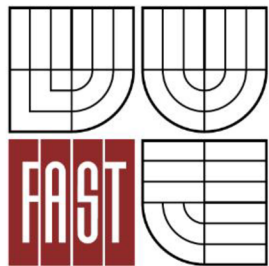




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY V DOPRAVĚ

DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. VÁCLAV SOUČEK

VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. RNDr. JIŘÍ MACUR, CSc.

BRNO 2012

Abstrakt

Práce je zaměřena na problematiku spojenou s využíváním geografických informačních systémů v dopravě. Z typů dopravy byla vybrána doprava železniční, zejména pro svůj obrovský potenciál zejména v oblasti nákladní přepravy, ale také proto, že se jedná vzhledem k životnímu prostředí o poměrně šetrný způsob dopravy. Této skutečnosti jsou si vědomi také představitelé Evropské unie, kteří se oblasti dopravy věnují.

Evropská komise ve svých dokumentech (zelených a bílých knihách) klade důraz na rozvoj železniční dopravy a dopravy kombinované, neboť toto je cesta k zabezpečení udržitelného rozvoje dopravy. Z analýzy současného stavu používaných informačních systémů je zřejmý zejména problém roztržitosti na parciální neintegrovane informační systémy a s tím spojená silná administrativní zátěž. Různorodé technologie v různých stavech zralosti, neexistence definovaných rozhraní, nejednotná obsahová i formální koncepce vytvářejí prostředí, které neumožňuje pružnou správu a využívání existujících dat nejen subjekty třetích stran, ale ani ze strany přímo zainteresovaných skupin a společností. Tento stav pramení jednak z nedokončeného legislativního rámce, ale také z nedostatečné koncepce a povědomí na manažerských postech. Předkládaná práce se zabývá možnostmi řešení problémů pramenících z uvedeného stavu z hlediska současných používaných informačních technologií.

Práce nemůže z pochopitelných důvodů přinášet komplexní návrh informačního systému pokrývající celou šíři potřeb železniční dopravy. Omezil jsem se proto na oblast návrhu topologie trati, který splňuje požadavky stanovené v legislativě a to jak evropské tak národní. Datový model byl navržen s ohledem na dostatečnou míru otevřenosti a variability. Práce se věnuje také možnostem implementace tohoto datového modelu v prostředí moderního geografického informačního systému včetně vizualizačních a prezentačních technik.

Další oblastí je pak sběr geografických dat, který je jednou z klíčových úloh při zavádění a údržbě informačního systému. Pořízení geografických dat může být zdlouhavé a nákladné; proto byl navržen a ověřen způsob využívající integraci inerciálního a satelitního měření pro pořizování velkých datových objemů popisujících měřené objekty s dostatečnou přesností. Ukazuje se, že tato metoda může celý proces pořizování dat značně urychlit a také snížit náklady na přijatelnou úroveň.

Klíčová slova

Železniční doprava, datový model, inerciální měření, geografická data, dopravní politika, geografický informační systém

Abstract

The work is focused on the issues associated with the use of geographical information systems in transport. Of the various types of transport was chosen railway transport for its great potential particularly in the field of freight transport, but also because it is a relatively environmentally friendly. This fact is also well known to the leaders of the European Union, who are engaged in the field of transportation.

The European Commission in its documents (green and white papers) gives accent on the development of railway transportation and combined transportation, because this is the path to secure the sustainable development of transport. In the course of this study the current state of information systems several problems were discovered.

One problem is the fragmentation of the partial information systems and the associated strong administrative burden. This situation stems both from the incomplete legislative framework, but also from the lack of the concept and awareness of the managerial positions. This work deals with other selected issues.

The first is the area of designing the data model topology track that satisfies the requirements set out in legislation, both European and national level. The data model was designed with regard to a sufficient degree of variability. The work contains a section dedicated to the implementation of the data model and solution design of problems associated with visualization arcs.

Another area is the collection of geographic data. Data collection is one of the key tasks in the implementation and maintenance of the information system. The acquisition of the geographical data can be lengthy and costly. We therefore suggest how to use inertial measurement in acquisition of topological data. This method could speed up the entire process of data capturing with sufficient precision and reduce the costs to the acceptable range.

Key words

Railway transportation, data model, inertial measurement, geographic data, transport policy, approximations of arc

Bibliografická citace VŠKP

SOUČEK, Václav. *Geografické informační systémy v dopravě*. Brno, 2012. 147 s., Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce doc. RNDr. Jiří Macur, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 12. 2012

.....
podpis autora
Václav Souček

Poděkování:

Nejdříve mi prosím dovolte věnovat vzpomínku mému prvnímu školiteli panu doc. ing. Jaroslavu Puchříkovi, CSc., jenž se mi vždy laskavě věnoval i přes svou těžkou chorobu, se kterou dlouho statečně bojoval, ale které nakonec podlehl. Děkuji svému školiteli za vedení při zpracování práce, podnětné rozhovory a čas s tímto počínáním spojený. Nemohu také nevzpomenout a nepoděkovat své rodině, která mi zůstala oporou a umožnila mi věnovat se této práci.

Obsah

1	ÚVOD	9
1.1	Cíle práce	10
2	GEOGRAFICKÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY NEJEN V DOPRAVĚ	11
2.1	Informační systémy a systémová analýza (architektura, technologie)	11
2.2	Databázové systémy	12
2.2.1	Úkoly SRBD	12
2.2.2	Architektura databázových systémů	13
2.2.3	Datové modely, zdroje dat a datové objekty	15
2.2.4	Relační model	20
2.3	Geografické informační systémy	20
2.3.1	Klasifikace systémů GIS	21
2.3.2	Data v systému GIS	23
2.3.3	Použití systému GIS v dopravních systémech	26
2.4	Metody pořizování geografických dat	28
2.4.1	Klasické geodetické metody	28
2.4.2	Fotogrammetrické metody	30
2.4.3	Metody GPS	31
2.4.4	Problematika souřadných systémů	33
2.4.5	Metody lokalizace	38
2.5	Evropská dopravní politika	39
2.5.1	Cíle dopravní politiky	39
2.5.2	Směrování dopravní politiky	40
2.5.3	Dosažené výsledky – provádění	43
2.5.4	Evropská legislativa	46
2.5.5	Legislativa v ČR	57
2.6	Informační systému v drážním prostředí v EU a ČR	62
2.6.1	Přehled existujících drážních registrů v Evropě	63
2.6.2	Přehled projektů drážních IS v ČR	68
2.6.3	Shrnutí pro další vývoj	71
2.7	Požizování dat	72
3	IMPLEMENTACE	79
3.1	Výběr platformy pro sběr, ukládání a prezentaci dat	79
3.1.1	Platforma pro datovou správu	80
3.1.2	Platforma pro prezentační vrstvu	80
3.2	Datový model topologie trati	82
3.2.1	Základní pojmy	82
3.2.2	Souhrnný diagram	84
3.2.3	Obecné poznámky	85
3.2.4	Popis entit	87
3.2.5	Popis číselníků	98
3.3	Metodika návrhu systému v prostředí GIS nad datovým modelem	111
3.3.1	Základní moduly návrhu	114

3.3.2	Vytvoření datového modelu	116
3.3.3	Aproximace přechodnice	120
3.3.4	Aproximace kružnice lomenou čarou	124
3.3.5	Zobrazení dat v prostředí ArcGIS	125
4	MĚŘENÍ	127
4.1.1	Kalibrace akcelerometru	128
4.1.2	Nalezení složek zrychlení	128
4.1.3	Výsledky měření	129
4.1.4	Stanovení rychlosti vozidla z akcelerometrického měření	130
4.1.5	Synchronizace akcelerometrického a satelitního měření rychlosti	131
4.1.6	Stanovení azimutu trajektorie	133
4.1.7	Stanovení vlastní trajektorie	134
5	ZÁVĚR	136
6	BIBLIOGRAFIE	138
6.1	Souvisejí publikace autora	141
	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	142

1 Úvod

Evropská dopravní politika se dlouhodobě snaží podporovat sjednocování evropského dopravního trhu. Například u silniční dopravy a letecké dopravy se již podařilo dosáhnout značných úspěchů. Neustálý nárůst přepravy na území Evropské unie s sebou ovšem přináší nemalou zátěž v podobě znečištění životního prostředí, hluku či kongescí. Evropská Komise na tuto skutečnost reaguje vydáváním jednak tzv. Zelených knih, které obsahují popis problému, návrh řešení situace a mají za úkol nastartování veřejné diskuze, jednak Bílých knih, které zpravidla následují po vydání Zelené knihy, a po schválení Radou se z Bílé knihy může stát akční program pro danou oblast. V těchto dokumentech z oblasti dopravy je opakovaně zmiňován důraz na rozvoj environmentálně přijatelných typů dopravy a dopravu kombinovanou.

