzhledem k uživateli, tím je tento koeficient vyšší, a tedy pozice přesnější. Přijímač si vždy vybere takovou čtveřici družic, u kterých je rozmístění nejlepší (mají největší

koeficient PDOP). Proto na volném prostranství bývá určení polohy přesnější, než když je výhled na oblohu částečně zakryt. [13]

3.5 Jak pracuje GPS přijímač

Každý satelit posílá také zprávu o své poloze vyjádřenou tzv. efemeridou, což je astronomické přesné určení polohy kosmického tělesa v určitém čase, přesný údaj o čase, dále odhad zpoždění signálu v ionosféře a ještě celou řadu dalších údajů. Mimoto vysílají satelity tzv. almanac, což je vlastně databáze dalších satelitních stanic. Tuto databázi si přijímač GPS uloží do paměti ihned po přihlášení, a dále si ji aktualizuje. V databázi jsou uloženy kódy okolních satelitů, a i jejich přibližná poloha, z níž si přijímač umí odhadnout, kdy se zhruba mohou objevit na horizontu. Několik nejbližších kódů si pak přijímač ponechá jako aktuální, a každý přijatý signál GPS s nimi porovnává. Činí tak prostřednictvím matematické operace zvané autokorelace a posouváním posloupností o jednotlivé bity vpřed či vzad. Pokud se signál nějaké družice shoduje s uloženým kódem, přijímač se na něj takzvaně zamkne. Při synchronizaci obou signálů pak přijímač dokáže spočítat dobu cesty signálu od družice. Tomuto postupu se říká trilaterace (viz. obrázek 4). V praxi je situace oproti modelovému příkladu složitější, protože s měřením a počítáním vzdáleností vznikají nepřesnosti (vzdálenost označována jako pseudovzdálenost). Proto se k určení polohy používá vždy nejméně čtyř družic. Chyby mohou vzniknout jednak odchýlením se od skutečné hodnoty rychlosti šíření signálu atmosférou, ale také samotnou družicí, pokud pošle nesprávné či nepřesné údaje. Aby se tomu zamezilo, má každá z družic své vlastní přesné atomové hodiny. Na správnou polohu družic dohlíží také pozemní řídicí systém, který polohu a pohyb družic sleduje a koriguje. [8]



Obrázek 4 - Princip trilaterace
Zdroj: (8)

3.5.1 Rozdělení přijímačů

Rozdělení přijímačů podle přijímaných pásem:

- jednofrekvenční
- dvoufrekvenční
- vícefrekvenční (připravují se pro pásmo L5)

Rozdělení přijímačů podle principu výpočtů:

- **kódová** - měření stanoví vzdálenosti jako součin doby a rychlosti šíření signálu mezi družicí a anténou. Rychlost šíření signálu je rovna rychlosti světla. Doba šíření signálu je odvozena z porovnání fáze kódu vysílaného družicí s fází kódu generovaného v přijímači. Fázový posun mezi přijatým a vyslaným kódem je přímo úměrný době šíření signálu. Protože se signál nešíří ve vakuu a hodiny přijímače nejsou přesně synchronizovány s hodinami družice, obsahuje měření fáze systematickou synchronizační chybu. Z tohoto důvodu je výsledná vzdálenost (družice – přijímač) označována jako pseudovzdálenost.
- **fázová** - měření přesnější než kódové. Je využitelné pro tvorbu geodetického bodového pole a samozřejmě také pro podrobné mapování všech měřítek. Vzdálenosti mezi družicí a GPS aparaturou jsou určovány z měření nosné vlny GPS signálu. Nesmí dojít k přerušení signálu. Jakékoliv i krátkodobé přerušení signálu znamená znemožnění určení správného celočíselného násobku vlnové délky a měření se musí opakovat.
- **kombinovaná** - využívá fázové i kódové měření.

- **dopplerovská** - měření pracuje na principu zjišťování změny frekvence pro pohybující se zdroj (nebo i příjemce) signálu - Dopplerův efekt. Na základě údajů z jedné družice lze vypočítat relativní polohu vůči družici ve dvojrozměrném prostoru. Z toho je možno dopočítat následně polohu na Zemi, nebo rychlost.
- **úhломěrná** - měření vychází z možnosti zaměřovat zdroj signálu pomocí směrových antén a určit úhly vzhledem vodorovné rovině. Provádí se k více družicím zároveň, nebo k jedné družici v různém čase. Komplikované řešení - nepoužívá se.

Rozdělení podle pohybu přijímače:

- statické - přijímač je statický, jeho poloha se nemění - měření v klidu,
- kinematické - přijímač se během měření pohybuje.

Rozdělení podle počtu použitých přijímačů:

- **autonomní (absolutní) metoda** - využívá jeden GPS přijímač. Může její prostorovou polohu určit na základě pseudovzdáleností mezi přijímačem a minimálně čtyřmi družicemi. K určení polohy je potřeba znát i souřadnice pozorovaných družic. Absolutní metoda využívá určení polohy přístroje vůči družicím, jejichž poloha je známá v systému WGS-84. Potom lze určit i polohu uživatele v tomto systému, a následně souřadnice transformovat do národních souřadnicových a výškových systémů (v případě civilního použití v ČR do systémů S-JTSK a Bpv). Vhodná pro navigaci vozidel, cyklistů, turistů apod. Přesnost se pohybuje v případě využití kódového měření okolo 7 metrů.
- **diferenční a relativní metody** - patří mezi nejpřesnější způsoby určení polohy bodu. Využívá se minimálně dvou GPS aparatur. Jedna z aparatur, tzv. referenční stanice, se umísťuje na bod o známých geodetických souřadnicích. Její údaje jsou registrovány po dobu celého měření. Během pozorování musí být na obou stanoviskách aparatur dostupné alespoň čtyři stejné družice. Na základě znalosti souřadnic referenční stanice jsou stanoveny opravy (korekce) pseudovzdáleností, které jsou připojeny k měření na určovaných bodech, respektive opravy délek základen. Oprava eliminuje chybu vzniklou při průchodu signálu atmosférou, a chybu z nepřesnosti

polohy družic. Relativní metody využívají fázová měření. Diferenční metody využívají kódového měření.

3.6 Ostatní globální navigační systémy

V dnešní době je americký GPS jediný schopný plné operační způsobilosti (FOC).

3.6.1 Galileo (Evropa)

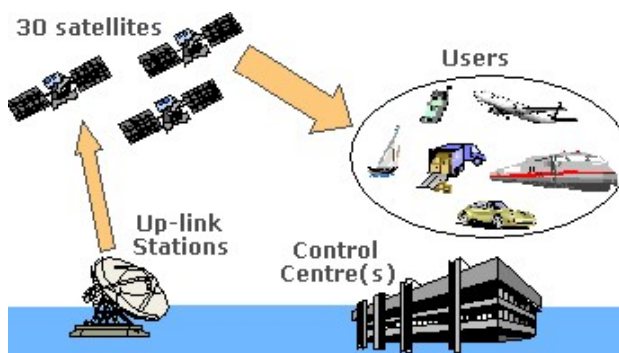
Galileo bude plně vyvinut a provozován Evropou. Jeho uvedení do provozu je plánováno na rok 2010. Bude využívat stejného principu, jako nynější americký systém GPS a ruský GLONASS, se kterými se bude vzájemně doplňovat. Oba současné systémy jsou vojenské, a ani jeden z provozovatelů nedává záruku, že v případě potřeby signály ze svých družic nevypne. Pokud by na jejich využívání byla založena některá z dopravních služeb, měl by takový čin nebezpečné důsledky pro její uživatele. Kompletní systém Galileo bude obsahovat 30 družic obíhajících ve třech rovinách po kruhových drahách ve výšce cca 23 500 km. Každá z rovin dráhy bude svírat s rovinou rovníku úhel 56° , což umožní využívat navigační systém bez potíží až do míst ležících na 75° zeměpisné šířky. Velký počet družic, z nichž tři budou záložní, zajistí spolehlivou funkci systému, i když některá družice přestane správně pracovat. Galileo umožní každému držiteli přijímače signálu určit jeho aktuální polohu s přesností lepší než jeden metr. Jeho služby budou natolik spolehlivé, že na jeho základě bude možné řídit jízdu vlaků, navádět řidiče automobilů a dovést letadla na přistávací dráhu. [7]

Evropský civilní družicový navigační systém GALILEO bude poskytovat celkem 5 druhů služeb:

- Základní služba (Open Service - OS)
- Služba "kritická" z hlediska bezpečnosti (Safety of Life service - SoL)
- Komerční služba (Commercial Service - CS)
- Veřejně regulovaná služba (Public Regulated Service - PRS)
- Vyhledávací a záchranná služba (Search And Rescue service - SAR)

Základní služby budou přístupné všem uživatelům bez omezení. Komerční služby budou přístupné placícím uživatelům, a ostatní služby jsou určeny pouze pro autorizované uživatele, např. ozbrojené a policejní složky. [7]

System GALILEO by měl nalézt využití z 80 % především v sektoru dopravy v aplikacích vázaných na informaci o zeměpisné poloze. Díky využití dat o poloze vozidel k on-line informacím o dopravní situaci nebo pro vlastní řízení silničního provozu je možné předcházet kritickým dopravním situacím (kongesce apod.). Silniční a železniční dopravci budou schopni efektivněji monitorovat pohyb svých nákladních automobilů, železničních vozů nebo kontejnerů, a také efektivněji potírat krádeže a podvody. [7]



Obrázek 5 - Schéma systému Galileo
Zdroj: (7)

3.6.2 GLONASS (Rusko)

(Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema, Global Navigation Satellite System) je ruský družicový navigační systém. Začátek jeho vývoje spadá do poloviny 70. let 20. století. GLONASS je plně pod kontrolou a správou vojenských kosmických sil ruského ministerstva obrany. Byl navržen obdobně jako GPS tak, aby poskytoval informace o čase a poloze na Zemi a v jejím blízkém okolí po celých 24 hodin. Systém GLONASS používá dva signály, z nichž přesnější je vyhrazen jenom pro ruské vojenské uživatele a druhý, méně přesný, je určen pro civilní uživatele. Přesnost pro vojenské využití je utajována. Přesnost civilní části by měla být okolo 30 metrů. Řídící centrum je v Moskvě. Kosmický segment měl v roce 2008 18 družic a do konce roku 2009, podle slov ředitele Ruské Vesmírné Agentury, by měl být kompletní a obsahovat 24 družic na třech drahách.

3.6.3 IRNSS (Indie)

(Indian Regional Navigational Satellite System) je autonomní regionální satelitní navigační systém, který je budován Indickou vládou. Systém by měl poskytovat absolutní polohovou přesnost lepší než 20 metrů v rámci území Indie a přilehlých oblastí do 2000 km od svých hranic. Záměrem indické vlády je, aby všechny

komponenty systému, tedy kosmického, pozemního a uživatelského segmentu, byly postaveny a vyvinuty v Indii. Projekt byl vládou schválen v květnu 2006 se záměrem dokončení během šesti až sedmi let.

3.6.4 Compass (China)

Compass, známý také jako (Beidou-2), provozovaný stejně jako GPS a Galileo. Compass sestává z celkem 35 satelitů. 30 z nich je situováno na středním zemském orbitu, a pouze 5 na geostacionární dráze. Systém má poskytovat služby na dvou úrovních – otevřené (pro veřejnost) a omezené (pro vojenské účely), stejně jako tomu je u konkurenčních systémů. Veřejně přístupná verze má projektovanou polohovou přesnost 10 m a dostupnost by měla pokrýt celé území Číny, verze pro vojenské účely má být ještě přesnější.

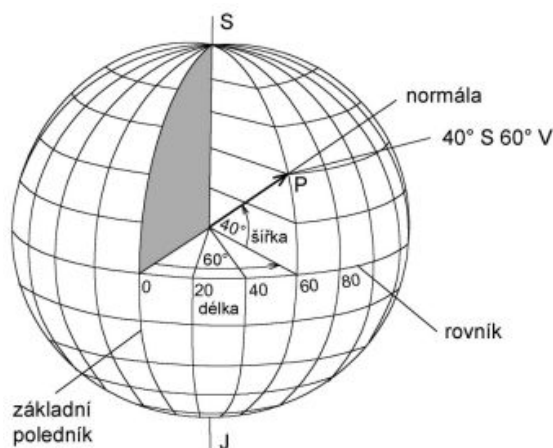
4 Mapové podklady

4.1 Projekce zemského povrchu

Chceme-li zobrazit pozici nějakého objektu na mapovém podkladu, je nutné nejdříve, pochopit problematiku zobrazení Země v rovinném obraze. Složitě členitý zemský povrch se postupně nahrazuje topografickou plochou (nutno aproximovat):

- **Geoid** - model Země vzniklý počáteční aproximací. Ekvipotenciální plocha položená do úrovně střední hladiny Baltského moře. V každém bodě je plocha kolmá na směr zemské tíže.
- **Rotační elipsoid** - matematicky je lépe popsateľný než geoid. Globálním elipsoidem je systém WGS-84 (odchylka max. 60 m), což je systém, který používá GPS. Dalšími systémy jsou Bessel, Hayford a Krasovskij.
- **Referenční koule** - pro malá území.
- **Rovina** - Pro malá území (700 km).

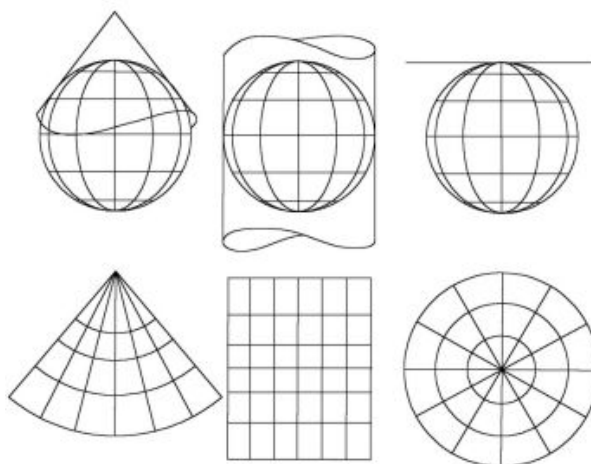
Na elipsoidu lze jednoznačně určit polohu pomocí zeměpisné šířky φ (Lat) a zeměpisné délky λ (Long). Těmto souřadnicím se říká zeměpisné nebo geografické a souřadnicový systém se nazývá geografický.



Obrázek 6 - Určení polohy bodu na povrchu Země
Zdroj: (30)

Chceme-li získat obraz bodu v rovině mapy, musíme promítnout referenční elipsoid na povrch vhodného tělesa (kužel, válec, rovina), který lze rozvinout do roviny. Po rozvinutí můžeme na této rovinné ploše definovat pravoúhlý (kartézský) souřadnicový systém, kde jednotkami budou zpravidla metry. Tento matematický

postup (transformace zeměpisných souřadnic na pravoúhlé rovinné souřadnice) se nazývá kartografické zobrazení neboli projekce.



Obrázek 7 - Princip zobrazení povrchu Země na kuželovou plochu, válcovou plochu a rovinu
Zdroj: (30)

4.2 Souřadné systémy

Aby bylo možné objektu přiřadit jednoznačnou polohu a zobrazit ho v mapě, je také potřeba zavést souřadnicový systém, ke kterému potom bude uvažovaný objekt vztažen. Systém je charakterizován zvolenou referenční plochou (elipsoidem, koulí, rovinou) a jejími parametry, typem zobrazení referenční plochy na rozvinutelnou plochu, definicí počátku, souřadnicových os a jednotek míry kartézského (pravoúhlého) systému a způsobem vybudování základní trigonometrické sítě. ^[11]

Souřadné systémy se dělí na globální systémy, kde je snahou postihnout celý geografický prostor Země a lokální systémy, kde jsou malá území transformována z územně platného elipsoidu na plochu – kvůli jednoduššímu měření vzdáleností.