Železniční doprava má obrovský přepravní potenciál, který se zatím nedaří ve všech členských státech unie dostatečně využívat. Vinou tohoto stavu jsou rozdílné technické a právní předpisy členských států. Nemalou měrou také přispívá nejasné stanovení cílů, kterými by se daná problematika měla řešit. Existuje sice celá řada aktivit:

- ekonomická podpora,
- vydávání směrnic a technických specifikací pro interoperabilitu,
- rozhodnutí o prioritní síti apod.,

ovšem jejich aplikace a převod do politiky členských států není vždy úspěšná.

Oprostíme-li se od pohledu politického, který přísluší politickým představitelům, a přejdeme k pohledu technickému, zůstává zde několik oblastí, kterým by se měla věnovat pozornost. Především se jedná o technickou propojenost sítě, aby se minimalizoval čas související s přechodem mezi sítí jednoho členského státu do druhého. Každý stát má vlastní pravidla pro provozování dopravy a také často jiné technické parametry sítě (trakční soustavu, zabezpečovací systém či omezení z pohledu infrastruktury). Odstranění těchto překážek nelze, už jenom s ohledem na rozsah sítě, učinit ze dne na den. Dosažení interoperability (propojenosti) bude v první řadě vyžadovat nalezení řešení přípustného pro všechny členské státy unie a dále nalezení dostatečných finančních zdrojů, neboť výše potřebných investic bude nemalá. Co ovšem lze učinit v podstatně kratším horizontu, je důkladné zmapování a popsání sítě tzv. pasportizace a vytvoření společného informačního systému.

Evropské informační systémy v železniční dopravě vykazují jistou roztržitost a nejednotný přístup k informacím. V současnosti se z tohoto důvodu této oblasti věnuje značná pozornost a vznikají tzv. registry (např. pro infrastrukturu a kolejová vozidla). Registry by měly obsahovat právě zmíněné popisné údaje, které by sloužily především pro plánování dopravy, přispívaly by k stanovení cenové politiky atd. Pokud se rozvoj těchto registrů bude vyvíjet správným směrem, lze očekávat razantní zvýšení konkurenceschopnosti železniční dopravy. Dojde ke zkrácení doby pro přidělení kapacity sítě jednotlivým dopravcům, lepšímu logistickému využití celé sítě, zvýšení rychlosti přepravy a efektivitě přepravy.

Registry jsou závislé na údajích poskytovaných členskými státy. Toto místo je z mého pohledu kritické. Pokud totiž nebudou jednotlivé státy přistupovat k této činnosti svědomitě,

nebude celý systém funkční. Jednou z možností jak se s tímto problémem vyrovnat, je budování geografických informačních systémů, které mají oproti klasickým informačním systémům nemalé výhody a přínosy. Geografické informační systémy (GIS) mohou usnadňovat práci již na úrovni správce a provozovatele infrastruktury (přehledností, sledováním stavu, plánováním oprav atd.). V případě správně spravovaných GIS jsou data dále využitelná, např. v oblasti logistiky, monitorováním a řízením dopravy apod.

Dále jsou v práci uvedeny nezbytné informace pro seznámení s geografickými informačními systémy a souvisejícími technologiemi a navrženo řešení (datový model, vizualizace dat a sběr dat), které by mohlo být využitelné pro řešení některých otázek či problémů, které brání zavedení GIS v železniční dopravě.

1.1 Cíle práce

Při řešení práce bude nutné se zaměřit na analýzu stavu používaných informačních systémů a jejich problémy. Lze očekávat, že používané systémy budou vykazovat jistou datovou roztržitost, nejednotný přístup a rozdílná rozhraní. Na informační systémy a data v nich obsažená jsou kladeny požadavky také ze strany legislativy. Část práce se bude věnovat právě těmto požadavkům a to jak z pohledu národní legislativy, tak legislativy evropské. Přestože GIS je ve své podstatě možné provozovat na libovolné platformě, není možné výběr platformy opomenout. Neboť právě platforma a její vhodnost výrazně ovlivňuje použitelnost celého systému.

Na základě výše uvedených analýz bude zpracován návrh datového modelu, který bude přihlížet k výsledkům z předcházejících kroků. Datový model bude navržen s ohledem na jistou nezávislost na používané platformě.

Informační systém je závislý na datovém modelu a jeho datových strukturách, ale také na obsažených datech. Analýza možností sběru dat a jejich správa je také jedním z cílů této práce. Máme-li správně navržený datový model a také aktuální data, nastane dříve či později problém se správou těchto dat a zajištěním aktuálnosti. Oblastí základních procesů a jejich analýze je tedy potřeba věnovat též pozornost a je jedním z cílů práce.

2 Geografické informační systémy nejen v dopravě

2.1 Informační systémy a systémová analýza (architektura, technologie)

Informační systémy (IS) existují již velmi dlouho. Dříve jejich úlohu plnily evidenční systémy a kartotéky. O využití výpočetní techniky pro tyto účely se kvůli vysokým nákladům vůbec neuvažovalo. Informační systémy se používaly například v knihovnictví (kartotéky a knižní seznamy), ve výrobním a obchodním prostředí pro potřeby inventarizace majetku (evidenční a skladové karty). Již v roce 1890 vytvořil Herman Hollreith první automat na bázi děrných štítků. V roce 1911 se jeho firma spojila s další firmou a vznikla proslulá International Business Machines, dnes známá pod zkratkou IBM. Ve vývoji databází sehrálo důležitou roli seskupení, které vzniklo v roce 1960 pod názvem Data Systeme Languages (Codasyl). Úkolem tohoto seskupení byla standardizace softwarových aplikací, jejichž objednatel byl ministerstvo obrany USA. Výsledným produktem byl Common Business-Oriented Language (COBOL). Dalším pokrokem byl přechod k magnetickým diskům namísto dříve používaných magnetických pásek, které umožňovaly jen sekvenčně-sériový přístup k datům, což z principu značně ztěžovalo vyhledávání dat a možnost definice nějakého efektivnějšího modelu databáze. Důležitým milníkem byl první integrovaný datový sklad s náznakem managementu databáze (DB) a jinými vlastnostmi, představený Charlesem Bachmanem z General Electric [1]. V 70. letech 20. století se vyvíjely i hierarchické databáze zejména pro účely souborových systémů. Jedním z prvních systémů řízení báze dat byl systém IMS vyvinutý firmou IBM pro projekt letu na Měsíc „Program Apollo“ [2].

Zásadním krokem pro široké používání databází v informačních systémech byly teoretické práce E. F. Codd, který postuloval pravidla pro první relační databáze pracujícími s daty strukturovanými do množin uspořádaných n-tic, tj. tabulek. Tento pohled na data je dobře akceptovatelný, příkladů tabulek najdeme celou řadu, od telefonního seznamu až po slovník. Kartotéky v univerzitní knihovně, které obsahují jmenný, názvový a předmětový katalog, nemají od databáze příliš daleko. Stále jsou to však jen oddělené množiny dat, jež spolu spojuje jen laskavá osoba knihovníka [3]. Moderní nástroje pro správu relačních bází dat dnes tvoří páteř prakticky všech používaných informačních systémů.

V roce 1963 zavedl R. F. Tomlison termín GIS (Geografický informační systém) označující systém určený pro práci s daty nesoucími informace o terénu, jež využívá nové technologie (tj. počítače). V průběhu času vznikla celá řada dalších definic, i značně odlišných, dodnes však neexistuje jednoznačná standardní a všeobecně akceptovaná definice tohoto pojmu. Struktura GIS není tvořena jen hardwarem (HW) a softwarem (SW), ale jsou to i data, metody a postupy, obsluha a uživatelé. Pracuje se s databází se zvláštním určením, kde základním prostředkem pro vytváření vazeb (relací) je společný prostorový souřadnicový systém [4].

Geografické informační systémy se využívají v různých odvětvích lidské činnosti. Setkáme se s nimi ve státní správě, energetice, vodohospodářství i ve výrobní sféře. Dopravní sítě nejsou výjimkou a renomované společnosti se touto problematikou zabývají. Významné snahy se také odehrávají na poli státní správy, která má snahu zajistit a publikovat data o dopravní infrastruktuře.

2.2 Databázové systémy

2.2.1 Úkoly SŘBD

Systém řízení báze dat (SŘBD) musí obsahovat prostředky pro popis dat, definici jejich struktury a vytvoření vlastní databáze. Dále musí existovat mechanismus, který spravuje data v paměťových mediích a efektivně nalezne adresu každého uloženého prvku. Prostředky pro definici dat bývají označovány jako jazyk typu DDL (Data Definition Language) a slouží jako nástroj pro vytvoření a definici databáze.