4.2.1 Globální systémy souřadnic

ECEF WGS-84

ECEF WGS-84 (Earth Centered Earth Fixed World Geodetic System 1984) - Jedná se o systém armády USA a je zároveň standardizovaným geodetickým systémem armád NATO. WGS-84 je pravoúhlý souřadný systém, který je definován na základě elipsoidu. Jeho tvar je zvolen tak, aby co nejlépe vystihoval tvar Země. Do geometrického středu tohoto elipsoidu je umístěn počátek souřadné soustavy - bod $[0,0,0]$. Osa z je totožná s osou rotace, osa x prochází průsečíkem rovníku a Greenwichského poledníku (nultého). Osa y je zvolena tak, aby systém x, y, z , byl pravočivý.

System GPS využívá globální souřadnicový systém ECEF WGS-84.

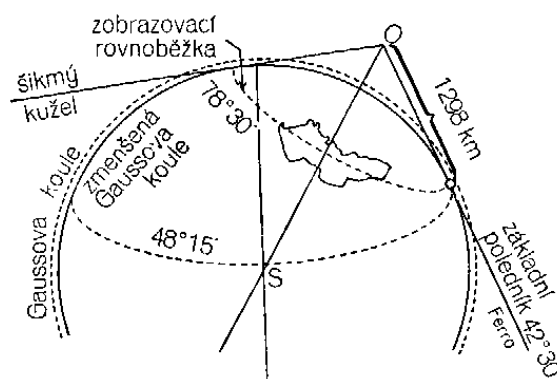
UTM

Způsob určování polohy na povrchu Země založený na mřížkách. Od systému šířka-délka se liší v několika zásadních směrech. Nejedná se o jedno mapové zobrazení, ale o síť šedesáti zón zobrazených pomocí transverzního Mercatorova zobrazení. Protože se jedná o zobrazení částí elipsoidu do roviny, lze na mapách v UTM měřit vzdálenost dvou bodů pomocí Pythagorovy věty. Ale pouze v případě, že oba body leží ve stejné zóně. Střed souřadnic je pro každou zónu jiný, a tvoří jej průsečík středového poledníku zóny s rovníkem. Od tohoto středu se měří vzdálenosti v metrech po ose x rostoucí od středového poledníku směrem na východ a po ose y rostoucí od rovníku směrem na sever.

4.2.2 Lokální systémy souřadnic

S-JTSK

System Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), je definován Besselovým elipsoidem s referenčním bodem Hermannskogel. Byl použit na našem území nejprve pro nově vyhotovované katastrální mapy v rámci pozemkového katastru budovaného od roku 1927. Jako zobrazení do rovinných souřadnic bylo použito Křovákovo dvojité konformní kuželové zobrazení v obecné poloze. Při použití výškopisu byla geodetickým základem Československá jednotná nivelační síť ve výškovém systému Jadranském (později se přešlo na výškový systém Baltský). Nevýhodou systému je skutečnost, že je použitelný výhradně pro Československo a nenavazuje na souřadnicové systémy okolních států. V příloze č. 1 je zobrazení České republiky v souřadném systému S-JTSK.



Obrázek 8 - Schéma Křovákova zobrazení
Zdroj: (31)

S-42

Souřadnicový systém S-42 používá Krasovského elipsoid s referenčním bodem v Pulkavu. Byl použit poprvé pro vojenské topografické mapy po roce 1953, a je využíván ve vojenském sektoru dodnes. Pro souřadnicový systém S-42 bylo použito příčné válcové konformní Gauss-Krügerovo zobrazení poledníkových pásů na Krasovského elipsoidu. V příloze č. 2 je zobrazení České Republiky v souřadném systému S-42.

4.3 Mapové podklady - GIS

Pro zobrazení objektu na mapovém podkladu je nutné vědět, kde přesně se objekt v mapě nachází. K tomu slouží GIS nebo také Geografické informační systémy.

4.3.1 GIS - Geografické informační systémy

Vyložení pojmu GIS je mnoho, uvádím zde pouze jednu z nich. Definice GIS: GIS je organizovaný soubor počítačového hardware, software a geografických údajů (naplněné báze dat) navržený pro efektivní získávání, ukládání, upravování, obhospodařování, analyzování a zobrazování všech forem geografických informací. [14]

4.3.2 Mapové vrstvy

Geoobjekty popisující stejné téma se sdružují a ukládají do mapových vrstev, někdy také nazývaných tematické mapové vrstvy. Takovým tématem může být např. vodstvo, silnice, typy půd, nadmořská výška, apod. Smyslem dělení geodat do mapových vrstev je usnadnit analýzu dat. Ta je nejčastějším důvodem pro nasazení GISu pro modelování reality. Každá mapová vrstva je uložena v jednom datovém souboru, který lze samostatně přenášet a používat ve více mapových projektech. Mapové vrstvě se někdy také říká monotematická mapa, případně zkráceně mapa (např. mapa řek, mapa silnic, apod.). Mapové vrstvy se dělí podle modelovaných dat a druhu použití na dva typy - vektorové a rastrové.

Vektorové mapové vrstvy

Ve vektorových mapových vrstvách jsou data uložena pomocí základních geometrických objektů, které jsou základními stavebními kameny. Pomocí nich lze reprezentovat složitější typy objektů

- **Bod (Point)** je definován souřadnicemi v prostoru. Dále může obsahovat informaci o jeho napojení v linii (nenapojený / mezilehlý bod / koncový bod - uzel). Jeho dimenze je 0.
- **Linie (Line)**, též někdy oblouk (arc), je definována jako sekvence sousedících úseček, napojujících se v mezilehlých bodech (vertexes). Jejím topologickým ekvivalentem je hrana. Její dimenze je 1.
- **Řetězec linií (PolyLine)** je element, který splňuje následující podmínky:
 - ▶ každá linie (hrana) je v řetězci linií jen jednou
 - ▶ kromě prvního a posledního uzlu v řetězci, se ostatní uzly vyskytují přesně ve dvou liniích (hranách), příslušných řetězci
 - ▶ pokud se i první a poslední uzel vyskytuje ve dvou liniích/hranách, je tento řetězec uzavřený. Jeho dimenze je 1.
- **Plocha (area)** v geometrickém smyslu je definována jako uzavřená linie nebo řetězec linií - tzn. že první a poslední uzel jsou identické. Její dimenze je 2.
- **Povrch (surface)** je plocha s přiřazenými hodnotami v každém jejím bod, tedy i v bodech vnitřních (např. nadmořská výška); má dimenzi „2.5“. ^[14]

Vektorové modely

Vektorová data jsou v GISech organizována a ukládána podle různých vektorových modelů.

- **Špagetový model** - tento model patří mezi nejjednodušší. Princip vychází z digitalizace map, kde se každý objekt na mapě reprezentuje jedním logickým záznamem v souboru, a je definovaný jako řetězec x, y souřadnic. Ve špagetovém modelu jsou všechny typy objektů, bez ohledu na počet dimenzí, uloženy v jednom heterogenním seznamu. V modelu není obsažena žádná informace o topologii (sousednost, orientace, konektivita, obsahování), a proto je tento model pro analýzu geodat obtížně použitelný. Dochází zde k redundanci dat.
- **Topologický model** - Topologický model je kompromisem mezi špagetovým a hierarchickým modelem. Každá linie začíná a končí v bodě nazývaném uzel - node. Dvě linie se mohou protínat opět v jednom v uzlu. Každá část linie je uložena s odkazem na uzly, a ty jsou uloženy jako soubor souřadnic x, y. Ve struktuře jsou ještě uloženy identifikátory, označující pravý a levý polygon

vzhledem k linii. Navíc tato topologická informace umožňuje, aby body, linie a polygony byly uloženy v neredundantní podobě.

- **Hierarchický model** - Odstraňuje neefektivnost při vyhledávání v jednodušším topologickém modelu pomocí ukládání v logicky hierarchické podobě. Vzhledem k tomu, že polygony se skládají z linií, které odpovídají jejich hranicím, a linie se skládají ze souboru bodů, jsou do modelu zahrnuty odkazy mezi jednotlivými druhy objektů (polygony, liniemi a body). Tyto odkazy pak umožňují mnohem snadnější vyhledávání jednotlivých objektů, než v případě topologického modelu. Hierarchický model obvykle také obsahuje topologickou informaci. [14]

Rastrové mapové vrstvy

Na rozdíl od vektorové reprezentace se rastrová reprezentace zaměřuje na danou lokalitu jako celek. Většinou je používána pro reprezentaci spojitě se měnících jevů, jako například digitální model reliéfu (DMR) při rozložení teploty. Základním stavebním prvkem je u rastrové struktury tzv. buňka (cell). Buňky jsou organizovány do tzv. mozaiky. Jednotlivé buňky obsahují hodnoty (values) zastupující zkoumanou lokalitu.

Typy tvarů buněk jsou:

- čtvercová (nejčastější)
- trojúhelníková
- hexagonální

Dále můžeme rastrovou reprezentaci rozlišit podle způsobu dělení prostoru na:

- pravidelné (regular) - všechny buňky mají stejnou velikost a tvar,
- nepravidelné (irregular) - velikost i tvar jednotlivých buněk se liší.

5 Analýza současného stavu řešení

Telematických systémů je velké množství, v diplomové práci se aplikuje systém pro sledování pohybu vozidel.

5.1 Systémy pro sledování pohybu vozidel

Oblast sledování vozidel se dělí podle funkcí sledovacího zařízení na dvě oblasti: pasivní (off-line) a aktivní (on-line).

5.1.1 Pasivní systémy

Pasivní systémy fungují jako tzv. "černá skříňka". Jsou zabudovány ve vozidle a zaznamenávají provozní hodnoty vozidla, jako je pohyb vozu s využitím lokalizace pomocí GPS systému do vnitřní paměti po dobu až několika měsíců. Zobrazení uložených dat se provede tak, že se vyjme paměťový modul z vozu, a data se nahrají do počítače, kde se zobrazí ve specializovaném programu. Hlavní výhodou pasivních systémů jsou nulové náklady na provoz.

Pasivní systémy umožňují:

- kontrolu najetých kilometrů
- evidenci jízd a řidičů, pokud se střídá na jednom vozidle více řidičů, je možné jejich rozlišení podle identifikace řidiče
- možnost rozlišení soukromých a služebních jízd
- možnost data zobrazit na mapových podkladech
- textový výstup s uvedením výchozího a cílového místa jízdy s uvedením počtu najetých kilometrů, trváním jízdy, maximální rychlosti
- měření spotřeby paliva

Účelem pasivního systému není primárně sledování řidiče, který využívá firemní vozidlo, ale zprůhlednění nákladů, které se podílí na provozu vozidla.

Příklady pasivních systémů:

GPS Recorder

- „černá skříňka“, která se instaluje do vozidla a zajišťuje trvalý záznam pohybu a provozního stavu.

Je složena ze dvou částí:

- ▶ GPS přijímač s externí anténou trvale instalován ve vozidle - Docking.
- ▶ Nositel zaznamenaných dat - část Portable, při jízdě spojena s jednotkou Docking, a po vyjmutí z vozidla umožňuje přenos dat do PC.

5.1.2 Aktivní systémy

Aktivní systémy umožňují sledování vozidla v reálném čase. Je to v podstatě spojení Pasivního systému, který zaznamenává pozici vozidla, s nějakým komunikačním prostředkem - kterým je ve většině případů komunikační modul využívající síť GSM. Aktivní systém tedy zasílá informace o své aktuální pozici a tím umožňuje vozidlo sledovat aktivně (on-line). Přenos údajů se zpravidla realizuje přes GPRS. Nevýhoda aktivních systému je v poplatcích za přenos dat GSM modulů.

Aktivní systémy oproti pasivním navíc umožňují:

- aktivní plnou kontrolu veškerých dat z vozidla bez nutnosti přístupu k němu
- možnost plně nastavovat systém z řídicího pracoviště bez nutnosti přístupu do vozidla
- ovládání určitých funkcí v autě pomocí zaslání zprávy (např. alarm, siréna apod.)

Příklady aktivních systémů:

EUTELTRACS

- Satelitní systém společnosti D&COMM, pro přenos všech informací družicemi (žádný lokální poskytovatel služby).
- Nezávislý na místních podmínkách, pokrytí bez hluchých míst.
- Informace v reálném čase i ze zahraničí.
- Využívaný předními evropskými dopravci i americkou armádou.
- On-line sdílení informací o vozidlech různými dopravci i jejich zákazníky.
- Oblast pokrytí - Evropa.

Komunikace:

- Obousměrná komunikace řidič - dispečink / standardní zpráva o délce až 1900 znaků.

Informace o provozu vozidla:

- Ujetá vzdálenost, průtok paliva motorem, otáčky motoru, rychlost, běh motoru, běh motoru naprázdno.

Lokalizace:

- On-line informace o poloze vozidla nezávisle na obsluze vozidla.
- Lokalizace jako součást odeslané zprávy řidiče. [23]

CHECK1

- Jednoduchý satelitní systém společnosti D&COMM.
- Obdobou systému Euteltracs.
- Více přizpůsoben častějšímu předávání krátkých zpráv jako jsou poloha, data z čidel, teplota, stav km apod.
- Oblast pokrytí - Evropa (do budoucna Afrika).

CAR POSITION

- Hardwarová vozidlová jednotka.
- Integruje satelitní přijímač GPS s GPRS komunikací a pro přenos dat využívá technologii a-GPRS (Advanced GPRS).
- Umožňuje trvale dohlížet na polohu a stav vozidla.
- Sdružuje off-line a real-time funkce do jednoho celku a lze tak variabilně měnit způsoby využití.
- Přenos GPRS může být doplněn nebo dočasně nahrazen SMS zprávami, (při pohybu vozidla mimo signál GPRS nebo v cizině).
- Oblast pokrytí - celosvětové (kde je pokrytí GSM sítí) . [24]

ORBCOMM (aplikace ORBTrack)

- satelitní monitoring vozidel

- obousměrná textová komunikace (úspory v oblasti komunikačních poplatků)
- využíván v oblasti mezinárodní kamiónové dopravy (MKD), spedice a logistiky.
- základní funkce:
 - ▶ zasílání polohy vozidla na dispečerské pracoviště nezávisle na řidiči
 - ▶ komunikace mezi obsluhou vozidla a dispečerským pracovištěm
 - ▶ monitoring a zasílání dalších dat o dopravním prostředku či nákladu
 - ▶ možnost sledovat vozidla na Internetu [25]

PATRIOT

- Český výrobek využívající moderní GSM/GPS technologie.
- Možnost okamžité lokalizace vozidla.
- Přehled o pohybu a využívání firemního vozového parku.
- Sledování a analýza spotřeby pohonných hmot.
- Zjednodušení a automatizování zpracování výkazu knihy jízd pro daňové a účetní potřeby. [26]

CDS

- Český výrobek využívající moderní GSM/GPS technologie.
- Systém sledování pohybu vozidel systémem GPS.
- Záznam o provozu vozidla.
- Vyhodnocení spotřeby pohonných hmot v reálném čase.

6 Analýza konkrétního systému a návrh možností využití telematiky

6.1 Analýza problému

Zadáním práce bylo vytvořit aplikaci s intuitivním grafickým rozhraním, pro plánování tras svozu odpadu, která bude na mapovém podkladu vybraného regionu zobrazovat naplánované trasy, sběrná místa, a pozici obslužných vozidel. Dále bude umožňovat on-line sledování těchto vozidel při plnění tras. Tato aplikace by měla redukovat počet najetých kilometrů na trasách plánování optimálních tras, volbou optimálního počtu vozů na obsluhu, a také díky kontrole dodržování plnění tras, pomocí již zmíněného on-line sledování vozidel. Výsledkem by mělo být snížení počtu ujetých kilometrů.

6.1.1 Sběr odpadu

Třídění, sběr a svoz odpadu organizuje většinou obec ve spolupráci se svozovou firmou.