Dále musí být k dispozici prostředky, které dovolí přistupovat k již existujícím databázím, vybírat z nich data, třídit je, filtrovat a měnit. Tyto prostředky pro manipulaci s daty bývají označovány jako jazyk typu DML (Data Manipulation Language). Specifická část manipulace s daty – výběr dat, je realizována pomocí dotazovacího jazyka.

SŘBD by měl poskytovat také možnost prezentace dat ve formě tiskové sestavy. Moderní SŘBD výše uvedené služby samozřejmě poskytují (kromě mnoha dalších). O systému řízení báze dat, který poskytuje pouze základní služby jako je definice, údržba a manipulace s daty, mluvíme jako o databázovém stroji. Zobrazování a tisk dat pak je třeba zajistit aplikačním programem.

Pokud chceme s databázovým systémem pracovat, předpokládáme, že je možné se spoléhat na to, že data jsou správná, to znamená, že data odpovídají vlastnostem příslušného popisovaného objektu reálného světa (vyžadujeme datovou integritu). Systém musí zajistit, že integrita nebude porušena ani v případě havárie (např. výpadek proudu), ani zásahem jiného uživatele nebo aplikace, ať již úmyslným nebo neúmyslným. Moderní SŘBD umožňují vynucení datové integrity zadáním potřebných kritérií na úrovni definice dat, popřípadě na úrovni aplikační.

U rozsáhlých databázových aplikací se často stává, že některé informace jsou v systému obsaženy vícenásobně. Tato vlastnost se nazývá datová redundance. Správným návrhem datových struktur lze redundanci minimalizovat, neboť kromě spotřeby paměťových zdrojů je zejména zdrojem nekonzistencí (uložení významově stejných dat s různou hodnotou). Nicméně pokud se vícenásobná data vyskytnou, SŘBD musí zajistit jejich konzistenci, to znamená, že data za všech okolností musí mít ve všech svých výskytech stejnou hodnotu. Problémy s konzistencí nastávají např. v době aktualizace, kdy oprava již započala, ale dosud nebyla dokončena. V této době jsou data jako celek nekonzistentní. Proto se takovéto operace provádějí po malých uzavřených částech, tzv. transakcích, které je možno zopakovat, pokud nebyly provedeny správně. Transakce je tedy množina příkazů, které převádějí databázi z jednoho konzistentního stavu do jiného konzistentního stavu. Prostředky pro popis ochrany přístupu k datům se někdy označují jako jazyk typu DCL (Data Control Language). Řízení transakcí, jež poskytuje většina dnešních SŘBD, je zabezpečováno řídicími příkazy označovanými jako TCC (Transaction Control Commands).

Jestliže jsme výše označili prostředky pro zabezpečení úkolů SŘBD jako jazyky DDL, DML a DCL, neznamená to, že se jedná o nějak oddělené, samostatné jazyky, ale měli bychom je chápat u procedurálních jazyků jako množinu procedur zabezpečujících určité služby (definici dat, manipulaci s nimi, řízení a ochranu dat). V současnosti jsou tyto prostředky většinou integrovány do jednoho celku, takže moderní SŘBD poskytuje dostatečně silný databázový

jazyk, který splňuje potřeby jak laických nebo příležitostných uživatelů, tak i správců dat, případně aplikačních programátorů.

Shrneme-li tedy úkoly SŘBD, musí poskytovat následující služby:

- Definice dat
- Údržba dat
- Manipulace s daty
- Zobrazení dat
- Zajištění integrity dat

2.2.2 Architektura databázových systémů

Nejstarší – centralizované systémy

Pro tyto systémy je typická silná „centralizovanost“. Konkrétní aplikace (vlastní logika informačního systému), programové aplikační rozhraní databáze a systému řízení báze dat využívají stejné zdroje (procesor, paměť a externí paměť), tj. „běží na jednom počítači“ (tzv. mainframu), který je zdrojem veškerých výpočetních možností. Interakce a komunikace s koncovým uživatelem pak probíhá skrze terminály připojené k mainframu. Tato architektura neposkytuje fakticky žádný způsob použití možností grafického uživatelského prostředí a výpočetní síly eventuálního koncového počítače v roli terminálu. Terminálové protokoly limitují terminály na zobrazování výhradně textových informací. Výhodou této architektury je, že odpadají starosti s provozem sítě a údržbou více počítačů, aplikace a SŘBD úzce spolupracují, což přispívá k celkovému výkonu. Těsná vazba mezi aplikací a SŘBD se však projevují jako značná nevýhoda v případě potřeby přenosu aplikace na jiný SŘBD (tzv. portace).

Systém Client/Server

Podobně jako u centralizovaných systémů, každý systém client/server používá SŘBD běžící na jednom vyhrazeném (dedikovaném) počítači – databázovém serveru. Podstatným rozdílem oproti centralizovaným systémům je však skutečnost, že aplikace (vlastní informační systém) běží na odděleném počítači uživatele a pro připojení k SŘBD využívá počítačovou síť. Aplikace je tedy oddělena od SŘBD, používá separátní paměť, vlastní procesor a má přístup na lokální disk počítače uživatele. Komunikace mezi aplikací a SŘBD (tedy dvěma různými počítači) probíhá prostřednictvím tzv. datového protokolu (data protocol), což je jednoduše zakódovaná forma SQL požadavku (viz dále). Počítač, na kterém běží aplikace, poskytuje grafické uživatelské rozhraní, a používá tzv. aplikační rozhraní (interface) databáze (API). Obvykle se označuje jako klientský počítač (client), i když striktně vzato je v roli klienta pouze program na klientském počítači. Počítač, na kterém běží SŘBD, se nazývá server (opět, vlastním serverem je program realizující SŘBD).

Uvedený model umožnil využití nezanedbatelného výpočetního výkonu koncových uživatelských počítačů (nazývaných také frontend) a uvolnil servery (backend) tak, aby se mohly soustředit zejména na efektivní provádění datových operací. Zajišťování uživatelského

rozhraní pro všechny připojené terminály totiž představuje u centralizované architektury značnou zátěž. Navíc je počet připojitelných terminálů u centrálního mainframu značně limitován.

Uvedené rozdělení (distribuce) úkolů tedy umožnilo rychlý nárůst výkonu a zvýšilo celkovou flexibilitu řešení. Výměna SŘBD již neznamená výměnu aplikací na všech klientských počítačích, postačí zachování vlastností aplikačního rozhraní u nového systému. Připojení klientů prostřednictvím sítě také dramaticky zvýšilo jejich možný počet.

Moderní vícevrstvé architektury

I architektura klient–server však má své limity. Ukázalo se, že mají-li být informační systémy efektivní, musí se neustále přizpůsobovat změnám v organizaci, technologickému vývoji a v neposlední řadě i požadavkům na komfort ze strany uživatelů. Výměna systému však znamená zásah do všech klientských počítačů, což například v prostředí internetu, kdy jejich celkový počet ani není znám, představuje velmi obtížnou úlohu.

Dvouvrstvá architektura (Two tier architecture) představuje klasický databázový model klient–server, tak jak byl popsán v předcházejícím odstavci. Jednu vrstvu představuje klient, který požaduje nějaké služby, druhou vrstvu pak server, který tyto služby poskytuje. Uživatelské rozhraní je umístěno výlučně na straně klienta, správa databáze je umístěna na straně serveru. Server může fungovat zároveň jako klient jiného serveru v hierarchické klient–server architektuře. Pak hovoříme o tzv. zřetězené dvouvrstvé architektuře (chained two tier architecture).

Třívrstvá architektura (Three tier architecture) byla vyvinuta v devadesátých letech jako nástupce architektury dvouvrstvé. Mezi vrstvu klienta a serveru pro správu dat byla přidána třetí (prostřední – middle tier) vrstva. Tato vrstva může být implementována různými způsoby a technologiemi například formou monitoru transakčního zpracování (transaction processing monitor), serveru zpráv (message server) nebo aplikačního serveru (application server). Může provádět akce jako řazení požadavků do front, přidávat možnosti plánování a prioritního zpracování. Zavedení střední vrstvy ulehčuje administraci a správu změn, protože případné změny se zapisují pouze jednou na server střední vrstvy, a tak se stávají automaticky dostupné ve všech systémech. U jiných modelů by změna funkce musela být zapsána do každé aplikace. Podařilo se překonat a odstranit výkonnostní omezení týkající se dvouvrstvé architektury. Je zajištěn výkon i pro velké skupiny současně pracujících klientů (řádově stovek až tisíců počítačů).

Třívrstvá architektura je základem v současné době tak populárních internetových aplikací. Vrstvu klienta, která má na starosti grafické uživatelské rozhraní (prezentaci dat), logicky přebírá internetový prohlížeč (web browser). Pro vytváření uživatelského prostředí máme k dispozici nástroje v podobě jazyka HTML, CSS, pomocí skriptovacích jazyků na straně klienta a objektových modelů prohlížeče můžeme klientu svěřit i část logiky informačního systému.

Střední vrstvu představuje nejčastěji tzv. aplikační server, poskytující více služeb, které lze rovněž formálně od sebe oddělit (proto se často hovoří o n-vrstvé architektuře).

Webové služby

Webové služby představují další zobecnění vícevrstvé architektury. Zatímco v případě třívrstvé architektury je výstupní odpověď aplikačního serveru určena zejména k zobrazení uživateli, v případě webové služby (web service) je výstup upraven do univerzální obecné podoby tak, aby ho mohla využít jiná aplikace k dalšímu zpracování.

Základním znakem webové služby je zejména klient, který je nyní (na rozdíl od internetového prohlížeče) původní samostatnou aplikací s vlastní inteligencí a vlastní logikou zpracování dat. Server služby může být značně specializován a proti aplikačnímu serveru je obvykle daleko jednodušší. Proto se také v souvislosti s webovými službami někdy hovoří o modelu klient–služba (client–service), místo o modelu klient–server.

U webových služeb se dále významným způsobem mění charakter vztahu mezi klientem (aplikací) a službou (serverem poskytujícím službu). Zatímco dříve byly tyto dvě složky poměrně pevně svázané a jejich vazba měla statický charakter, v případě webových služeb je jejich vazba značně volnější a má spíše příležitostný charakter. Klient si teprve na základě určité momentální potřeby vyhledá potřebnou službu pro spolupráci. K tomu jsou ovšem nutné nové standardy a protokoly.

Každá služba musí být standardizovaně popsána (co nabízí, a jak se s ní dá komunikovat) a tyto informace musí být definovaným způsobem veřejně dostupné. Prostřednictvím takových veřejných katalogů pak mohou konkrétní aplikace (klienti) vyhledávat konkrétní služby a také je využívat. Některé konkrétní standardy jsou již k dispozici, další se připravují či dokončují nebo vylepšují. Jde zejména o jazyk XML (pro strukturovanou formulaci požadavků a odpovědí na ně), SOAP (pro vzájemnou komunikaci), WSDL (pro popis webových služeb), UDDI (pro realizaci katalogů webových služeb) a další.

Velké rozšíření webových služeb se teprve očekává, komplexní informační systémy dosud používají většinou dnes již klasickou třívrstvou technologii.

2.2.3 Datové modely, zdroje dat a datové objekty

Jestliže už víme, jak si představit databázi, měli bychom se zamyslet nad tím, co může být zdrojem dat, která shromažďuje. Stále častěji se setkáváme s informačními systémy, které zpřístupňují veřejné nebo privátní informace z nejrůznějších institucí a firem. Každý informační systém je vybudován na nějaké formě databáze. A jestliže se tyto instituce a firmy mohou zabývat jakýmikoli okruhy činností, pak právě zde leží zdroje dat, které je třeba shromažďovat pro potřeby získávání informací. Zdrojem dat jsou tedy informace z libovolných předmětových oblastí, což mohou být nejrůznější druhy výrobních, správních, vzdělávacích, vojenských nebo jiných organizací a institucí.

Zdrojem dat jsou objekty (entity), které danou předmětovou oblast popisují. Tímto objektem může být člověk, předmět, událost, místo nebo pojem. Každý objekt je možno popsat datovými údaji, které jej charakterizují pro určitou předmětovou oblast. Některé objekty jsou specifické pro určitou předmětovou oblast (pacient pro zdravotnické zařízení), jiné můžeme najít v mnoha oblastech (klienti, zaměstnanci). Přesto tyto stejné objekty pravděpodobně nebudou v různých předmětových oblastech popsány naprosto stejnými údaji. Např. u zaměstnance – pilota (letecká doprava) budeme sledovat kromě osobních údajů třeba počet

nalétaných hodin, zatímco u zaměstnance – lékaře (zdravotnické zařízení) zase počet atestací a podobně.

Atributy dat

Datové údaje, které charakterizují objekt pro danou předmětovou oblast, nazýváme atributy (vlastnosti těchto objektů). Soubor hodnot atributů pak popisuje danou instanci datového objektu. Například zaměstnanec je specifikován svým jménem, příjmením, bydlištěm a dalšími údaji potřebnými např. pro zpracování mezd. Projekt zase svým názvem, identifikačním číslem, cenou, termínem.

Z matematického hlediska tvoří soubor atributů projektivní zobrazení skutečného objektu – úplný popis objektu není nikdy možný, vždy se omezujeme na redukovaný výběr vymezený předmětovou oblastí.

Hodnota atributů dat

Jestliže atributy představují vlastnosti objektů, které chceme v dané předmětové oblasti sledovat, pak tyto atributy pro každý prvek tohoto objektu nabývají v konkrétním čase konkrétních hodnot. Obecně mohou být hodnoty dat kvalitativní (popisné), jako je třeba příjmení zaměstnance či název projektu nebo kvantitativní (počitatelné), to znamená, že vyjadřují množství, počet nějakých jednotek. Tyto dva druhy hodnot představují dva základní datové typy ukládaných dat: textový řetězec a číslo. Většina databází rozšiřuje tyto základní datové typy ještě o typ datum a logickou hodnotu ano/ne (oba jsou ovšem podmnožinou typu číslo). Moderní databáze v souvislosti s velikostí ukládaných dat rozlišují množství podtypů těchto základních typů, umožňují pracovat i tzv. nestrukturovanými binárními objekty (rastrové obrázky, zvukové záznamy apod.). Datové typy vymezují jednak způsob uložení dat v paměti (datová reprezentace), ale také množinu přípustných operací, které lze s daty provádět (patrně nelze násobit textové informace apod.). Moderní SŘBD zavádějí speciální prostorová data (viz dále) nikoli proto, že by nebylo možné vyjádřit souřadnice objektů číselným způsobem, ale zejména kvůli možnosti operací a vztahů, která jsou pro tento typ dat specifická (prostorové relace, modelování atd.).

Struktura databáze

Strukturou databáze nazýváme množinu datových prvků, které požadovaným způsobem popisují sledovaný objekt. Např. objekt ZAMESTNANEC bude popsán řadou atributů různého typu jako např. jméno, příjmení, rodné číslo, plat, atd., z nichž některé budou nabývat kvalitativní, jiné kvantitativní hodnoty různého rozsahu. Definování struktury databáze, představuje zejména vytipování objektů a určení atributů a jejich oborů hodnot potřebných pro popsání určité předmětové oblasti. Je stěžejní částí návrhu databáze a má podstatný vliv na její správné fungování a další rozvoj. Klíčový význam návrhu datových struktur vedl k vývoji množství formálních metod, které mají zamezit nevhodnému návrhu z hlediska pozdější datové redundance nebo složitému a tudíž neefektivního přístupu k požadovaným datům (počínaje pravidly normálních forem databáze až po formalizované nástroje datového modelování). Ve skutečnosti však mnoho užívaných informačních systémů (spíše většina) trpí neoptimální strukturou dat, s nimiž pracují. Po určité době užívání vedou tlaky na nové funkce systému a přizpůsobení vnějším požadavkům zákonitě ke zhoršení parametrů návrhu a postupně dospějí až k celkové rekonstrukci systému nebo jeho opuštění. Tato skutečnost by

měla vést analytika v době návrhu systému k určité pokoře s tím, že navrhované struktury nikdy nebudou věčné a nemá smysl usilovat o systém, který bude absolutně otevřený ke všem možným změnám v budoucnosti.

Záznam dat

Datovým záznamem (Data Record) rozumíme množinu hodnot souvisejících prvků jednoho datového objektu. Tedy všechny údaje o konkrétním zaměstnanci, projektu nebo půjčce. Ve formě těchto datových záznamů jsou potom data většinou uchovávána na paměťových médiích.