Existuje několik druhů odpadu:

- Tříděný odpad
 - ▶ Papír - noviny, časopisy, karton.
 - ▶ Barevné sklo - barevné skleněné lahve, tabulové sklo.
 - ▶ Bílé sklo - čiré skleněné lahve.
 - ▶ Plasty - PET lahve, vše, co je vyrobeno z plastů včetně igelitových (polyethylenových) a mikrotenových obalů.
 - ▶ Kovy - železo a barevné kovy.
 - ▶ Textil - veškeré ošacení.
 - ▶ Nápojové kartony - krabice od džusu, mléka, vína atd., nápojové krabice bez hliníkové vrstvy.
- Komunální odpad - předměty denní spotřeby z domácnosti - zlomky dřeva a keramiky, buničiny a textilie, zbytky potravin a pochutin, vychladlý popel z uhlí, dřeva nebo koksů.
- Nebezpečný odpad - nebezpečné složky komunálního odpadu, které ohrožují životní prostředí - fritovací olej, zbytky starých barev, obaly

od barev, ředidla včetně obalů, akumulátory i s elektrolytem, baterie, upotřebené motorové oleje, olejové filtry, domácí kapalné a tuhé chemikálie - ředidla, kyseliny, louhy, vývojky

- Elektrozařízení - lednice, televize, pračky, myčky, sporáky, vysavače, mikrovlnné trouby, žehličky, kávovary, fény, el. nářadí a nástroje, video-přehrávače, radiopřijímače, videokamery, fotoaparáty
- Velkoobjemový odpad - starý nábytek, koberce, matrace, linolea
- Stavební suť - odpad ze stavby - cihly, beton, omítka
- Autovraky - staré vraky z osobních a nákladních automobilů
- Biodegradabilní odpad - tráva, listí, větve a ostatní biologicky rozložitelný odpad
- Pneumatiky - staré pneumatiky z osobních automobilů [32]

6.1.2 Způsoby třídění odpadu

Třídění odpadu je možné rozdělit na dvě hlavní kategorie:

- Hromadné třídění komunálního odpadu - odpad odkládán do společné sběrné nádoby. Třídění se provádí, až na sběrných dvorech.
- Třídění odpadu ještě před uložením do sběrných nádob - pro každý druh odpadu je zvláštní nádoba.

Hromadné třídění odpadu je velmi náročné, proto se v této době dává přednost třídění odpadu ještě před uložením do sběrných nádob.

6.1.3 Svoz a přeprava odpadu

Svoz probíhá ve dvou až třech fázích:

- 1) Občan odnese odpad do sběrné nádoby.
- 2) Odpad je odvezen na skládku.

V některých případech je odpad nejdříve odvážen na překladiště, odkud je potom svážen pomocí velkoobjemových nádob na skládky.

Odpad se sváží pomocí speciálně konstruovaných nákladních automobilů. Automěbily můžeme dělit podle typu sběrných nádob, a podle typu odpadu, který sváží. Například automobily pro komunální odpad, automobily pro svoz nebezpečného odpadu atd.

6.1.4 Využití telematiky pro řešení problému

Úkolem je racionalizovat svoz odpadu za využití nových nástrojů, jako je telematika. Pomocí nástrojů telematiky se řeší on-line zobrazení vozidel na digitálních mapových podkladech. Dalšími podpůrnými nástroji mohou být:

- komunikace vozidla s řídicím střediskem pomocí komunikačního kanálu
- aktivní informace o změnách trasy
- dynamické navádění
- a další.

6.1.5 Dílčí závěr

Tato práce se zabývá optimalizací svozu komunálního odpadu v Pardubickém regionu, s cílem redukce nákladů na svoz odpadu – nižší spotřeba paliva na základě optimalizace tras svozu odpadu. Kontrola plnění tras vozidel bude realizována pomocí on-line sledování vozidel, jejich zobrazení na mapovém podkladu.

Vzhledem k náročnosti problematiky bylo řešení rozděleno do dvou částí:

1. **část** - Zpracování mapových podkladů a on-line zobrazování vozidel.
2. **část** - Výpočet plánů tras pro jednotlivá vozidla. Sestava měsíčních plánů.

Tato diplomová práce se zabývá první částí.

6.2 Komplexní požadavky na výsledný systém

- Tvorba aplikace s grafickým prostředím (mapový podklad).
- Možnost aktivní práce s mapovým podkladem - Zoom, Posun.
- Zadávání sběrných míst na mapovém podkladu.
- Import / Export sběrných míst do programu.
- Možnost naplánování optimálních tras na základě sběrných míst, typů kontejnerů a vlastností vozidel.
- Vytvoření měsíčních plánů pro obsluhu sběrných míst.
- Správa obslužných vozidel.
- On-line sledování vozidel - vytvoření rozhraní pro přijímání aktuálních informací o vozidlech.

6.3 Řešení problému

Vytvořená aplikace bude řešit problematiku optimalizace svozu komunálního odpadu v Pardubicích. Aplikace bude pracovat s mapovými podklady typu ESRI ShapeFile. Mapový podklad bude silniční síť města Pardubice. Bude vytvořeno jednotné rozhraní pro práci s mapovými podklady, které umožní provádět všechny potřebné operace s mapou, jako zoom, posun, vkládání sběrných míst, vykreslení cest, aktivní zobrazení sběrných vozidel. Aplikace bude umožňovat výpočet optimálních tras svozu komunálního odpadu, a jejich přehledné vykreslení na mapě, sestavení plánů pro zadaná období, zobrazení statistik počtu najetých kilometrů a počtu svezeneho odpadu. Další funkcí aplikace budou exporty sběrných míst, vypočtených tras a všech statistik. Aplikace bude obsahovat správu obslužných vozidel, které bude možné aktivně sledovat na mapě při plnění tras. V souvislosti se sledováním vozidel bude vytvořeno rozhraní pro komunikaci s vozidly. Toto rozhraní bude komunikovat s databází, ke které se bude přistupovat pomocí Internetu, a která bude poskytovat aktuální informace o pozici vozidel. Obslužná vozidla budou k databázi přistupovat pomocí sítě GSM, a budou do databáze ukládat informace o své poloze.

7 Návrh metody řešení a počítačová implementace

V této části budou nejprve rozebrány nástroje použité k vytvoření programu a dále pak postup implementace projektu.

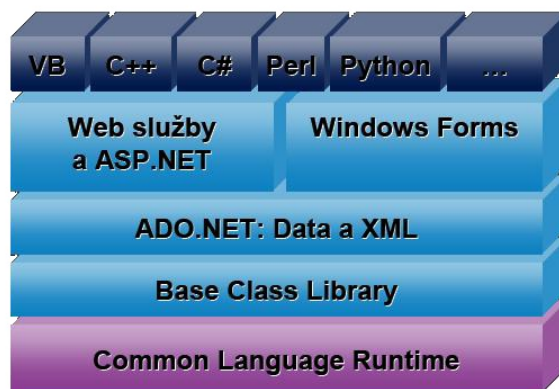
7.1 Použité nástroje

Program byl napsán v programovacím jazyce C#, na platformě .NET Framework 3.5 a jako vývojový nástroj bylo použito Microsoft Visual Studio 2008.

Popis použitých nástrojů:

7.1.1 Platforma .NET

Platforma .NET byla vydána firmou Microsoft v na přelomu roku 2001/2002. Tento produkt byl pokusem o vytvoření nového prostředí, které je více dynamické, více otevřené. Bylo vyvinuto tak, aby podporovalo velké množství aplikací, jako jsou například klasické desktopové aplikace, webové aplikace, serverové aplikace, aplikace pro mobilní telefony a další. Základem je .NET je tzv. „.NET Framework“, který funguje jako nadstavba operačního systému, a umožňuje vytvářet aplikace nezávisle na operačním systémem. Struktura je uvedena na obrázku číslo 9.



Obrázek 9 - Struktura platformy .NET Framework

Zdroj: http://windows-se7en.cz/wp-content/uploads/baar_aspnet001_002.jpg

7.1.2 ADO .NET

Každá aplikace postavená na platformě .NET, potřebující přístup k databázi, je závislá na knihovně ADO .NET. ADO .NET je sada tříd, které programátorům na platformě .NET poskytují služby pro přístup k datům. ADO .NET tedy vytváří sadu komponent pro tvorbu distribuovaných aplikací sdílejících data. Je nedílnou součástí

rozhraní .NET Framework, které poskytuje přístup k relačním, XML a aplikačním datům.

7.1.3 Microsoft Visual Studio .NET 2008

Microsoft Visual Studio 2008 je nejnovější vývojové prostředí od firmy Microsoft, obsahuje všechny nástroje potřebné pro efektivní budování programů. Funguje jako univerzální editor kódu, přičemž má vnitřní zabudovanou podporu jazyků Microsoft Visual Basic .NET, Microsoft Visual C++, Microsoft Visual C# .NET, Microsoft Visual J# .NET. Další programovací nástroje se dají doinstalovat v podobě tzv. „VSPackage“ balíčků.

7.1.4 Microsoft Visual C# .NET

C# (C Sharp) je silně objektově orientovaný programovací jazyk, který vychází z jazyků C++ a Java. V tomto jazyce je realizováno 80 % základních knihoven .NET Frameworku, hlavně je však koncipován pro psaní řízeného kódu. Jazyk C# je možné využít pro vytváření aplikací, jako jsou například formulářové aplikace, webové aplikace, webové služby, aplikace pro mobilní zařízení (PDA) a další

7.1.5 Verzování

Verzování je způsob uchovávání historie veškerých provedených změn obecně u jakékoliv digitální informace. Nejčastěji se tento pojem používá u zdrojových kódů software, kdy se evidují změny provedené v jednotlivých verzích během stádia vývoje softwarového projektu. Verzovat lze všechny počítačové soubory, v případě potřeby se verzují i primární data.

V praxi si to lze představit tak, že si systém správy verzí eviduje, kdo, kdy a jakým způsobem změnil které řádky zdrojového kódu programu. To slouží nejenom k úplnému přehledu všech změn, ale také možnosti vidět přesný stav sledovaných dat kdykoliv v minulosti, a také vrátit se k předchozí verzi daného programu v případě, že během dalšího vývoje dojde k chybám. Každé změně provedené ve zdrojových kódech je přidělováno unikátní číslo, označované většinou jako číslo revize.

Neméně významným prvkem verzování je možnost spolupráce velkého množství programátorů na jednom softwarovém projektu, protože verzovací programy hlídají a řeší případné kolize (situace, kdy dva či více programátorů současně mění stejné části zdrojového kódu).

[33]

VisualSVN Server

VisualSVN server je programový balíček, který obsahuje všechno potřebné k instalaci, konfiguraci a řízení serveru pro správu verzí na platformě Windows.

TortoiseSVN

TortoiseSVN je vynikající grafický nástroj pro práci s verzovacím systémem SVN. Integruje se do Windows, do kontextové nabídky, ze které je možné spouštět všechny potřebné funkce, včetně grafického porovnávání souborů, pokud dojde ke kolizi různých verzí souborů.

VisualSVN

VisualSVN je plug-in (zásuvný modul), který integruje TortoiseSVN a Subversion, neboli správu verzování do Visual Studia.

7.1.6 Knihovna SharpMap

SharpMap je knihovna pro práci s geografickými daty, jako jsou mapové podklady. Je napsaná v jazyce C#, a je založen na platformě .NET 2.0. Tato knihovna podporuje práci s mnoha typy geodetických informačních dat, které umožňuje vykreslit. Mapové podklady je možné vykreslovat na formulářových aplikacích a dokonce i ve webových aplikacích. Knihovna je volně šiřitelná pod GNU (Lesser General Public License).

7.1.7 Knihovna NTS (Net Topology Suite)

Net Topology Suite je knihovna pro práci s GIS daty. Tato knihovna je odvozená od knihovny JTS Topology Suite, která je napsaná v jazyce Java. Hlavní cíl tohoto projektu bylo poskytnutí funkčnosti knihovny JTS v prostředí .NET. NTS je možné využívat na jakémkoli druhu aplikací, které jsou v platformě .NET, jako jsou formulářové aplikace, webové aplikace, aplikace pro mobilní telefony a další. Knihovna NTS byla také napsána v programovacím jazyce C#. Zahrnuje v sobě další knihovny pro práci s geografickými daty, které zahrnují schopnosti pro čtení a zápis geografických dat, jako jsou například formát Shapefile, a mnohem víc. Knihovna je volně šiřitelná pod GNU (Lesser General Public License).

7.1.8 ESRI Shapefile

Shapefile je formát pro ukládání vektorových dat pro geografické informační systémy. Byl navržen a je spravován společností ESRI. Shapefile uchovává geografická data pomocí primitivních geometrických prvků, kterými jsou:

- ▶ body (body zájmu, čerpací stanice)
- ▶ řetězce linií (silnice, železniční tratě)
- ▶ polygony (vodní plochy, lesy).

Každý objekt může mít navíc různé popisné atributy, jako například název čerpací stanice, číslo silnice, jaké třídy je silnice atd.

Formát Shapefile se skládá nejméně ze tří základních souborů:

- ▶ **.shp (shape format)** - soubor ve kterém je uchováván samotný geometrický popis objektů.
- ▶ **.shx (shape index)** - indexový soubor, pomocí něhož je realizováno hledání v .shp souboru.
- ▶ **.dbf (attribute format)** - databázový soubor, ve kterém jsou uloženy vlastnosti objektů z .shp souborů.

Příklad na pochopení fungování Shapefile - Máme dopravní síť, která se skládá z jednotlivých silnic. Každá silnice je popsána pomocí bodů. Spojením těchto bodů vznikne křivka, reprezentující danou silnici. Tyto údaje jsou uloženy v .shp souboru. Každá silnice může mít nějaké atributy, jako například typ silnice (dálnice, silnice pro motorová vozidla, atd.), třída silnice (silnice I. třídy, silnice II. třídy). Tyto údaje jsou uloženy v souboru .dbf tak, že každá silnice je uložena na jednom řádku, a jednotlivé sloupce reprezentují dané atributy. K silnicím se bude přistupovat pomocí .dbf souboru, pomocí databázových dotazů. Pokud je požadovaná silnice nalezena, k její geometrické podobě se dostaneme přes indexový soubor .shx, který obsahuje pozici záznamu v souboru .shp, kde jsou data uložena.

Doplňující typy souborů:

- **.prj (projection format)** - obsahuje informace o souřadnicovém systému, prostorových referenčních systémech a převodech mezi nimi, a dalších doplňujících informacích. Je uložen v textovém formátu v takzvaném „Well-known text“ - (WKT), - značkovací jazyk pro toto určený.

- **.sbn, .sbnx** - obsahují funkce prostorových indexů (Spatial indexes)
 - ▶ Prostorové indexy jsou využívány prostorovými databázemi (databáze, které uchovávají informace vztahované k objektům ve vesmíru), aby optimalizovaly prostorové dotazy. Tyto databáze jsou optimalizovány pro dotazy typu - vzdálenost dvou bodů, na jakém místě se nachází bod v oblasti atd.
- **.fbn, .fbx** - obsahují funkce prostorových indexů (Spatial indexes) pro shapefiles, které jsou pouze pro čtení.
- **.ixs** - index geokódů pro čtení a zápis shapefile souborů.
 - ▶ geokódování - proces hledání spojitostí mezi geografickými souřadnicemi a jiným geografickými daty, jako ulice, psč atd.
- **.mxx** - index geokódů pro čtení a zápis shapefile souborů ve formátu ODB.
- **.shp.xml** - soubor .shp ve formátu XML.
- **.cpg** - používá pro specifikaci kódování v .dbf souboru.

7.2 Postup implementace projektu

Základem aplikace bylo vytvořit pracovní plochu, která poskytne rychlou a intuitivní práci s programem. Pracovní plocha by měla obsahovat mapový podklad na pozadí, a měla by umožňovat zobrazit aktuální pozici vozidel, sběrná místa s popisky, zobrazení naplánovaných tras. Neměla by chybět možnost přiblížení a oddálení části mapy a posun.

7.2.1 Mapové podklady

Digitální mapové podklady jsou v dnešní době velmi drahou komoditou.

Přibližné ceny mapových podkladů v České republice:

Silniční a uliční síť ČR (1 : 10 000)	500.000 Kč
Česká republika ČR (1 : 150 000)	45.000 Kč
Praha (1 : 10 000)	25.000 Kč
Brno, Ostrava, Plzeň (1 : 10 000)	20.000 Kč
ostatní krajská města (1 : 10 000)	15.000 Kč
okresní města (1 : 10 000)	12.000 Kč
ostatní města (1 : 10 000)	9.000 Kč

Tabulka 1 - Ceny mapových podkladů v české republice
Zdroj: <http://www.ceda.cz>

Existují alternativy, jak získat mapové podklady zdarma:

Google maps API

Využití rozhraní portálu google.com, který umožňuje vložení mapových podkladů do vlastní aplikace, a obsahuje sadu funkcí pro práci nad těmito mapovými podklady.

Nevýhoda: společnost Google může kdykoliv tuto službu zpoplatnit.

Vektorizace rastrových map

Vektorizace je převod obrázku z bitmapového formátu do vektorového. Spočívá v nahrazování barevných skupin rastrů vektorovými polygony s výplní, případně křivkami.

Získávání vektorových map:

- Automatickým převodem z rastrových map.
- Přímá metoda - myší nebo nějakým podobným zařízením se "objede" objekt (silnice, železnice, atd.) a označí se lomové body reprezentující daný objekt. Tyto body jsou spojeny přímkou.
- Získání dat přímo v terénu. Použití například Theodolitu (velmi přesný nástroj pro měření, používaný v zeměměřičství).

Nevýhoda: velmi pracné, je potřeba mít kvalitní rastrové předlohy.

Výchozí řešení

Pro účely diplomové práce se nakonec podařilo zapůjčit digitální mapové podklady města Pardubice.

Popis mapových podkladů:

Vektorové mapové podklady obsahují velmi podrobnou mapu města Pardubice, která je zpracována na základě mapových podkladů v měřítku 1 : 10 000. Mapy nabízejí základní polohopisné a prostorově identifikační údaje o městě a jeho okolí. Mapové podklady jsou ve formátu ESRI ShapeFile (viz 7.1.7) a jsou v souřadném systému S-JTSK (viz 4.2.2.)

Vrstvy mapových podkladů:

- Budovy - zastavěné plochy – budovy, bloky budov, geometrický typ - Polygon
- Zeleň - plochy zeleně, geometrický typ - Polygon
- Vodní plochy - plochy vodních nádrží, vodních toků a zamokřených území, geometrický typ - Polygon
- Vodní toky - středové linie vodních toků, geometrický typ - Linie
- Popisy - vodící linie popisů vybraných prvků (vodstvo, firma, místní název, část obce, název obce a další), geometrický typ - Linie
- Uliční úseky - středové linie úseků uliční sítě, geometrický typ - Linie
- Ulice - soubor uličních úseků se shodným názvem ulice (veřejného prostranství), geometrický typ - Linie
- Železnice - středové linie železničních tratí, geometrický typ - Linie
- Liniové značky - obrysy liniových značek (obrys komunikace, lanovka, lyžařský vleč, hradby, most a další), geometrický typ - Linie
- Bodové značky - centroidy bodových značek (pošta, hotel, restaurace, informace, nemocnice, policie, parkoviště, autobusové nádraží a další), geometrický typ - Bod
- Plošné značky - plochy výplní, geometrický typ - Polygon
- Směrové značky - směrová linie pokračování komunikací, geometrický typ - Linie

[28]

Pracovní vrstva

Pracovní vrstva je základem aplikace. Z této vrstvy je vytvořen pracovní graf, se kterým se provádí základní operace, jako například výpočet distanční matice, vyhledání nejkratší cesty z jednoho bodu do druhého, nalezení nejbližšího bodu a další.

Jako pracovní vrstva byla zvolena vrstva s názvem - Uliční úseky. Tato vrstva obsahuje kompletní silniční síť města Pardubice. Název vrstvy je STR_SECT, a je uložena ve stejnojmenných souborech str_sect.shp, str_sect.dbf, str_sect.shx.

Atributy tabulky uložené v souboru str_sect.dbf:

- fea_type - typ objektu (U014 - dálnice, U015 - silnice pro motorová vozidla, U018 - hlavní komunikace, U021 - vedlejší komunikace)
- str_code - kód ulice
- street - název ulice nebo veřejného prostranství
- road_class - třída silnice (jen pro dálnice, silnice I. a II. třídy)
- road_no - číslo silnice (jen pro dálnice, silnice I. a II. třídy)
- muni - název obce
- muni_code - kód obce

[28]

V programu se využívá atributu street pro zobrazení názvů ulic na cestách.

7.2.2 Správa vrstev

Aplikace obsahuje třídu pro správu jednotlivých mapových vrstev. Vzhledem k tomu, že každá vrstva, jak bylo popsáno výše, je uložena v několika souborech, byl vytvořen nástroj, který tyto soubory spravuje. Správa vrstev se inicializuje pracovním adresářem, do kterého se při přidávání mapové vrstvy kopírují soubory a při odebírání se z něj odstraňují soubory jednotlivých vrstev. Každá mapová vrstva je v programu reprezentována pomocí třídy Vrstva, která obsahuje doplňující informace o dané vrstvě (viz 7.2.3). Správa vrstev udržuje seznam těchto vrstev, a ukládá ho v adresáři Nastavení.

7.2.3 Vrstva

Tato třída je nadstavbou mapových vrstev v programu. Vrstva obsahuje informace k dané mapové vrstvě vztažené jako název, soubor, ve kterém se vrstva nachází, sloupec v tabulce (v souboru .dbf, například sloupec street u pracovní vrstvy)

z jakého se mají číst popisky pro danou vrstvu, styl jakým bude zobrazen samotný tvar vrstvy (barva, tloušťka čáry, atd.), styl jakým bude zobrazen popisek vrstvy a možnost vypnutí zobrazení tvaru i popisku.

7.2.4 Rozdělení správy vrstev

Byly vytvořeny tři správy vrstev podle použití v programu:

- **Správa pracovní vrstvy** - inicializována adresářem (WorkLayer). Obsahuje pouze jednu mapovou vrstvu, nad kterou se provádí výpočty.
- **Správa vrstev pro zobrazení** - inicializována adresářem (ShowLayer). Obsahuje podkladové vrstvy pro zobrazení objektů, jako jsou vodní plochy, budovy, řeky atd.
- **Správa dočasných vrstev** - inicializována adresářem (TempLayer). Do této správy jsou ukládány objekty, se kterými se provádí výpočty (sběrné body), výsledky výpočtů (nalezené cesty) a obslužná vozidla (s aktuální pozicí na které se nachází).

7.2.5 Zobrazení mapových vrstev

Zobrazení mapových vrstev probíhá pomocí rozhraní knihovny SharpMap (viz 7.1.5). S knihovnou SharpMap se pracuje pomocí její hlavní třídy Map.

Základní funkčnosti třídy Map

Vlastnosti:

Layers

Seznam vrstev typu `List<ILayer>` který bude třída aktuálně vykreslovat. Odebíráním, nebo naopak přidáváním mapových vrstev do tohoto seznamu získáváme interaktivní změny na pracovní ploše. Vrstvy se vykreslují podle pořadí v seznamu. Bylo nutné vytvořit systém priorit pro určení pořadí viditelnosti (Viz. 7.2.6).

Zoom

Pomocí této vlastnosti se nastavuje úroveň přiblížení v WCS (světový souřadnicový systém). Příkladem přiblížení 2x - `Zoom *= 2;` a naopak oddálení `Zoom/=2;`

MaximumZoom

Maximální velikost přiblížení.

MinimumZoom

Minimální velikost přiblížení.

BackColor

Barva pozadí, na kterém se budou mapy vykreslovat. (standardně nastavena na transparentní barvu Windows - šedá).

Size

Velikost výstupní mapy, která bude vrácena jako obrázek (Image). Tato vlastnost se většinou nastavuje v konstruktoru této třídy.

Center

Střed mapy ve světových souřadnicích.

Metody:

ImageToWorld

Převádí bod z obrázku na světové souřadnice v závislosti na aktuálním přiblížení, středu mapy, a velikosti mapy.

WorldToImage

Opačný převod ze světových souřadnic na souřadnice na obrázku.

ZoomToExtents

Přiblíží obraz tak, aby byly zobrazené všechny mapové vrstvy.

GetMap

Nejdůležitější metoda - vrací obraz (Image), s vykreslenými vrstvami podle aktuálního nastavení.

7.2.6 Systém priorit zobrazení vrstev

Aby bylo možné řídit zobrazení jednotlivých vrstev, byl vytvořen seznam priorit a třída, která je spravuje.

Seznam priorit:

- pozadi - vrstvy které jsou určené pouze pro zobrazení podkladových map
- caryPod - v programu má tuto prioritu pracovní vrstva
- caryNad - zvýrazněné vypočítané trasy

- body - sběrná místa, vozidla
- popisky - popisky bodů, vozidel, ulic atd.
- dulezite - nejvyšší priorita, pokud je potřeba překreslit všechny předchozí vrstvy

Správa priorit

Pro každou prioritu ukládá číslo, které znamená počet vrstev s danou prioritou. Podle správy priorit se program řídí při vkládání nové vrstvy do seznamu vrstev třídy Map.

7.2.7 Výpočetní část

Knihovna SharpMap poskytuje výborné funkce pro vykreslování map, nebo- sahuje však funkce pro výpočetní část, jako nalezení průsečíků cest, pro výpočet nejkratších cest, vytváření nových mapových vrstev a další. Pro tyto účely byla využita knihovna Net Topology Suite, která většinu těchto funkcí obsahuje.

Základní funkčnosti knihovny Net Topology Suite (NTS)

Knihovna NTS je velice rozsáhlá. Proto zde budou popsány pouze některé části, které byly využity.

Třídy:

Coordinate

Reprezentuje jeden bod. Obsahuje složky x a y typu double.

Geometry

Abstraktní třída, obsahující základní operace pro všechny typy vektorových objektů jako jsou čáry (line), body (point), a polygony (polygon). Obsahuje atribut Coordinates, který vrací pole bodů, ze kterých se objekt skládá.

GeometryCollection

Kolekce objektů typu geometry.

LineString

Reprezentace vektorového typu - čára (linie).

Point

Reprezentace vektorového typu - bod.

Polygon

Reprezentace vektorového typu - polygon.

ShapefileReader

Třída pro čtení z Shapefile souboru. Inicializována souborem, ze kterého se má číst. Metoda `ReadAll()`, vrací kolekci objektů `IGeometryCollection`.

ShapefileWriter

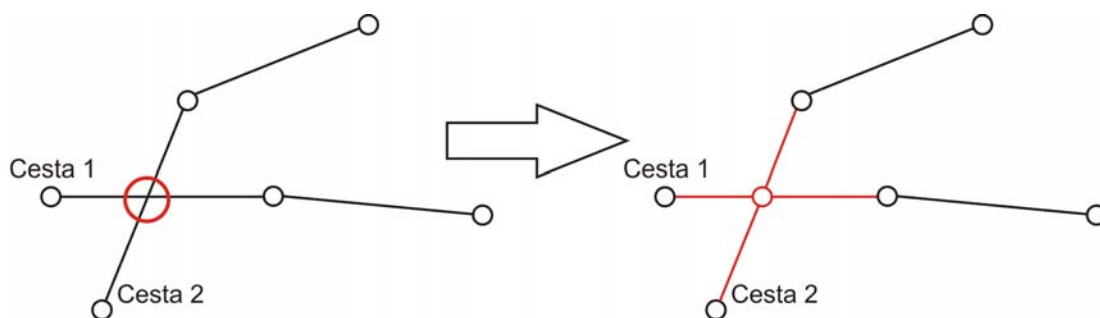
Třída pro zápis do ShapeFile souboru. Obsahuje metodu `write()`. Tato metoda má jako parametr název nové vrstvy a množinu objektů (`IGeometryCollection`), které se mají zapsat.

ShapefileDataWriter

Třída pro zápis do shapefile souboru i s přidáním popisných atributů (vytvoří se soubory `.shp`, `.shx`, a databázový soubor `.dbf`). Tato třída má oproti klasickému zápisu navíc atribut `Header`, pomocí něhož se nastavuje zápis do databázového souboru.

Výpočet průsečíků hran

Cesta je v mapových podkladech definována, každá samostatně pomocí posloupnosti bodů (souřadnic). Pokud z nich máme vytvořit souvislý graf, je potřeba vypočítat průsečíky mezi jednotlivými cestami. Bod, ve kterém se cesty protínají, je potřeba vložit do každé z nich, a tím vytvořit společný vrchol. Tento postup byl realizován pomocí knihovny NTS. Navíc byla do této knihovny přidána nová metoda, která realizuje přidání bodu průsečíku do každé z cest.



Obrázek 10 - Postup vytvoření nového vrcholu
Zdroj: Stanislav Sucharda

Vyhledání nejkratší cesty mezi dvěma body

Pro účely vyhledání nejkratší cesty byla vytvořena datová struktura graf, na které se hledání provádí. Mezi grafem a mapovou vrstvou obsahující cesty bylo pro převod využito návrhového vzoru adaptér.

Adaptér převodu mezi mapovými vrstvami a výpočtním grafem

Návrhový vzor Adaptér převádí rozhraní jedné třídy na rozhraní druhé třídy. V našem případě převádí mapovou vrstvu cest na datovou strukturu graf a zpět.

Je realizován pomocí třídy `AdapterVypocetniGraf`. Uchovává pole všech bodů, kterými jsou cesty definovány v proměnné `pointsList` a navíc obsahuje pomocnou proměnnou `sortedPointList`.

Proměnná `sortedPointList` je typu `Dictionary<(Of <(TKey, TValue)>>`, klíčovým prvkem `TKey` je bod (souřadnice) a hodnotou `TValue` je index, který udává, na jaké pozici se nachází bod v proměnné `pointList`. Pomocná proměnná `sortedPointList` byla využita z důvodů rychlosti kontroly existence bodů v seznamu `pointList`. Rychlý přístup k bodům je využíván při vkládání nových bodů do seznamu, kde se kontroluje, zda bod již není v seznamu obsažen. Rychlost přístupu k prvku by se měla blížit, díky datovému typu `Dictionary`, k jedné - $O(1)$.

V seznamu `pointList` se vyskytuje každý bod pouze jednou (zajištěno přes strukturu `sortedPointList` při vkládání).

Datová struktura graf je realizovaná pomocí třídy `Graf`. Graf obsahuje hrany a vrcholy. Pořadí vrcholů v grafu odpovídá pořadí bodů v proměnné `pointsList`. Hrany grafu reprezentují vzdálenosti mezi body, která je vypočítána pomocí Pythagorovy věty. Pomocí ohodnocení hran se určuje nejkratší vzdálenost mezi vrcholy. Datová struktura graf je podrobně popsána v další kapitole.

Adaptér volá, metodu grafu `hledej` pro nalezení nejkratší cesty mezi dvěma body. Výstupem funkce je seznam indexů, kterými nalezená cesta prochází. Indexy odpovídají bodům uloženým v seznamu `pointList`. Z těchto bodů je vytvořena nová cesta, která je poté vrácena zpět pro vykreslení.

Datová struktura Graf

Definice abstraktního datového typu graf:

Abstraktní datový typ Graf (odrážející binární relaci v množině) představuje heterogenní (nehomogenní) bipartitní strukturu, pracující se dvěma odlišnými třídami prvků - vrcholy a hranami. [29]

Prvotní struktura (Vrcholy) je reprezentována polem obsahujícím prvky typu `DerVrchol`. Druhotná struktura (sousedící vrcholy), je reprezentována typem `Dictionary<(Of <(TKey, TValue)>)`, kde klíčová hodnota prvku je index následujícího vrcholu a hodnotou je ukazatel na hranu, která tyto dva vrcholy spojuje. Hrana je uložena v seznamu hran. Vyhledávání nejkratší cesty je realizováno pomocí Dijkstrova algoritmu.