Klíčové prvky dat

Některé prvky dat (atributy) mají zajímavé vlastnosti. Na základě znalosti jejich hodnot lze totiž zjistit i hodnoty ostatních souvisejících prvků dat. Tyto prvky, podle nichž lze určit i ostatní datové prvky téhož záznamu, nazýváme klíčovými atributy. Např. známe-li ISBN knižní publikace, můžeme jednoznačně určit, o jaký titul jakého autora se jedná, kdy a kým byla kniha vydána. Pokud bychom nepotřebovali sledovat informace o vydání knihy, mohla by k její identifikaci postačit znalost jejího názvu a autora, což by sice nebylo ideální, ale pro potřeby jednoduchého systému by to mohlo být postačující. Atributů, které jednoznačně identifikují záznam, může být tedy v objektu definováno více. Mluvíme o tzv. kandidátních klíčích. Je na projektantovi konkrétní databáze, aby rozhodl, který z nich bude použit pro přístup k datům záznamu. V současnosti je pojem databázového klíče stěžejní ve všech používaných systémech SŘBD, jeho prostřednictvím jsou jednotlivé záznamy nejen vyhledávány, ale i ukládány a klíč hraje roli identifikátoru záznamu. Osvědčilo se pravidlo, že klíčové atributy by neměly nést žádnou další informaci, která by svazovala jejich použití. Pro správný návrh je příznačné automatizované přidělování hodnot klíčovým atributům ze strany SŘBD v době vkládání dat. Klíčové atributy hrají nejdůležitější roli v procesu vytváření a údržby vztahů mezi záznamy.

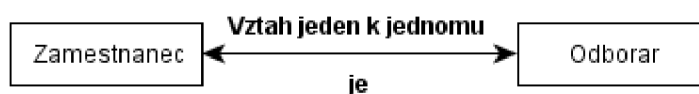
Vazby a vztahy mezi objekty

Informace o určité předmětové oblasti jsou většinou popsány pomocí několika objektů. Každý objekt představuje ucelené informace o jeho vlastnostech. Tyto objekty však spolu vzájemně souvisí, při popisu reality např. říkáme: „Učitel vyučuje předměty, studenti navštěvují přednášky, přednáška probíhá v určité místnosti.“ Mezi daty tak mohou vznikat různé druhy vazeb. Ukazuje se, že z hlediska algoritmů nutných pro kvalitativní modelování vztahů jsou relevantní pouze tři druhy vztahů (kardinality vztahů):

- *Vztah jeden k jednomu.*
- *Vztah jeden k mnoha.*
- *Vztah mnohý k mnoha.*

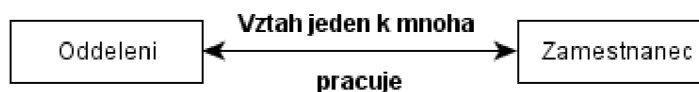
Např. v předmětové oblasti (FIRMA) mohou existovat datové objekty popisující tuto oblast, jako ZAMESTNANEC, ODDELENI, PROJEKT, ODBERATELE, a podobně. Vztahy, které mezi nimi existují, lze popsat slovně jako: zaměstnanec je zařazen do oddělení, zaměstnanec

pracuje na nějakém projektu, projekt se vytváří pro určitého odběratele. Podrobíme-li tyto vztahy rozboru, můžeme určit jejich typ, jako u následujících objektů:



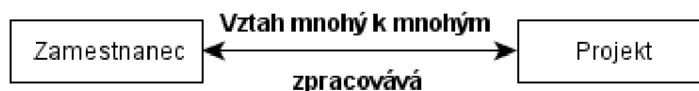
Obr. 1 Vazba 1:1

Vztah 1 : 1 je nejjednodušší, ale nejméně obvyklý vztah. Každému prvku jednoho objektu odpovídá pouze jeden prvek druhého objektu. Většinou se jedná o jakýsi „podobjekt“, jako v tomto případě, kdy o odborářích chceme sledovat další informace (jako např. funkce v odborech, datum vstupu apod.). Každý zaměstnanec však nemusí být odborářem. Je tedy zbytečné rozšiřovat objekt ZAMESTNANEC o atributy odboráře, protože u mnoha zaměstnanců nebudou mít význam a zůstanou nenaplněné.



Obr. 2 Vazba 1:N

Velmi obvyklý je vztah, ve kterém s jedním prvkem jednoho objektu lze spojit více (jako zvláštní případ jeden nebo žádný) prvků druhého objektu. Zaměstnanec je standardně zařazen do jednoho oddělení a toto oddělení má většinou více zaměstnanců. Tento vztah však připouští, aby existovalo i oddělení s jedním zaměstnancem nebo dokonce bez zaměstnanců. Vztah 1 : N konstituuje hierarchickou strukturu, kterou lze prezentovat stromovým grafem. Databázi orientovanou na tento typ vztahu představuje například klasický souborový systém, kdy složka (adresář) může obsahovat soubory, ale také další (pod)adresáře. V současných relačních SŘBD tento vztah modelujeme pomocí cizích a primárních klíčů, kdy atributem jednoho objektu je (cizí) klíč obvykle přímo identifikující jiný objekt pomocí jeho (primárního) klíče. SŘBD pak zajišťuje tzv. referenční integritu – pro cizí klíč vynucuje existenci hodnoty primárního klíče a neumožňuje takovou manipulaci s daty, která by integritu narušila (např. nelze odstranit záznam s primárním klíčem, který je obsažen ve formě cizího klíče v jiném existujícím záznamu).



Obr. 3 Vazba M:N

Typ vztahu M : N je v reálném světě rovněž velmi běžný. Jak vidíme na příkladu, jeden zaměstnanec může pracovat na více projektech a projekt je současně zpracováván několika zaměstnanci. Nebo čtenář si může půjčit více knih a kniha může být půjčena více čtenářům. Jak uvidíme dále, v relačních databázích jej nelze realizovat přímo, ale je třeba jej rozložit na jednodušší vztah 1 : N pomocí tzv. vazebné (asociativní) tabulky.

Datový model

Datový model popisuje strukturu databáze na konceptuální, tedy logické úrovni. Jedná se o formální popis uživatelské aplikace, tedy toho, jak databáze funguje. K zajištění úkolů, které má DB systém plnit a na základě analýzy daného prostoru problému, se provádí strukturalizace dat a popis vzájemných vztahů mezi nimi. Důležité je, že konceptuální schéma, které na této úrovni vzniká, je nezávislé na konkrétních implementačních nástrojích, tedy programech (SŘBD), které definované funkce a procesy realizují vlastními (poněkud odlišnými) prostředky.

Podle toho jak jsou data organizována a zpřístupňována uživateli a programátorovi, bylo rozpracováno několik DB modelů této organizace. Nutno podotknout, že databáze mají bohatou a dlouhou historii úzce spojenou s praxí. Vždy šlo o to, jak zpracovat data co nejefektivněji pro řešení konkrétního problému, a proto vznikaly aplikace založené na určitých modelech organizace dat, aniž by tyto byly vždy předem teoreticky definovány a popsány. Z historického hlediska byl pouze relační model teoreticky propracován dříve, než byl vyvinut SŘBD tohoto typu, ostatní modely pouze dodatečně teoreticky popisují DB systémy, které již byly prakticky několik let používány.

Dá se říct, že existující DB modely vycházejí ze tří základních přístupů organizace dat:

- *Soubory dat jsou vzájemně spojeny pomocí ukazatelů.*

Na tomto principu jsou založeny síťové a hierarchické databáze, které představují základy databázové technologie. První SŘBD založené na těchto modelech se objevily v druhé polovině 60. let a jsou použity na velmi rozsáhlých projektech jako např. vesmírný program Apollo. Pracují efektivně a rychle při vyhledávání, lze pomocí nich dobře modelovat vztahy, i když u hierarchických databází je složitý vztah $M : N$ problematický. Dodatečná změna jednou navržené struktury je však u nich velmi obtížná, protože vede k nutnosti předefinovat vztahy celého systému.

- *Soubory dat jsou vzájemně logicky nezávislé.*

Tento přístup se uplatňuje u relačního modelu, který chápe data jako víceméně nezávislé tabulky, se kterými se manipuluje pomocí operací relační algebry. Zakladatelem tohoto modelu je E. F. Codd, který na počátku 70. let publikoval články, v nichž popsal model založený na matematickém pojmu relačních množin. V průběhu 70. let vznikly první relační SŘBD, které prošly v dalších letech obdobím zdokonalování a v současnosti platí, že většina dnešních komerčních produktů jsou systémy založené na relačním modelu.

- *Soubory dat představují objekty.*

Principy objektově orientovaného programování (OOP) pronikly i do oblasti databází. Objektový přístup nabízí možnost lépe popsat objekty reálného světa než relační model, který popisuje pouze vlastnosti objektů, tedy statická data. Na rozdíl od tabulek v relačním modelu mohou mít objekty kromě vlastností i metody, které představují funkce a procedury, které s nimi manipulují. Na základě společných rysů lze vytvářet třídy objektů, které své vlastnosti a metody mohou dědit. Zdá se, že objektově orientované principy jsou pro modelování reality ideální, nicméně teoreticky objektově orientovaný model dosud není dostatečně popsán

a standardizován, což je důvodem pomalejšího pronikání OOSŘBD do praxe. Spíše se projevují trendy rozšířit relační model o prvky a principy OOP, takže můžeme mluvit o objektově-relační technologii.