Postup výpočtu pomocí Dijkstrova algoritmu:

1. Všem vrcholům nastavíme ohodnocení na nekonečno, kromě počátečního vrcholu, který bude nastaven na 0. A zároveň nastaven jako aktuální vrchol.
2. Procházíme vrcholy od počátečního, dokud není finálně ohodnocen koncový vrchol.
 - a. Procházíme všechny sousední vrcholy aktuálního vrcholu
 - i. Zjistíme ohodnocení následníka aktuálního vrcholu, i pokud je větší než ohodnocení aktuálního vrcholu, plus délka spojující hrany, změním jeho ohodnocení.
 - Pokud bylo předchozí ohodnocení rovno nekonečnu, vložíme ho do pomocné prioritní fronty.
 - Pokud bylo předchozí ohodnocení menší než nekonečno, změním ohodnocení a reorganizujeme prioritní frontu.
 - b. Vybereme nejmenší prvek z prioritní fronty, nastavíme jeho ohodnocení jako finální a nastavíme tento prvek jako aktuální. Pokračujeme krokem 2.
3. Cestu získáme procházením vrcholů od koncového do počátečního. Od ohodnocení koncového vrcholu odečteme ohodnocení hrany, a pokud se hodnota rovná přilehlému vrcholu, přejdeme na něj a pokračujeme dále až k počátečnímu vrcholu.

Diagram UML tříd náležejících k datové struktuře Graf je v příloze č. 3.

Problém převádění cest do grafu

Při implementaci třídy `AdapterVypocetniGraf` byl v prvopočátku vývoje programu řešen problém s velkou časovou náročností převodu. Vzhledem k tomu, že graf po naplnění obsahuje kolem 5000 vrcholů a kolem 6000 hran, bylo potřeba třídu optimalizovat, aby její časová spotřeba byla únosná. Při první pokusné implementaci grafu trval převod z mapové vrstvy cest do grafu přibližně 10 minut. Ve výsledné podobě, popsané výše, se tento časový deficit podařilo snížit na zhruba 0,06 sekund.

Přichytávání objektů k cestám

Přichytávání objektů k cestám je realizováno v navigačních systémech. Vzhledem k tomu, že vrácená pozice GPS přijímače není vždy přesná, je nutné vypočítat, na které komunikaci se vozidlo nachází. V praxi vidíme, jak se vozidlo pohybuje pouze po komunikaci.

Z teoretického hlediska se jedná o nalezení nejbližší pozice v grafu, pro bod, který se nachází mimo něj. Přichytávání objektů se může řešit dvěma postupy:

- **Hledání pozice nejbližšího vrcholu** - Hledá se nejbližší vrchol vzhledem k pozici bodu. Není potřeba zasahovat do podkladové vrstvy cest. Tato metoda je při větších vzdálenostech vrcholů od sebe dosti nepřesná a například při sledování vozidel je nepoužitelná. Při vkládání sběrných míst však odpadá problematika reorganizace grafu.
- **Hledání bodu na hraně** - Hledá se nejbližší hrana a nejbližší bod na ní vzhledem k pozici zadaného bodu. Zobrazení pohybu vozidel je v tomto případě velmi plynulé. Při přidávání sběrných míst je však potřeba tento nový bod zanést do grafu pro další výpočty. Přidání bodu se provede modifikací shapefile souboru, do kterého je potřeba vložit nový bod (souřadnice). Díky modifikaci podkladového souboru mapové vrstvy je potřeba znovu vytvořit datová struktura graf, která bude tento nový vrchol již obsahovat. V programu se používá tato varianta.

7.2.8 Rozhraní Zobrazení

Všechny dříve popsané třídy a metody jsou v programu schovány za rozhraním s názvem `Zobrazeni`. Rozhraní `Zobrazeni` poskytuje ucelenou množinu funkcí pro všechny požadované operace.

Popis metod a vlastností rozhraní **IZobrazeni**:

`void Priblizeni(PointF bod)` - Převede bod do světových souřadnic a nastaví ho jako střed mapy. Mapu přiblíží 2x.

`void Priblizeni(PointF bod, int kolikrat)`- Převede bod do světových souřadnic a nastaví ho jako střed mapy. Mapu přiblíží podle proměnné `kolikrat`.

`void Oddaleni(PointF bod)` - Převede bod do světových souřadnic a nastaví ho jako střed mapy. Mapu oddálí 2x.

`void Oddaleni(PointF bod, int kolikrat)` - Převede bod do světových souřadnic a nastaví ho jako střed mapy. Mapu oddálí podle proměnné `kolikrat`.

`Point StredMapy` - Vrací a nastavuje střed mapy.

`Image DejObrazekMapy(Size velikost)` - Vrací aktuální obraz mapy o velikosti dané proměnnou `velikost`.

`bool PridejVrstvu(FileInfo soubor)` - Přidá vrstvu do správy vrstev pro zobrazení.

`bool OdeberVrstvu(FileInfo soubor)` - Odebírá vrstvu ze správy vrstev pro zobrazení.

`SpravaVrstev WorkLayer` - Umožňuje přístup ke správě pracovní vrstvy. Tato vlastnost je pouze pro čtení.

`SpravaVrstev ShowLayer` - Umožňuje přístup ke správě vrstev pro zobrazení. Tato vlastnost je pouze pro čtení.

`int PocetVrstev` - Celkový počet vrstev, které se aktuálně zobrazují.

`Point PridejBod(Point souradnice, string popisek, string nazeVrstvy, Color barva, bool zahrnoutDoVypoctu)` - Pokud již existuje vrstva s názvem `nazeVrstvy`, vznikne výjimka. Pokud neexistuje, funkce najde nejbližší bod v pracovní vrstvě (viz. přichytávání objektů k cestám). Vytvoří novou vrstvu s názvem `nazeVrstvy`, nastaví v ní parametry - `popisek` a `barva`. Dále vytvoří novou mapovou vrstvu s jedním bodem definovaným proměnnou `souradnice` a uloží ji do souboru. Poslední parametr určuje, zda bude nový bod

zahrnut do výpočtu. V případě přidávání sběrného místa bude tato proměnná nastavena na `true`. V případě přidávání vozidel, která nebudou součástí výpočtu, bude nastavena na `false`.

`void UpravBod(string nazeVrstvy, Point souradnice)` - Změní souřadnice bodu, který je uložen ve vrstvě s názvem `nazeVrstvy`.

`bool OdeberBod(string nazeVrstvy)` - Odebere bod ze správy dočasných vrstev (`TempLayers`) podle proměnné `nazeVrstvy`. Pokud bod neexistuje, funkce vrací `false`. Pokud byl bod v pořádku odebrán, vrací `true`.

`Point NejblizsiBod(Point bod, IGeometryCollection mnozinaObjektu, out int pozice)` - Najde nejbližší bod v zadané kolekci bodů `mnozinaObjektu`. Funkce vrací nalezený bod. Proměnná `pozice` je nastavena na pozici na jaké se bod nachází v zadané kolekci.

`bool ExistujeBod(string nazeVrstvy)` - Kontrola existence bodu na mapě.

`void PridejCaru(string nazeVrstvy, Point[] body, string popis, Color barva, int sirka)` - Proměnná `body`, předává posloupnost bodů, mezi kterými funkce vypočítá nejkratší vzdálenosti a vytvoří z nich novou cestu. Vytvoří se nová vrstva, která se nastaví podle proměnných `barva`, `popis`, a `sirka`. Proměnná `sirka` nastaví šířku vykreslované cesty.

`bool OdeberCaru(string nazeVrstvy)` - Odebere čáru ze správy dočasných vrstev (`TempLayers`) podle proměnné `nazeVrstvy`. Pokud čára neexistuje, funkce vrací `false`. Pokud byla čára v pořádku odebrána, vrací `true`.

`bool ZrusPopisky()` - Vypne zobrazení všech popisků ve správě dočasných vrstev (`TempLayers`).

`bool ZobrazPopisky()` - Zapne zobrazení všech popisků ve správě dočasných vrstev (`TempLayers`).

`Point ImageToWorld(PointF bod)` - Převádí bod z obrázku na světové souřadnice v závislosti na aktuálním přiblížení, středu mapy a velikosti mapy.

`PointF WorldToImage(Point bod)` - Převádí bod ze světových souřadnic na souřadnice na obrázku v závislosti na aktuálním přiblížení, středu mapy, a velikosti mapy.

UML diagram tříd souvisejících s rozhraním `Zobrazení` je v příloze č. 4.

7.2.9 Přepoččet souřadnic

Jak bylo popsáno výše, dodané mapové podklady jsou v lokálním souřadnicovém systému JTSK, a tedy i celý program pracuje s těmito souřadnicemi. Problém nastává v situaci, kdy se pracuje s vozidly, které přijímají souřadnice z GPS zařízení. Systém GPS komunikuje ve světovém souřadnicovém systému WGS-84, proto bylo nutno implementovat algoritmus pro převod mezi těmito dvěma systémy. Problém přepočtu souřadnic z JTSK do WGS-84 je velice obsáhlý. V programu tyto přepočty provádí statická třída `PrepocetSouradnic`.

Popis metod třídy `PrepocetSouradnic`:

`public static double StupneNaRadiany(double uhelStupne)` - Převádí stupně na radiány.

`public static double RadianyNaStupne(double uhelStupne)` - Převádí radiány na stupně.

`public static void SJTSK_WGS84_transformation_XY_BLH(double X, double Y, out double B, out double L, out double H)` - Převod ze souřadného systému JTSK na systém WGS-84. Vstupními parametry jsou zeměpisná šířka x a zeměpisná délka y , zadané ve stupních. Výstupními parametry jsou zeměpisná šířka B a zeměpisná délka L . Parametr H je nadmořská výška, s tímto parametrem se ve funkci nepočítá a je standardně 0. Výstupní parametry jsou v radiánech.

`public static void WGS84_SJTSK_transformation_BLH_XY(double B, double L, double H, out double X, out double Y)` - Převod ze souřadného systému WGS-84 na systém JTSK. Vstupními parametry jsou zeměpisná šířka B a zeměpisná délka L , zadané v radiánech. Parametr H je nadmořská výška, s tímto parametrem se ve funkci nepočítá a nastavuje se na 0. Výstupní parametry jsou zeměpisná šířka y a zeměpisná délka x . Výstupní parametry jsou ve stupních.

`public static double StringToDouble(string souradnice)` - Převede řetězec znaků: stupně, minuty a sekundy (dd°mm'ss) na reálné číslo (stupně).

`public static string PrevodNaString(double x)` - Převede reálné číslo (stupně) na řetězec znaků ve formátu d°m's.

7.2.10 Sledování vozidel

Aktivní systémy umožňují sledování vozidla v reálném čase. Aktivní sledování je zajištěno komunikací vozidla, které odesílá informace o své pozici, s řídicím střediskem, které tyto informace přijímá a zobrazuje vozidlo na mapě.

Aktivní sledování bylo v programu vyřešeno pomocí databáze, která je dostupná pomocí připojení k Internetu. S touto databází komunikují program i vozidlo. Vozidlo se k Internetu připojuje pomocí GSM sítě, a do databáze ukládá svoji aktuální pozici. Program tuto pozici načítá a zobrazuje vozidlo na mapě. Takovýmto způsobem je možné sledovat libovolný počet vozidel v reálném čase.

Vozidlo

Vozidla jsou reprezentována rozhraním `IVozidlo`. Každé vozidlo je definované atributy:

- `Nazev` - Udává jedinečný název vozidla. V systému není možné, aby se vyskytovala dvě vozidla se shodným názvem.
- `Aktivni` - Určuje zda se má vozidlo zobrazovat na mapě.
- `Barva` - Barva popisku vozidla, s jakým se zobrazí na mapě.
- `typVozu` - Typ vozu potřebný pro výpočetní část programu.
- `x` - Pozice vozidla - zeměpisná šířka.
- `y` - Pozice vozidla - zeměpisná délka.

Správa vozidel

Vozidla jsou ukládána do databáze MySQL a pracuje se s nimi pomocí standardních databázových dotazů. O správu vozidel se stará třída `SpravaVozidelDB`, která implementuje rozhraní `ISpravaVozidel`.

Popis metod a vlastností rozhraní ISpravaVozidel:

List<IVozidlo> **DejVozidla**(SpravaTypuVozidel spravaTypuVozidel)-
Vrací seznam všech vozidel. Pomocí proměnné spravaTypuVozidel se při načítání z databáze vytváří atribut typVozu, který je v databázi uložen pouze jako název.

List<IVozidlo> **DejVozidla**(TypVozidla tv)- Vrátí všechna vozidla podle typu vozidla specifikovaným parametrem tv.

List<IVozidlo> **DejAktivniVozidla** (SpravaTypuVozidel spravaTypuVozidel) - Vrátí všechna vozidla, která mají nastaven atribut Aktivni na true.

IVozidlo **DejVozidlo**(String nazev, SpravaTypuVozidel spravaTypuVozidel) - Vrací vozidlo podle proměnné nazev. Pomocí proměnné spravaTypuVozidel se při načítání z databáze vytváří atribut typVozu, který je v databázi uložen pouze jako název.

int **PocetVozidel** - Vrací počet vozidel v systému.

bool **PridejVozidlo**(IVozidlo v) - Vloží vozidlo do databáze.

void **UpravVozidlo**(IVozidlo vozidlo) - Upraví vozidlo specifikované proměnnou vozidlo v databázi .

void **NastavAktivni**(string nazevVozidla, bool aktivni) - Nastaví vozidlu s názvem nazevVozidla atribut aktivní podle proměnné Aktivni.

void **OdeberVozidlo**(IVozidlo vozidlo) - Odebere vozidlo specifikované proměnnou vozidlo z databáze.

void **OdeberVozidlo**(String nazevVozidla)- Odebere vozidlo specifikované proměnnou nazevVozidla z databáze.

Sledování vozidel

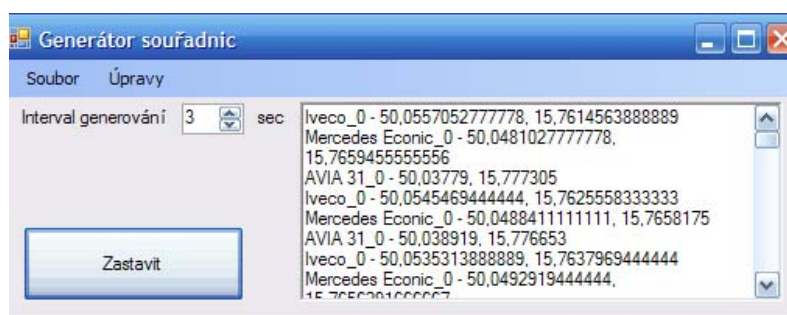
V programu je zakomponován časovač, který, pokud je spuštěn, tak v časových intervalech kontroluje změnu pozice aktivních vozidel. Pokud zjistí, že vozidlo změnilo svoji pozici, vykreslí vozidlo na nové pozici. Časovač je možné nastavovat na hodnotu, po jaké době se bude aktualizovat. Standardně je nastaven na 3 sekundy.

7.3 Generátor vozidel

Vzhledem k tomu, že nebylo možné umístit gps zařízení do obslužných vozidel a realizovat tak jejich sledování v reálném čase, byla vytvořena aplikace s názvem Generátor, která simuluje pohyb obslužných vozidel na trasách.

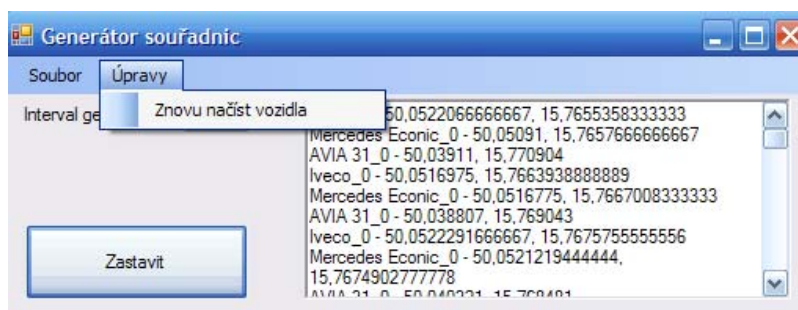
Aplikace načte trasy pro jednotlivá vozidla z textových souborů, a podle nastaveného intervalu mění pozici vozidel v databázi. Prováděné změny jsou zobrazené na textovém panelu.

Tato aplikace slouží nejen pro generování souřadnic, ale funguje i jako část pasivního systému, která umožňuje zpětně promítnout pohyb vozidla.



Obrázek 11 - Generátor souřadnic

Zdroj: Stanislav Sucharda



Obrázek 12 - Generátor souřadnic

Zdroj: Stanislav Sucharda

Na obrázku č. 11 a 12 je vidět, jak vypadá aplikace Generátor. Popis jednotlivých částí aplikace:

- Interval, po jaké době se bude pozice ukládat.
- Tlačítko pro spuštění/zastavení časovače.
- Textové pole, výpis aktuálně generovaných souřadnic.
- Nabídka menu-úpravy-Znovu načíst vozidla - Používá se, pokud nastaly nějaké změny v databázi vozidel, nebo pokud se přidal/upravil textový

soubor s pozicemi. Po aktivování této volby se znovu načtou vozidla z databáze a znovu se spárují s textovými soubory.

7.4 Aplikace pro mobilní telefon

Pro pokusné účely byla vytvořena aplikace pro mobilní telefon typu PDA s operačním systémem Windows Mobile. K tomu to účelu byla využita knihovna od společnosti GeoFrameworks, která poskytuje rozhraní pro komunikaci s GPS modulem v mobilním telefonu. Společnost GeoFrameworks poskytuje 60-denní zkušební verzi, která byla k testovacím účelům dostačující. Knihovna GeoFrameworks poskytuje velké množství funkcí pro práci GPS zařízením, jako je:

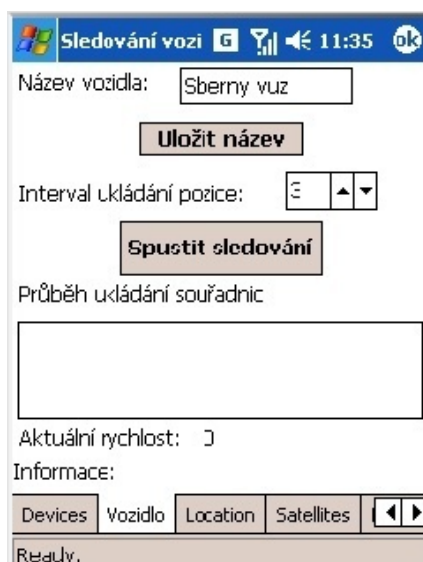
- nalezení modulu GPS v telefonu
- komunikace s modulem GPS
- grafické zobrazení aktivních družic
- grafické zobrazení rychlosti (tachometr)
- grafický kompas
- informace o zeměpisné délce, šířce a nadmořské výšce
- aktuální čas podle GPS zařízení
- a mnoho dalších.

Bylo využito spojení a komunikace s modulem GPS, získání aktuální pozice a informativní zobrazení rychlosti. Informace o aktuální pozici jsou v souřadném systému WGS-84.

Vlastní program

Při vytváření vlastní aplikace byl využit ukázkový program od společnosti GeoFrameworks, do kterého byla implementována vlastní část, pro potřeby sledování vozidel.

Aplikace obsahuje časovač, který pokud je spuštěn a pokud je GPS přijímač aktivní, ukládá informace o aktuální pozici vozidla do textového souboru. Název souboru odpovídá označení vozidla. Aplikace zahrnuje časovač, který určuje časové intervaly snímání aktuální polohy. Parametr časovače je nastavitelný, maximální hodnota činí 100 sec. a minimální 3 sec, standardní nastavení časovače činí 3 sec.



Obrázek 13 - Mobilní aplikace
Zdroj: Stanislav Sucharda

Na obrázku č. 13 je zobrazení vytvořené mobilní aplikace. Popis jednotlivých částí aplikace:

- Textové pole Název vozidla - Umožňuje nastavit název vozidla, podle tohoto názvu se vytváří textový soubor.
- Tlačítko pro uložení změny názvu vozidla.
- Interval ukládání pozice vozidla
- Tlačítko pro spuštění/zastavení časovače.
- Textové pole - výpis aktuálně ukládaných souřadnic.
- Informace o aktuální rychlosti vozidla.
- Informace o stavu v jakém se GPS modul nachází:
 - ▶ Připojení není aktivní - není spuštěný gps přijímač, nebo není možné učít aktuální pozici.
 - ▶ Spojení navázáno - je možné zaznamenat aktuální pozici.
 - ▶ Zápis do souboru - informace zaznamenání pozice do souboru.

7.5 Testování aplikací

V reálném prostředí by data z vozidla byla ukládána do databáze pomocí sítě GSM, program by tato data načítal a zobrazoval na mapovém podkladu. Vzhledem k tomu, že provedení testování tohoto typu by bylo finančně náročné, bylo nutné program otestovat alternativním způsobem.

Popis testování:

1. Autem bylo projeto, několik částí Pardubic. Za pomoci mobilního telefonu typu PDA a vytvořené mobilní aplikace, byl zaznamenán průběh jízdy. Aktuální pozice vozidla byla ukládána po 3 sekundách. Pro každé vozidlo byl zvolen jedinečný název.
2. Zaznamenaná data byla uložena do aplikace Generátor. V hlavním programu byly do správy vozidel přidány vozidla podle názvů výstupních souborů.
3. Po spuštění Generátoru a spuštění sledování vozidel v hlavním programu, byl zobrazen pohyb vozidel, podle generovaných souřadnic.

Tímto testováním byla potvrzena plná funkčnost programu, při sledování pohybu vozidel. Poloha vozidel se na mapovém podkladu mění podle hodnot v databázi, které jsou generátorem měněny na základě uložených tras.

8 Ovládání programu

V této části je popsáno ovládání programu pro práci s mapovými podklady, a pro práci s vozidly. Vzhled celé aplikace je zobrazen v přílohách 5, 6, 7 a 8.

8.1 Ovládací panel

Ovládací panel umožňuje rychlejší práci s programem. Po kliknutí na jednu z voleb se tato nastaví jako aktivní. Při práci s mapovým podkladem se pracuje podle aktivní volby v ovládacím panelu.



Obrázek 14 - Ovládací panel
Zdroj: Stanislav Sucharda

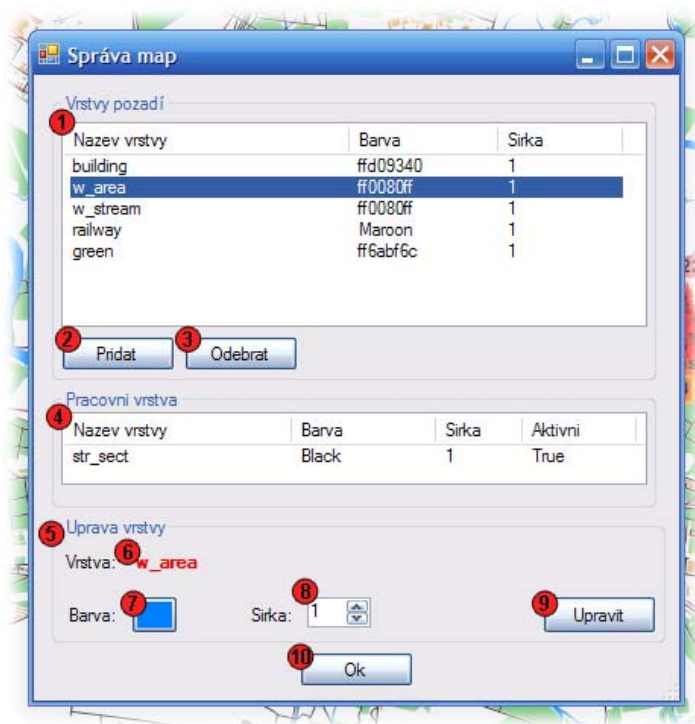
Popis funkcí:

- 1) Volba lupa - přiblížení - Po kliknutí na pracovní plochu se mapový podklad přiblíží.
- 2) Volba lupa - oddálení - Po kliknutí na pracovní plochu, se mapový podklad oddálí.
- 3) Volba posun - Slouží pro posun mapového podkladu.
- 4) Volba přidání sběrného místa - Po kliknutí na pracovní plochu se zobrazí dialog pro vyplnění údajů pro sběrné místo. Sběrné místo se vloží na pracovní plochu.
- 5) Volba odebrání sběrného místa - Po kliknutí na pracovní plochu se odebere sběrné místo, které je nejbližší.
- 6) Volba úprava sběrného místa - Po kliknutí na pracovní plochu se zobrazí dialog s informacemi pro o sběrném místě, které lze modifikovat.
- 7) Zapnutí / vypnutí popisků.

Přibližování a oddalování pracovní plochy je také možné pomocí scrolleru na myši za jakékoli aktivní volby.

8.2 Správa mapových vrstev

Dialog Správa mapových vrstev se z hlavního programu vyvolá pomocí Menu → Nastavení → Správa map. V tomto dialogu se je možné přidávat, odebírat a nastavovat podkladové vrstvy. Dále je zde možné modifikovat nastavení pracovní vrstvy.



Obrázek 15 - Správa mapových vrstev
Zdroj: Stanislav Sucharda

Popis funkcí:

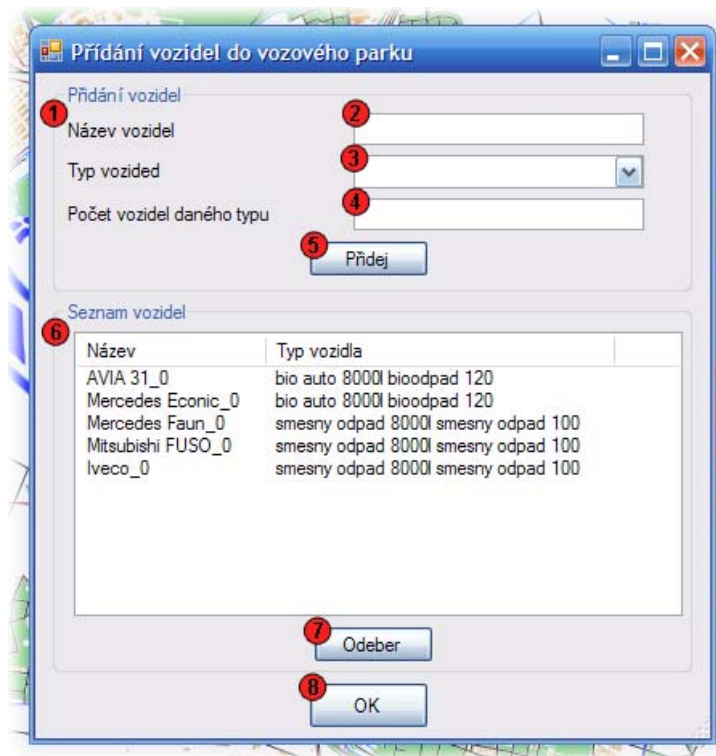
- 1) Výpis podkladových vrstev, které jsou přidány v programu a jejich aktuálního nastavení.
- 2) Tlačítko pro přidání nové podkladové vrstvy.
- 3) Tlačítko pro odebrání podkladové vrstvy.
- 4) Informace o názvu a nastavení pracovní vrstvy.
- 5) Panel pro nastavení parametrů vrstvy. Po vybrání vrstvy ze seznamu podkladových vrstev (1) nebo pracovní vrstvy (4), se její nastavení načte do tohoto panelu, a je možné ho zde modifikovat.
- 6) Název právě nastavované vrstvy.
- 7) Nastavení barvy vrstvy. Po kliknutí na toto tlačítko se zobrazí dialog s výběrem barev.
- 8) Nastavení šířky. Nastavení šířky ovlivní pouze vrstvy typu čára (line).
- 9) Tlačítko Upravit, uloží zvolené nastavení do vrstvy.

10) Po stisknutí tlačítka Ok se zavře dialog a provedené změny se zobrazí na pracovní ploše.

8.3 Správa vozidel

Dialog Správa vozidel se z hlavního programu vyvolá pomocí Menu → Správa → Správa vozidel.

Správa vozidel umožňuje přidávání a odebírání vozidel ze systému.



Obrázek 16 - Správa vozidel
Zdroj: Stanislav Sucharda

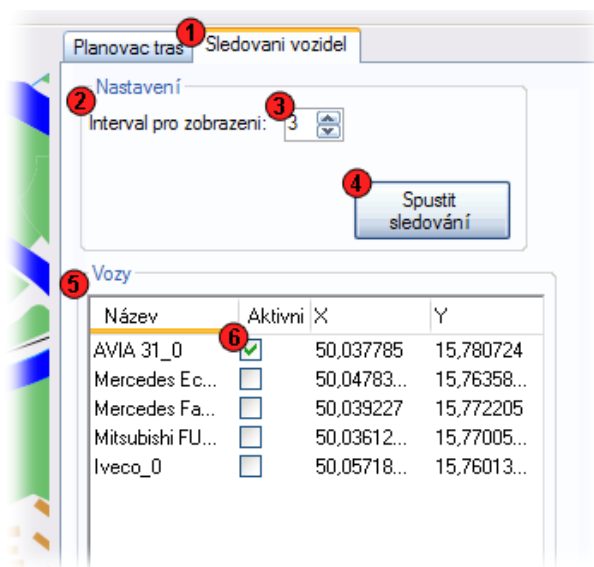
Popis funkcí:

- 1) Panel přidání vozidel. V tomto panelu se nastavují všechny parametry pro přidání vozidla.
- 2) Textové pole pro zadání názvu vozidla. Název vozidla musí být unikátní.
- 3) Výběr typu vozidla.
- 4) Textové pole počet vozidel daného typu je pro usnadnění zadávání většího počtu stejných vozidel. Pokud je zadaná číselná hodnota větší než 1, přidá se tento počet vozidel se stejným názvem. Název se bude pouze lišit číslem na konci.
- 5) Tlačítko Přidej, přidá vozidlo do systému.

- 6) Panel Seznam vozidel zobrazuje seznam vozidel nacházejících se v systému.
- 7) Tlačítko Odeber, odebere označené vozidlo ze seznamu vozidel.
- 8) Tlačítko OK, zavře dialog.

8.4 Sledování vozidel

Panel pro sledování vozidel se nachází v pravé části programu, a umožňuje zapnout / vypnout zobrazení vozidel na pracovní ploše. Dále umožňuje nastavit a spustit aktivní sledování vozidel.



Obrázek 17 - Panel Sledování vozidel
Zdroj: Stanislav Sucharda

Popis funkcí:

- 1) Záložka sledování vozidel - která se nachází v levé části programu.
- 2) Panel pro nastavení sledování vozidel.
- 3) Interval po jaké době se bude kontrolovat pozice vozidel.
- 4) Tlačítko pro zapnutí / vypnutí sledování vozidel.
- 5) Panel zobrazující seznam vozidel.
- 6) Zaškrťovací políčko (CheckBox) Aktivní, u každého vozidla, slouží k zapnutí / vypnutí zobrazení vozidla na pracovní ploše.

9 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvořit aplikaci pro plánování tras svozu odpadu s možností on-line sledování polohy vozidel při obsluze území. Stanovených cílů se podařilo dosáhnout.

Byla vytvořena aplikace, která umožňuje plánovat trasy pro svoz odpadu na digitálním mapovém podkladu. Umožňuje vkládání sběrných míst na libovolné místo na dopravní komunikaci, a k nim příslušné popisky, barevné zvýraznění naplánovaných cest. Aplikace dále umožňuje aktivní nebo pasivní komunikaci s vozidly, a jejich aktuální zobrazení na mapě.

Jedním z hlavních přínosů této diplomové práce bylo vytvoření programu, který umí pracovat s reálnými digitálními mapami, používanými v praxi. Problematika práce s digitálními mapami je rozsáhlá a její implementace je velice náročná. Vytvořený program obsahuje 23 funkcí pro práci s mapovým podkladem.