Každý datový model má pro určitou oblast úloh jisté přednosti, které opodstatňují jeho použití. Nicméně díky své efektivitě, flexibilitě a propracovanosti je relační model v současnosti nejpoužívanější, a proto se v tomto textu věnujeme právě a pouze relačním databázím.

2.2.4 Relační model

Relační DB model, jak už bylo řečeno výše, vychází z teorie množin. Související data (hodnoty atributů jednotlivých záznamů) tvoří množinu uspořádaných n -tic, která se v teorii množin nazývá *relace*. Spolu s operacemi, které jsou nad relacemi definovány, vytváří velmi dobře prozkoumanou *relační algebru*. V průběhu času byly objeveny a implementovány nejrůznější algoritmy realizující všechny potřebné operace s relacemi (vyhledávání, třídění, průniky, sjednocení, kartézský součin atd.). Relace lze prezentovat tabulkami s definovanými sloupci. Od těchto relací je pak odvozen název databázového modelu (nikoli tedy od pojmu relace, který se často v databázových systémech používá pro vyjádření vztahu mezi tabulkami).

Jelikož relaci tvoří související údaje, je zřejmé, že k popsání určitého prostoru problému nebude stačit jediná relace, tedy tabulka. Každá předmětová oblast je popsána řadou objektů a minimálně údaje o těchto objektech budou uloženy v samostatných tabulkách. Většinou je v informačním systému zapotřebí množství tabulek, některé nemusejí reprezentovat žádný reálný objekt. Pro práci s takto chápanými daty jsou k dispozici prostředky relační algebry a kalkulu implementované vestavěnými algoritmy SŘBD. Navzdory dlouholetému výzkumu a zveřejnění klíčových postupů jsou dodnes konkrétní implementace komerčních systémů předmětem obchodního tajemství. Otevřené systémy s veřejným zdrojovým kódem jsou obvykle daleko méně propracované a méně efektivní zejména v případech velkých objemů dat.

2.3 Geografické informační systémy

Zkratka GIS vznikla spojením tří slov: Geografický je složenina dvou řeckých slov a to GEO – Země a GRAFIE – zapisovat, popisovat atd. Z toho je patrné, že tento informační systém popisuje Zemi neboli geosféru. Nejedná se však pouze o fyzicko-geografické sféry (hydrosféra, litosféra, atmosféra atd.), na které byly systémy GIS ve svých počátcích zaměřeny. Pro rozšíření tohoto pojmu musíme zahrnout i to, co pod sebou skrývá pojem antroposféra (socioekonomická sféra), tedy lidské životní prostředí, lidská sídla, zastavěná a obydlená území. Zahrnutí tohoto pojmu nám umožňuje vytvářet systémy GIS zaměřené na dopravní stavby aj. Zbývající dvě slova, „informační“ a „systémy“, netřeba podrobně rozebírat. Systémy GIS tedy nelze považovat pouze jako systém map a mapových podkladů, spektrum jejich dat a využití je daleko rozsáhlejší.

Jedna z definic GIS zní: „Geografický informační systém je organizovaný souhrn počítačové techniky, programového vybavení, geografických dat a zaměstnanců navržený tak, aby mohl efektivně získávat, ukládat, aktualizovat, analyzovat, přenášet a zobrazovat všechny druhy geograficky vztažených informací“ [5]. Jedná se tedy o aplikaci umožňující standardní datové

modelování zasazené do geografických souvislostí. Nedílnou součástí GIS tvoří kromě hardware a programového vybavení také data, obsluha a uživatelé systému.

V současné době existuje značný počet produktů GIS. Je možné je členit podle různých hledisek, například podle použitého prostředí, nebo podle oblasti působení. Ukážeme si několik rozdílných klasifikací, které se běžně používají. Co je třeba obzvlášť zdůraznit, je vždy přítomná možnost jistého sloučení a spolupráce mezi systémy – systémová integrace. Právě této možnosti se občas málo využívá a tím dochází k neúčelnému vynakládání prostředků finančních či lidských na tvorbu redundantních vývojových prostředků a implementací. Následující výčet některých možných členění ilustruje komplexní charakter systémů GIS, navíc je užitečný pro získání představy, jak koncipovat jeho konkrétní návrh.

2.3.1 Klasifikace systémů GIS

Uvedeme zde několik způsobů, jak lze pohlížet na rozdíly mezi systémy GIS. Nejsem zastáncem „škatulkování“, protože velmi často snaha o správné začlenění odvádí od řešení samotného. Neberme tedy následující členění jako úplný výčet různých druhů GIS – spíše se snažím poukázat na možnost nadhledu a celkového pojetí. Často se totiž stává, že se IS budují zbytečně, s duplicitními daty, kdy se systémy liší pouze v jejich prezentaci.

Klasifikace z hlediska modelování za časový úsek:

- *Statické modely* – zachycují momentální stav geosystému (mapy, naměřené údaje),
- *kinematické modely* – zachycují stav geosystému v časových intervalech (opakovaná měření),
- *dynamické modely* – zachycují přechod geosystému z jednoho stavu do druhého.

Mělo by být také pamatováno na modely budoucích stavů, jejichž pomocí může být dosaženo jisté optimalizace. Jsou také neocenitelné při snaze o maximální aktuálnost složitějších systémů.

Klasifikace podle odborného zaměření:

- *Územní informační systémy (ÚIS)*

Doménou je převážně oblast katastru nemovitostí. Na jejich základě se však budují i jiné, podobně orientované systémy například městské IS (Praha, Brno, Ostrava apod.), nebo informační systémy různých organizací, pokrývající svojí činností malé lokality (městská policie, městské informační služby atd.).

- *Prostorové informační systémy (PIS)*

Používají se zejména ve státní správě pro plánování územního rozvoje a v armádách všech vyspělých států. Na základě PIS se budují další IS přidáním informací z oblasti zájmu uživatele (energetické rozvodné závody, správa dálkových kabelů, vodohospodářské organizace, apod.).

- *Informační systémy životního prostředí (ISŽP)*

Slouží pro evidenci stavu životního prostředí vzhledem k jeho využívání či poškozování a pro přijímání opatření k jeho ochraně.

- *Oborové informační systémy (OIS)*

Vznikají převážně na základě UIS a PIS, které jsou doplňovány informacemi z daného oboru. Do této skupiny můžeme zařadit i systém pro evidenci železniční infrastruktury, kterými se budeme zabývat.

Klasifikace dle úrovně pohledu uživatele:

- *GIS pro územní a státní správu*

Jedná se o systém využívaný ve státní správě nebo nadnárodním měřítku. Všechny tradiční oblasti státní správy mohou tyto systémy používat pro řešení svých problémů. GIS je možné využívat pro potřeby územního plánování, evidence nemovitostí, vyměřování některých typů daní, evidencí a správy majetku, správu dopravní infrastruktury, veřejné městské dopravy, při organizaci požární a záchranné služby, policie apod. [6]. V dopravním sektoru to může být vyvíjený evropský registr infrastruktury INSPIRE. Existuje řada jiných příkladů těchto GIS. Uživatel v tomto případě pracuje s omezenou množinou dat, kterou pro svou práci potřebuje (průjezdny průřez, přejezdy). Těchto dat je využíváno především ve spolupráci s jinými subjekty.

- *GIS pro vrcholové řízení podniků a správců*

Je-li uživatelem vedení podniků, bude s největší pravděpodobností potřebovat data důležitá pro správné rozhodování v oblasti údržby, rekonstrukcí, modernizací optimalizací dopravy a také pro celkový přehled spravovaného majetku. V dopravních stavbách je takovým správcem ŘSD (Ředitelství silnic a dálnic), městské dopravní podniky a SŽDC (Správa železniční dopravní cesty).

- *GIS pro správce*

Nejpodrobnější a nejpřesnější informace potřebuje znát přímý správce dané oblasti. Je zcela zřejmé, že právě správce potřebuje mít detailní informace o zařízeních, která spravuje a udržuje. Opět můžeme snadno najít příklad v dopravním prostředí. Z oblasti železniční dopravy bychom našli příměr se správou tratí, kde je nutností mít k dispozici data například výrobcích specifikacích jednotlivých prvků železničního svršku z důvodu záruk a obnovy.

Toto rozdělení je přesně tím případem, jenž byl zmíněn na začátku této kapitoly. Data obsažená na úrovni správce je možné transformovat a předat na vyšší úroveň.

Skupiny informačních systémů

Skupin, které obecně zahrnuje pojem GIS, je více a hranice mezi nimi není příliš ostrá [6].

- *Systémy pro digitální mapování (CAM – Computer-Aided Mapping).*

Pokrývají oblast pořizování a správy digitální mapy. Začínají nahrazovat klasické metody mapování. Mají rozsáhlé editační možnosti a jsou většinou součástí či nadstavbou CAD systémů. Do této skupiny patří také systémy pro ruční, poloautomatickou a automatickou vektorizaci.