První a nejnáročnější implementovanou funkcí bylo zobrazení mapových vrstev. Vytvořený program umožňuje spravovat a zobrazovat mapové vrstvy jednotlivě, což je užitečné z hlediska práce s aplikací. Je možné například pro větší přehlednost zrušit zobrazení některých mapových vrstev, nebo naopak přidat mapovou vrstvu, pro větší pochopení mapového podkladu (přidání vrstvy budov, nebo vodních ploch). Dále lze u každé vrstvy nastavovat barvu nebo tloušťku čar. Samozřejmostí je přibližování, oddalování (Zoom), a posun mapové vrstvy.

Další funkčností, kterou program umožňuje, je vkládání sběrných míst do mapového podkladu na jakékoli místo na silniční komunikaci, což obsahuje modifikaci podkladové mapové vrstvy, a také implementace algoritmu pro „přichytávání“ bodů k silniční síti. Mezi sběrnými body je možné vypočítat vzdálenost a zobrazit nejkratší cestu. Tato problematika byla řešena převedením silniční sítě na graf, na kterém byla vyhledána nejkratší cesta, která mohla být zpětně zobrazena.

Program dále obsahuje rozhraní pro komunikaci se sběrnými vozidly, a on-line zobrazení aktuální polohy na mapě. Pro zobrazení na mapovém podkladu se používá algoritmu „přichycení“ k mapové vrstvě komunikací, stejného jako při vkládání sběrných míst. Vzhledem k tomu, že vozidla používají ke zjištění jejich aktuální

pozice systému GPS, který pracuje ve světovém souřadném systému WGS-84 (World Geodetic System 1984) a použité mapové podklady využívají lokální systém souřadnic S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální), bylo nutné implementovat převodní algoritmus, mezi těmito dvěma souřadnými systémy. Tento problém byl vyřešen a program obsahuje algoritmy pro převod ze zobrazení WGS-84 na S-JTSK a naopak.

Vzhledem k tomu, že nebylo možné vyzkoušet sledování vozidel v praxi, byla vytvořena podpůrná aplikace s názvem Generátor. Tato aplikace mění v časových intervalech pozici vozidel v databázi. Změny jsou zobrazovány na mapovém podkladu. Generátor zastává část pasivního systému, který umí zpětně přehrát projetou cestu vozidla.

GPS souřadnice pro generátor byly získány aplikací pro mobilní telefony typu PDA obsahující modul GPS, se kterým aplikace komunikuje, za pomoci knihovny GeoFrameworks. Mobilní aplikace zaznamenává svoji pozici v nastavených intervalech, a ukládá ji do textového souboru. Po skončení trasy lze tento textový soubor přehrát pomocí aplikace Generátor, a zobrazit pohyb vozidla v hlavní aplikaci na mapovém podkladu.

Tato aplikace může nalézt využití jako nástroj při plánování svozně rozvozních úloh a k aktivní kontrole vozidel při plnění tras.

SEZNAM LITERATURY

[1] GERHEIM, Klaus-Peter. Telematikanwendungen im ÖPNV. *Verkehr und Technik* [online]. 2007, N. 7 [cit. 2009-03-30], s. 133-135.

[2] MINISTERSTVO DOPRAVY. Inteligentní dopravní systémy v České Republice: šance pro bezpečnější a efektivnější dopravu. : MINISTERSTVO DOPRAVY, 2005. 20 s.

[3] BILER, Radek. *Analýza komunikace a přesnosti určování polohy přijmačů GPS*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006. 55 s. Univerzita Pardubice. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Němec.

[4] Co to je GPS? Historie a úvod do problematiky. *Ce4you* [online]. 2005 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.ce4you.cz/articles/detail.asp?a=244>>.

[5] Global Positioning System. *Wiki* [online]. 2008 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/GPS>>.

[6] HÁNEK (JR.), Pavel. Globální družicové navigační systémy. *Zf.jcu.cz* [online]. 2008 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kpu/vyuka/geod_hanek/gps.doc>.

[7] ŠUNKEVIČ, Martin. Program Galileo. *Czechspace* [online]. 2007 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/program-galileo>>.

[8] SNÁŠEL, Jaroslav. Už vím, jak pracuje navigační systém GPS. *Navigovat.mobilmania* [online]. 2005 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://navigovat.mobilmania.cz/clanky/Ar.asp?ARI=111127&CHID=2&EXPS=&EXPA=>>>.

[9] LENHART, Zdeněk . Projekce zemského povrchu. *Tvorbamap.shocart* [online]. 2000 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://tvorbamap.shocart.cz/>>.

[10] Modelování geoprostoru, souřadné systémy. *Wasek.hukot* [online]. 2008 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <wasek.hukot.cz/gis.pdf>.

- [11] LENHART, Zdeněk . Souřadnicové systémy. *Tvorbamap.shocart* [online]. 2000 [cit. 2009-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://tvorbamap.shocart.cz/>>.
- [12] UTM. *Wiki* [online]. 2008 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/UTM>>.
- [13] MARTÍNEK, Jan . GPS a komunikační protokol NMEA. *Abclinuxu* [online]. 2006 [cit. 2009-04-03]. Dostupný z: WWW: <<http://www.abclinuxu.cz/clanky/ruzne/gps-a-komunikacni-protokol-nmea-2-dostupnost-presnost-navilock>>.
- [14] BŘEHOVSKÝ, Martin , JEDLIČKA, Karel , ŠÍMA, Jiří . ÚVOD DO GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÍCH SYSTÉMŮ. *ZČU* [online]. 2005 [cit. 2009-09-03]. Dostupný z WWW: <<http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>>.
- [15] Geografický informační systém *Wiki* [online]. 2008 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografick%C3%BD_informa%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m>.
- [16] České vysoké učení technické V Praze [online]. [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/pdf/Priloha-3-6-I-format.pdf>.
- [17] Dopravní telematika *SdT* [online]. [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.sdt.cz/page.php?id=1&lang=cz>>.
- [18] České vysoké učení technické V Praze [online]. [cit. 2009-04-08]. Dostupný z WWW: <http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/definice.htm>.
- [19] VÍTEK, Martin. Princip využití technologie webových služeb pro komunikaci typu peer-to-peer. *Elektrorevue* [online]. 2002, č. 48 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.elektrorevue.cz/clanky/02048/index.html#kap1>>.
- [20] Microsoft Visual Studio [online]. 2008 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio>.
- [21] GUIDI , Diego. *Nettopologysuite* [online]. 2006 [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://code.google.com/p/nettopologysuite/>>.

- [22] *Sharpmap.codeplex.com* [online]. 2005 [cit. 2009-04-15].
Dostupný z WWW: <<http://sharpmap.codeplex.com/>>.
- [23] *www.dcomm.cz/euteltracs.php* [online]. [2003] [cit. 2009-04-29].
Dostupný z WWW: <<http://www.dcomm.cz/euteltracs.php>>.
- [24] *www.fleetware.cz/real-time/vozidlo.php* [online]. [2006] [cit. 2009-04-29].
Dostupný z WWW: <<http://www.fleetware.cz/real-time/vozidlo.php>>.
- [25] *www.orbcomm.cz/* [online]. [2006] [cit. 2009-04-30]. Dostupný z WWW:
<<http://www.orbcomm.cz/>>.
- [26] *www.knihajizd.info/kniha-jizd-funkce.html* [online]. [2007] [cit. 2009-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.knihajizd.info/kniha-jizd-funkce.html>>.
- [27] FOŘT, Petr , MIKŠÍK , Tomáš . Počítačová grafika 4. díl, Vektorizace rastrů. *Designtech* [online]. 2005 [cit. 2009-04-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/support/pocitacova-grafika-4--dil--vektorizace-rastru.htm>>.
- [28] ČR MĚSTA (CR CITY). *Ceda.cz* [online]. 2005 [cit. 2009-04-30].
Dostupný z WWW: <http://www.ceda.cz/images/stories/produkty/CR_mesta.pdf>.
- [29] KAVIČKA, Antonín. *Graf.* Pardubice, 2005. 29 s. Univerzita Pardubice. Přednáška .
- [30] České vysoké učení technické V Praze [online]. [cit. 2009-05-05].
Dostupný z WWW: < http://kix.fsv.cvut.cz/~vanicek/vyuka_z07/gss.ppt>.
- [31] ČADA, Václav . Souřadnicové systémy. *Tvar zemského tělesa a referenční plochy* [online]. 2007 [cit. 2009-05-05].
Dostupný z WWW: <<http://www.gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch01.html>>.
- [32] Druhy odpadů. Jablonec nad Nisou : oficiální stránky města [online]. 2005 [cit. 2009-05-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.mestojablonec.cz/cs/zivotni-prostredi/odpady/druhy-odpadu/>>.
- [33] Verzování. *Wiki* [online]. 2008 [cit. 2009-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Verzování>>.

[34] SVOBODA, V., SVÍTEK, M. *Telematika nad dopravními sítěmi*. Praha. Vydavatelství ČVUT, 2005.

[35] MIKULSKI, J. *Advances in Transport Systems Telematics*. Publisher Jacek Skalmierski Computer Studio. Katowice, 2006.

[36] MIKULSKI, J. *Advances in Transport Systems Telematics 2*. Silesian University of Technology. Katowice, 2007.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Statické telematické systémy	8
Obrázek 2 - Dynamické telematické aplikace.....	8
Obrázek 3 – Družice na oběžné dráze.....	13
Obrázek 4 - Princip trilaterace	16
Obrázek 5 - Schéma systému Galileo	19
Obrázek 6 - Určení polohy bodu na povrchu Země.....	21
Obrázek 7 - Princip zobrazení povrchu Země na kuželovou plochu, válnčovou plochu a rovinu	22
Obrázek 8 - Schéma Křovákova zobrazení.....	23
Obrázek 9 - Struktura platformy .NET Framework	35
Obrázek 10 - Postup vytvoření nového vrcholu.....	46
Obrázek 11 - Generátor souřadnic	55
Obrázek 12 - Generátor souřadnic	55
Obrázek 13 - Mobilní aplikace.....	57
Obrázek 14 - Ovládací panel.....	59
Obrázek 15 - Správa mapových vrstev	60
Obrázek 16 - Správa vozidel.....	61
Obrázek 17 - Panel Sledování vozidel	62

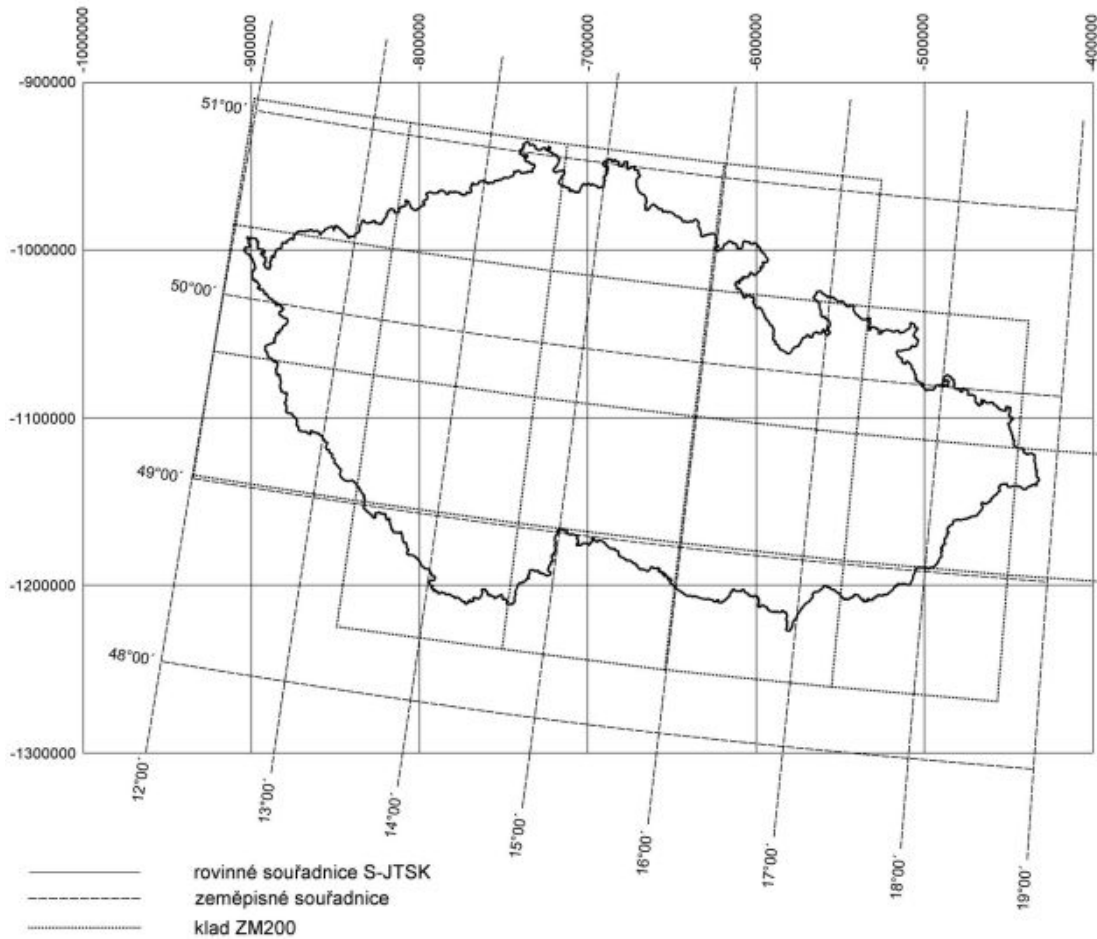
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-JTSK	71
Příloha 2 - Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-42.....	72
Příloha 3 - UML diagram tříd náležejících k datové struktuře Graf	72
Příloha 4 - UML diagram tříd souvisejících s rozhraním Zobrazení.....	72
Příloha 5 - Hlavní aplikace - Sledování vozidel	72
Příloha 6 - Hlavní aplikace - Sběrná místa	72
Příloha 7 - Hlavní aplikace - Naplánované trasy (vypnuté popisky).....	72
Příloha 8 - Hlavní aplikace - Naplánované trasy (zapnuté popisky)	72

Přílohy

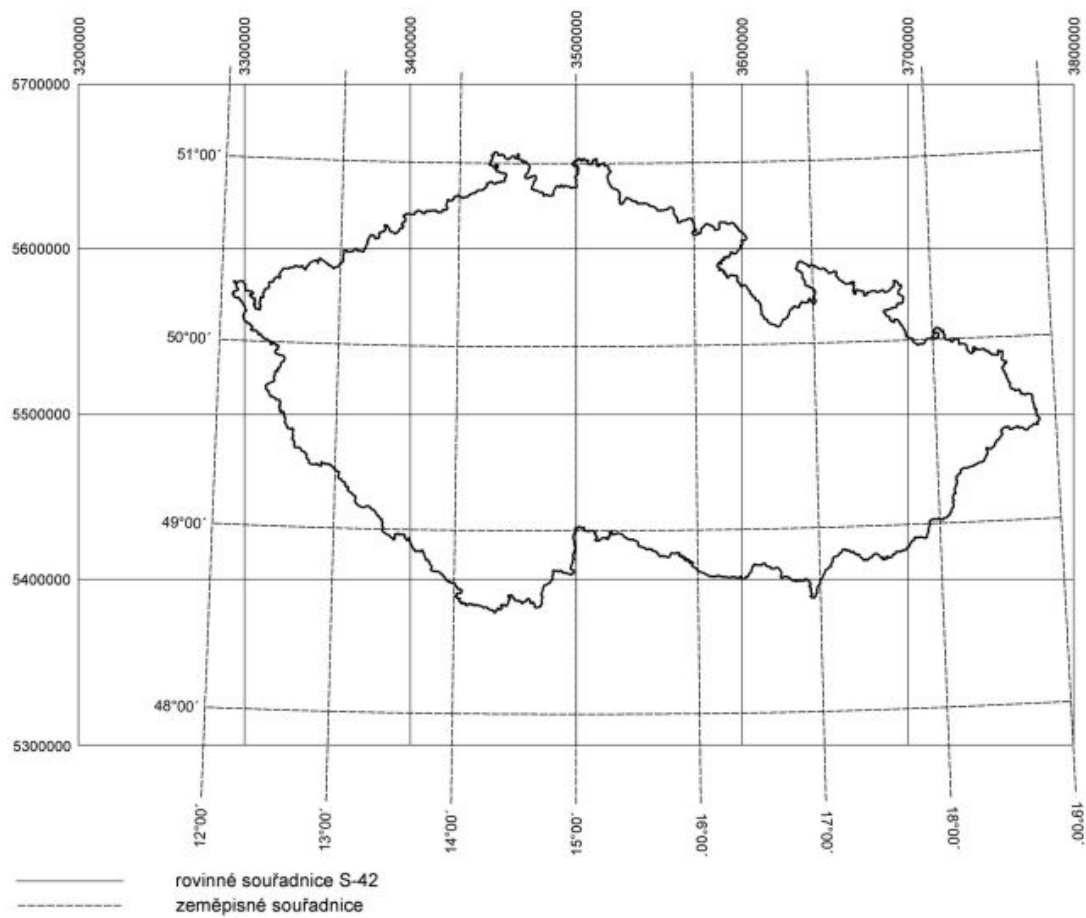
Příloha 1- Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-JTSK