- *Informační systémy o území (LIS – Land Information System)*

Umožňují vedení a správu digitálních map. Mapy je možné doplnit o textová data, vesměs ve formě databázových tabulek, s možností jednodušších analýz. Spojení databáze s prvky výkresu je zajištěno prostřednictvím jednoznačného identifikátoru. Speciální variantou těchto systémů jsou AM/FM systémy (Automatic Mapping Facility Management) pro správu rozsáhlých infrastrukturních sítí.

- *Geografické informační systémy (GIS – Geographical Information System)*

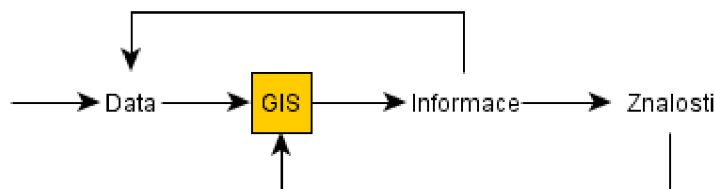
Jsou zpravidla rozsáhlé systémy, často začleněné do počítačové sítě. Vektorově orientované systémy vycházejí z topologického datového modelu. Samozřejmě umožňují i některé operace a analýzy nad rastrovými obrazovými formáty. Nejmodernější systémy dovolují provádět modelování a analýzy typu WHAT IF?

- *Systémy pro manažerské mapování (DMS – Desktop Mapping System)*

Zahrnují vesměs aplikace pro vizualizaci grafických i textových dat organizovaných v datových strukturách GIS (prohlížečky), které navíc umožňující provádění analýz. Slouží především k dotazování a následnému rozhodování, dále pak k výběru a prezentaci dat (i multimediálních). Nepodporují však sběr dat a zpravidla ani jejich editaci.

2.3.2 Data v systému GIS

Nejdříve si představíme typy dat, se kterými se v systémech GIS můžeme setkat. Základní rozdělení představují vstupní data a výstupní informace. Nutno zmínit, že hranice mezi daty a informacemi není jednoznačná. Výstupní informace se často na jiné úrovni stávají vstupní daty a naopak.



Obr. 4 Pracovní schéma dat v GIS

Vztah mezi daty a informací je také definován v normě [7]. Definice zní: „Údaj (data) je opakovatelně interpretovatelná formalizovaná podoba informace vhodná pro komunikaci,

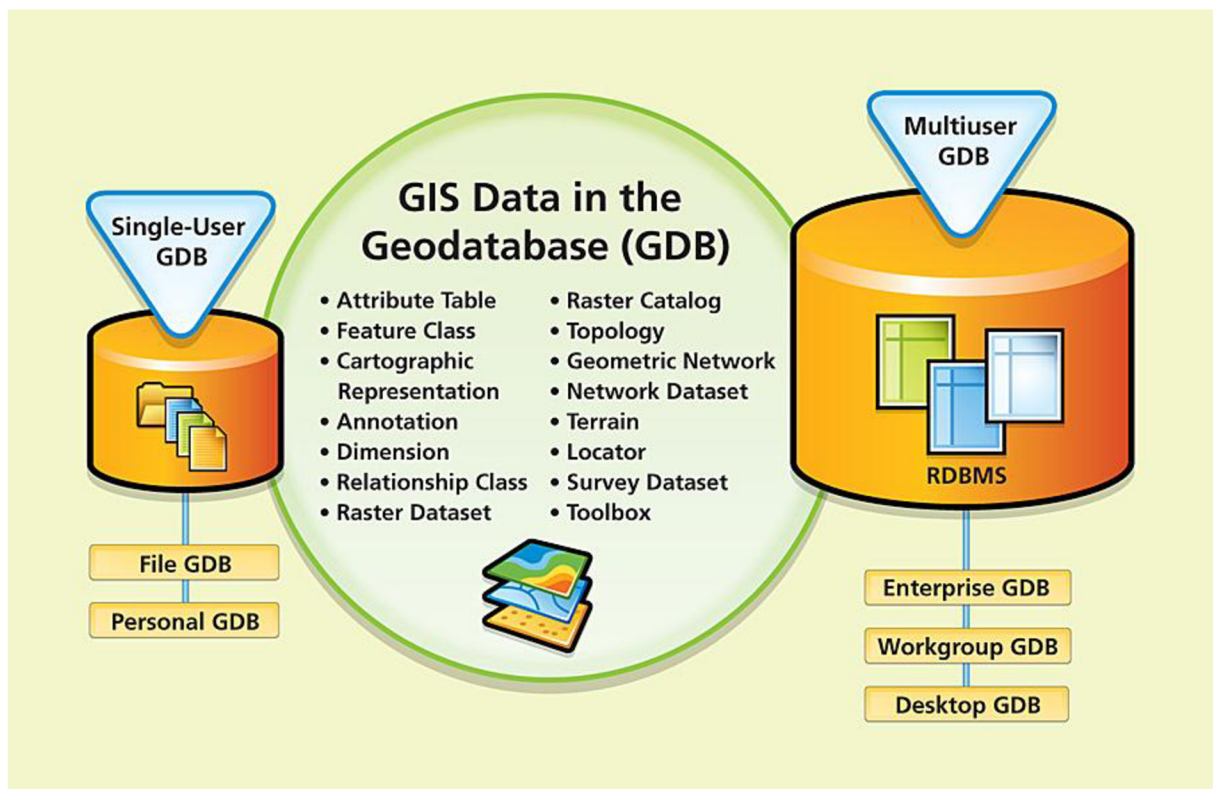
vyhodnocování nebo zpracování. Informace je poznatek týkající se jakýchkoliv objektů, např. fakt, událostí, věcí, procesů nebo myšlenek, včetně pojmů, které mají v daném kontextu specifický význam.“

V souvislosti s daty se dnes hojně používá rovněž pojem *metadat* s následující definicí [8]: „*Metadata jsou data, popisující obsah, reprezentaci, rozsah (prostorový i časový), prostorový referenční systém, kvalitu a administrativní, případně i obchodní aspekty využití digitálních dat.*“ Jsou to tedy údaje, kterých je potřeba k tomu, aby byla popisovaná data použita odpovídajícím způsobem, tj. předešlo se jejich chybnému užití.

Jak je již ze samotné definice GIS zřejmé, geografické informační systémy pracují mimo jiné s prostorovými daty, která lze definovat například takto [8]: „*Prostorová data (spatial data) jsou data, která se vztahují k určitým místům v prostoru, a pro která jsou na potřebné úrovni rozlišení známe lokalizace těchto míst.*“

Prostorová databáze - geodatabáze

Geodatabáze je datový prostor kombinující geografická data s databází, společně vytváří centrální datový repositář pro data a jejich správu. Prostředí umožňuje data uložená v GIS spravovat z jednoho místa a velmi efektivně.



Obr. 5 Typy geodatabází v prostředí ArcGIS a jejich rozdělení (www.esri.com)

Geodatabáze podporují různé typy prvků používaných v prostředí GIS. Tyto konstrukční prvky geodatabáze mohou být:

- *Atributy dat*
- *Zeměpisné prvky*
- *Rastrová data*
- *Vektorová data*
- *Plošné a prostorové modely*
- *Dopravní systémy*
- *Souřadnice apod.*

Datové objekty používané v GIS jsou následující:

- *Poznámka*

Specializovaná třída vlastností – *feature class* (viz dále), která obsahuje text nebo grafiku poskytující informace o funkcích či oblastech mapy. Tato třída může být propojena se dalšími třídami.

- *Rozměr*

Speciální typ geodatabázové poznámky, která ukazuje specifické délky nebo vzdálenosti na mapě. Rozměr může označovat délku strany budovy nebo parcely. Může také označovat vzdálenost mezi dvěma *feature class* (např. hydrant a roh budovy).

- *Feature Class (třída)*

Sada geografických prvků se stejným typem geometrie (tj. bod, přímka nebo polygon), stejnými atributy a stejným typem prostorové reference. Třídy umožňují seskupovat homogenní objekty (se stejným typem vlastností) a ukládat je do jediné položky. Například je možné seskupovat silnice a dálnice do jediné položky s názvem „silnice“. *Feature class* mohou ukládat také popisy a rozměry a je zřejmé, že jejich účel je zakotven v relačním pohledu na geografická data.

- *Feature Dataset*

Soubor tříd (kontejner) uložených společně a sdílejících prostorové reference. Všechny třídy v tomto kontejneru sdílejí také souřadnicový systém a jejich prvky spadají do stejné geografické oblasti. *Feature dataset* se používá pro usnadnění modelování relačních vazeb mezi třídami. Funkčně tento objekt odpovídá zhruba databázovému schématu.