Zdroj: (9)



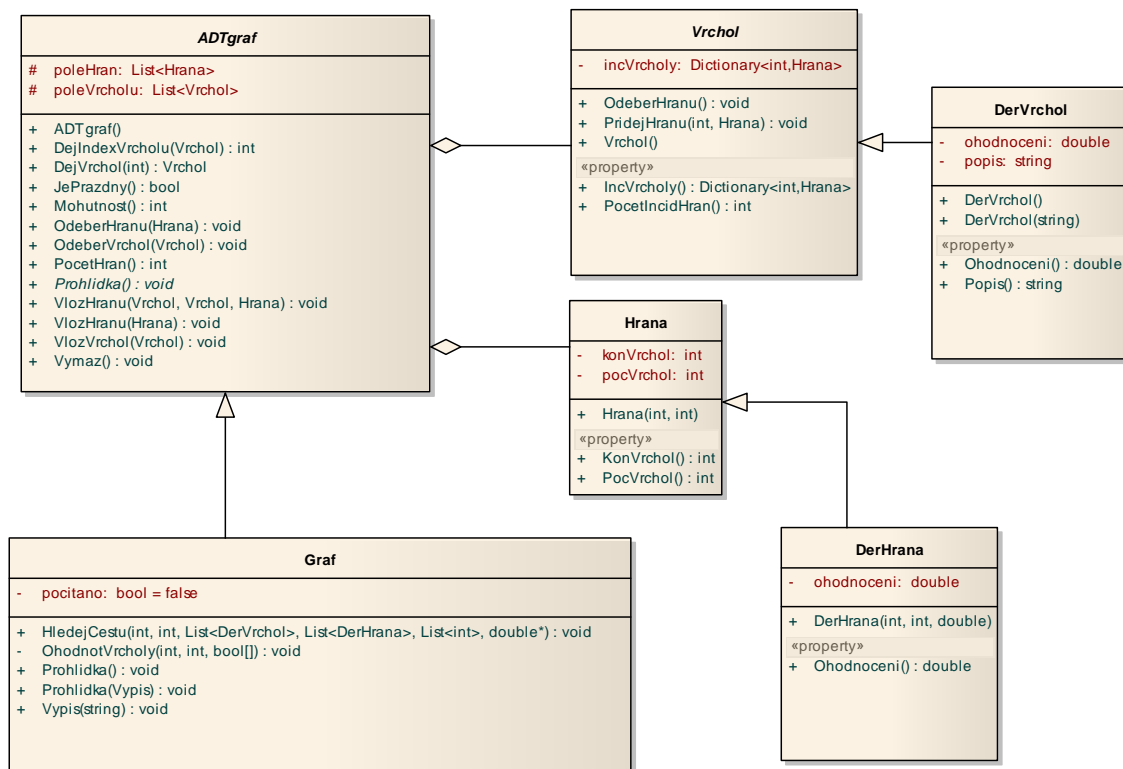
Příloha 2 - Zobrazení ČR v souřadnicovém systému S-42

Zdroj: (9)



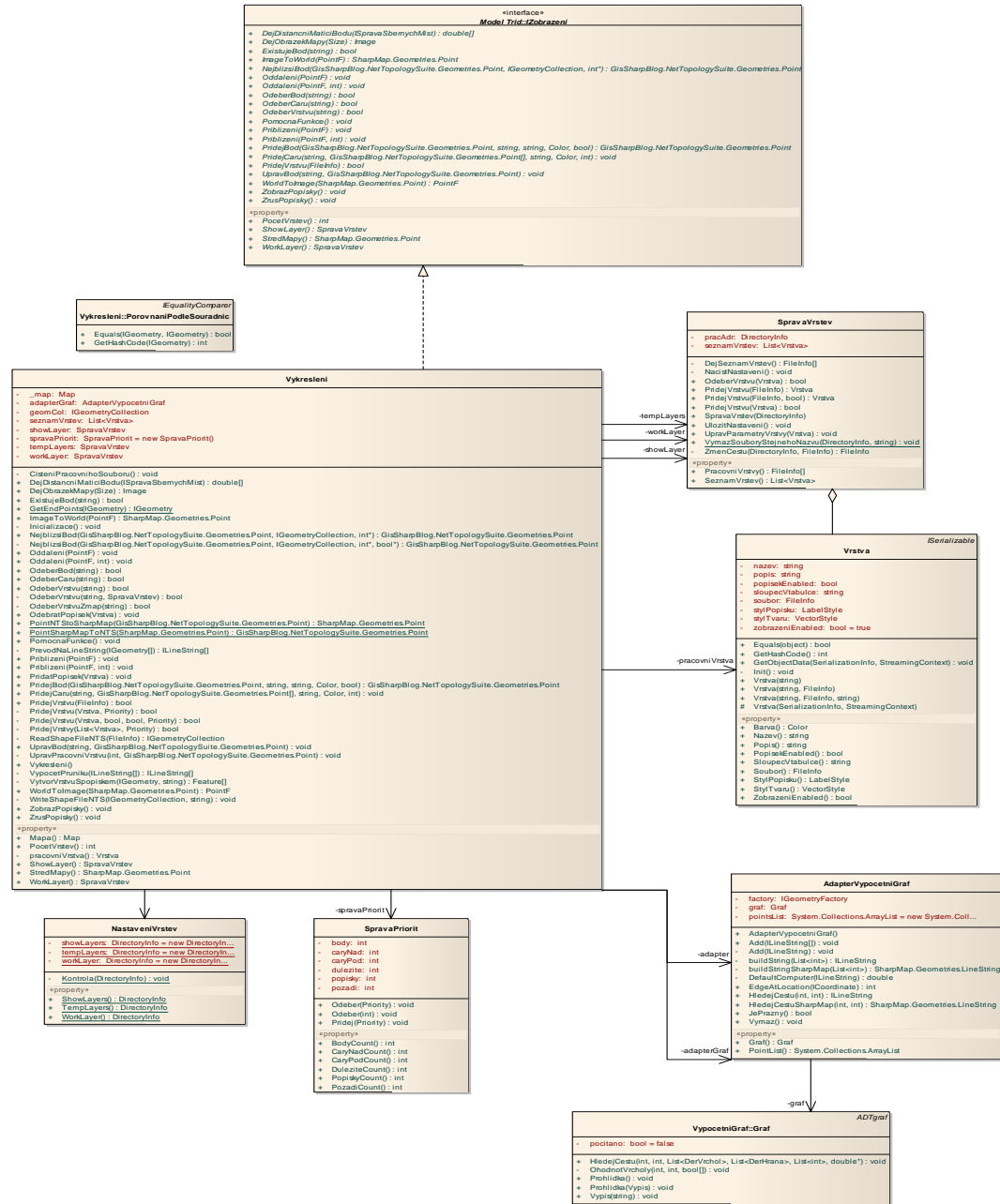
Příloha 3 - UML diagram tříd náležejících k datové struktuře Graf

Zdroj: Stanislav Sucharda



Příloha 4 - UML diagram tříd souvisejících s rozhraním Zobrazení

Zdroj: Stanislav Sucharda



Příloha 5 - Hlavní aplikace - Sledování vozidel

Zdroj: Stanislav Sucharda

Souradnice: 50°31,852'N 15°45'22,115"E

Dopravní aplikace

Soubor Nastavení Sprava Plány

popisky

Planovací tras Sledování vozidel

Nastavení

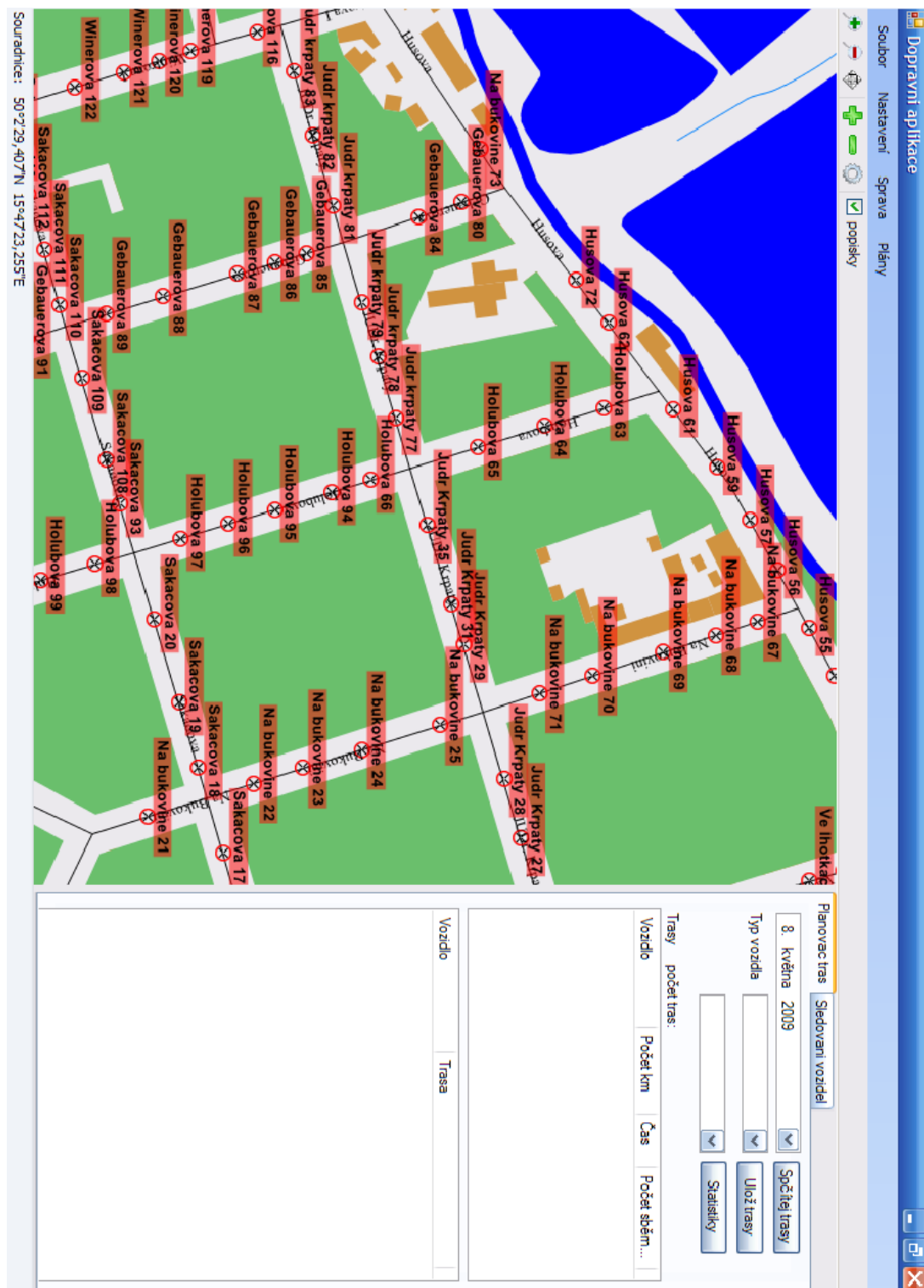
Interval pro zobrazení: 3

Spustit sledování

Název	Aktivní	X	Y
AVIA 31 ...	<input checked="" type="checkbox"/>	50,047891	15,78418...
Merced ...	<input checked="" type="checkbox"/>	50,04685...	15,75430...
Merced ...	<input checked="" type="checkbox"/>	50,05382...	15,78307...
Mitsubis...	<input checked="" type="checkbox"/>	50,03612...	15,77005...
Iveco_0	<input checked="" type="checkbox"/>	50,03572...	15,78035...

Příloha 6 - Hlavní aplikace - Sběrná místa

Zdroj: Stanislav Sucharda



Příloha 7 - Hlavní aplikace - Naplánované trasy (vypnuté popisky)

Zdroj: Stanislav Sucharda

The screenshot displays a software interface for transport planning. At the top, a menu bar includes 'Dopravní aplikace', 'Soubor', 'Nastavení', 'Sprava', and 'Plány'. Below the menu is a toolbar with icons for zooming, adding points, and toggling labels. The main area is a map showing a network of streets with several routes highlighted in orange and blue. The routes are marked with red and blue 'X' symbols. A sidebar on the right contains controls for route planning, including a date selector (18. května 2009), a vehicle type dropdown (AVIA 31 5000I smesn), and buttons for 'Spčítat trasy', 'Ulož trasy', and 'Statistiky'. Below these are summary statistics for routes and vehicles.

Planovací tras

18. května 2009

Typ vozidla AVIA 31 5000I smesn

Trasy počet tras: 3

Vozidlo	Počet km	Čas	Počet sběr...
svia_1	7,32 km	1:26	36
AVIA 31_0	5,32 km	0:51	21

Vozidlo

Vozidlo	Trasa
svia_1	Husova 44
	Husova 55
	Husova 57
	Husova 61
	Husova 74
	Husova 75
	Husova 72
	Husova 62
	Husova 39
	Na bukovině 67
	Na bukovině 25
	Na bukovině 23
	Sezemická 107
	Sezemická 102
	Holubova 100
	Holubova 99
	Holubova 98
	Holubova 95
	Holubova 66
	Judej křepky 77

Souradnice: 50°21,803'N 15°47'24,791'E

Příloha 8 - Hlavní aplikace - Naplánované trasy (zapnuté popisky)

Zdroj: Stanislav Sucharda

The screenshot shows a software application titled "Dopravní aplikace" (Transport application). The main window displays a map of a village with planned bus routes. The routes are color-coded: blue for one set and orange for another. Numerous bus stops are marked with red 'X' icons and labeled with names and numbers, such as "Husova 44", "Ve lhotkách 50", "Sakacova 108", and "Holubova 98".

On the right side of the application, there is a sidebar with the following elements:

- Buttons: Soubor, Nastavení, Správa, Plány
- Icons: Home, Refresh, Add, Settings, Map, and a checked box for "popisky" (markers).
- Section: "Plánovací tras" (Planning routes) with a sub-section "Sledování vozidel" (Vehicle tracking).
- Form: "20. května 2009" (Date), "Typ vozidla" (Vehicle type) set to "směsň odpáď 100", and buttons for "Spočítat trasu" (Calculate routes), "Ulož trasu" (Save routes), and "Statistiky" (Statistics).
- Summary: "Trasy počet tras: 3" (Routes number of routes: 3).
- Table: A table showing route details for "Vozidlo" (Vehicle).
- List: A list of routes for "Vozidlo" with columns for "Trasa" (Route), "Počet km" (Number of km), "Čas" (Time), and "Počet spém..." (Number of stops...).

At the bottom left, the coordinates are given as "Souřadnice: 50°2'32,134"N, 15°47'36,624"E".

Vozidlo	Trasa	Počet km	Čas	Počet spém...
avia_1	Husova 44	7,32 km	1,26	36
AVIA_31_0	Husova 55	5,32 km	0,51	21