- *Tabulka*

Sada datových elementů uspořádaných do řádků a sloupců. Každý řádek reprezentuje jeden záznam. Každý sloupec reprezentuje pole záznamů. Buňka je průsečík sloupce a řádku, obsahuje specifickou hodnotu záznamu a pole. Tabulky se užívají pro ukládání samostatných atributů a informací spojených s geografickým místem (adresa).

- *Vazby*

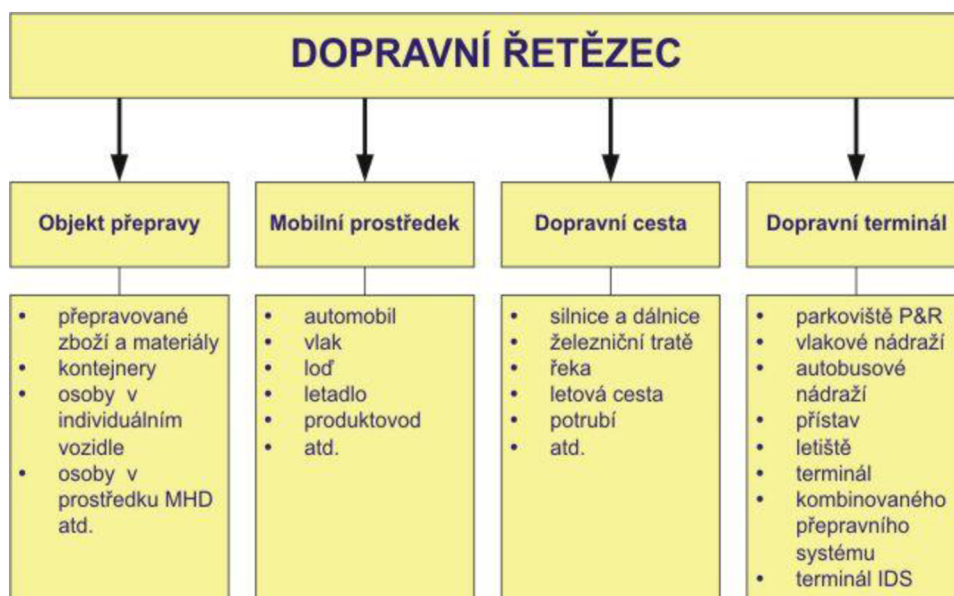
Vazby řídí propojení objektů v jedné třídě (tabulce, feature class) s dalšími objekty v propojených tabulkách či feature class.

- *a další.*

Při návrhu a následné realizaci prostorové databáze se napřed vytváří logický datový model a následně se tento model konkretizuje v podobě fyzického datového modelu. Ten již obsahuje definice datových typů, číselníky a konvence. Datový model se v dalším kroku implementuje do vybraného prostředí geodatabáze.

2.3.3 Použití systému GIS v dopravních systémech

Jedna z definic postuluje: „Doprava je cílené přemístění osob, majetku a informací v prostoru a čase.“ Tato definice nám odpoví na otázku, co je to doprava, bohužel nepostačuje pro podrobné získání představy, co všechno se pod tímto označením skrývá. Musíme se tedy poohlédnout po jiné definici, např. tematicky zaměřené. Pochopení prostředí, pro které se informační systém navrhuje, je jedním z důležitých kroků, aby návrh byl schopný uspokojit většinu potřeb v daném oboru. Nejdříve se seznámíme s definicí dopravního řetězce, viz následující obrázek [9].



Obr. 6 Dopravní řetězec

- *Objekt dopravy*

Proces přemístění zboží a osob.

- *Objekt přepravy*

Definuje souhrnný pohyb pro přepravované materiály, zboží a osoby. Podle charakteru objektu přepravy lze dělit dopravu na osobní a nákladní. Z hlediska telematiky a pro další část řešení úkolu je nutné zmínit, že přepravní jednotka může být vybavena globálním, lokálním i veřejným informačním systémem, který provádí identifikaci druhu nákladu, směru přepravy, ale i určení reálné polohy nákladu, atd. Přepravní jednotkou rozumíme samotný dopravní prostředek se zbožím (např. s obilím), surovinami (např. rudou, apod.) anebo přepravu ve speciálních přepravních systémech (kontejner, plovoucí kontejner, silniční nástavba) nejlépe v multimodální dopravě s různým obsahem (substrát, zboží, výrobek). V osobní dopravě touto globální, lokální a veřejnou logikou může být např. univerzální platební karta, která jednoznačně charakterizuje držitele.

- *Dopravní prostředek*

Definuje dopravní element nebo komplet (vozidlo, loď, letadlo, vlak, atd.), který se pohybuje po dopravní cestě. Podle charakteru dopravního prostředku a dopravní cesty dělíme dopravu na silniční, železniční, leteckou a vodní. Dopravní prostředek též může obsahovat globální, lokální i veřejnou logiku, která identifikuje přesně polohu, typ a další parametry konkrétního dopravního prostředku.

- *Dopravní cesta*

Definuje prostor, na kterém se pohybují dopravní jednotky nebo dopravní komplety. Dopravní cestu lze rozdělit dle druhů dopravy, případně podle dalších charakteristik dopravní cesty. Silniční dopravu lze dělit na dopravu v extravilánu (dálnice, silnice 1., 2. a 3. třídy) a v intravilánu (města, zastavěné obce). Železniční dopravu lze dělit na tratě celostátní (koridory a objízdné trasy koridorů, které jsou z hlediska hustoty provozu definovány jako tratě typu A a B) a regionální (z hlediska hustoty provozu definovány jako tratě typu C, D, E). Leteckou dopravu lze dělit dle typu vzdušného prostoru, v němž je provozována, a vodní dopravu lze dělit dle povoleného ponoru vodní cesty podle klasifikačních tříd. Prezentované rozdělení dopravních cest sehraje klíčovou roli ve výběru systémů dopravní telematiky, protože použitá technologie ITS musí být v souladu s charakteristikou dopravní cesty.

- *Dopravní terminál*

Definuje prostor, kde dochází k nakládce, vykládce či překládce objektu přepravy, nebo ke změně druhu dopravy. Jako terminál lze označit v individuální automobilové dopravě např. parkoviště, ve veřejné dopravě osob lze pod terminál zahrnout např. nádraží. Typickým terminálem letecké dopravy je letiště, vodní dopravy přístav, železniční dopravy železniční stanice, překladiště ale i vlečka. Pro další rozvoj dopravy jsou velmi důležité terminály multimodální dopravy. Multimodálním terminálem v našem pojetí může být např. i parkoviště typu „Park and Ride“ [9].

Doprava je tedy výsledkem spolupráce, vazeb a procesů podílejících se na uskutečnění dopravy. Přeprava se uskutečňuje dopravními prostředky, které se pohybují po dopravní cestě. Zde je jasná vazba mezi vlastníkem dopravní cesty a dopravcem (společnost konající dopravu dopravními prostředky). Dopravní cesta se dnes stále častěji nazývá infrastruktura a její vlastník je označován jako manažer infrastruktury. Úlohou manažera infrastruktury je přidělovat nebo prodávat kapacitu dopravní cesty. Tyto pojmy zde zmiňuji především z důvodu, že se s nimi setkáváme při komunikaci a spolupráci v rámci EU. Dopravní cesta je spravována vlastníkem (provozovatelem dráhy) a ten by o ní měl shromažďovat informace a následně některé informace poskytovat dopravcům (dopravním podnikům). Dopravci, kteří využívají dopravní síť, za ni platí a měli by tedy mít také možnost plánovat své cesty s ohledem na rychlost, energetickou náročnost či ujetou vzdálenost. Neposkytováním těchto informací je bráněno volné soutěži a především konkurenci mezi jednotlivými druhy dopravy. Úlohy řešící plánování tras spadají pod oblast logistiky. Logistiku je zase nutno vnímat jako multidisciplinární vědní oblast. Zabýváme-li se dopravou, setkáváme se ještě s jednou oblastí a tou je dopravní inženýrství. Dopravní inženýrství je ta nenápadná složka v celém souboru, která se stará o řízení dopravy. V silniční dopravě je příkladem tvorba signálních plánů na křižovatkách a u drážní dopravy je ekvivalent v podobě zaměstnanců řídících provoz za pomoci sdělovacího a zabezpečovacího zařízení.

Pochopením dopravy jako celku se nám otevírá možnost navrhnout GIS, jenž bude možné využít pro větší část procesů. GIS bude užitečný zejména pro správce spravující data o dopravní cestě. Data lze následně použít jako vstup pro logistické úlohy nebo i pro řešení dopravně inženýrských úloh.

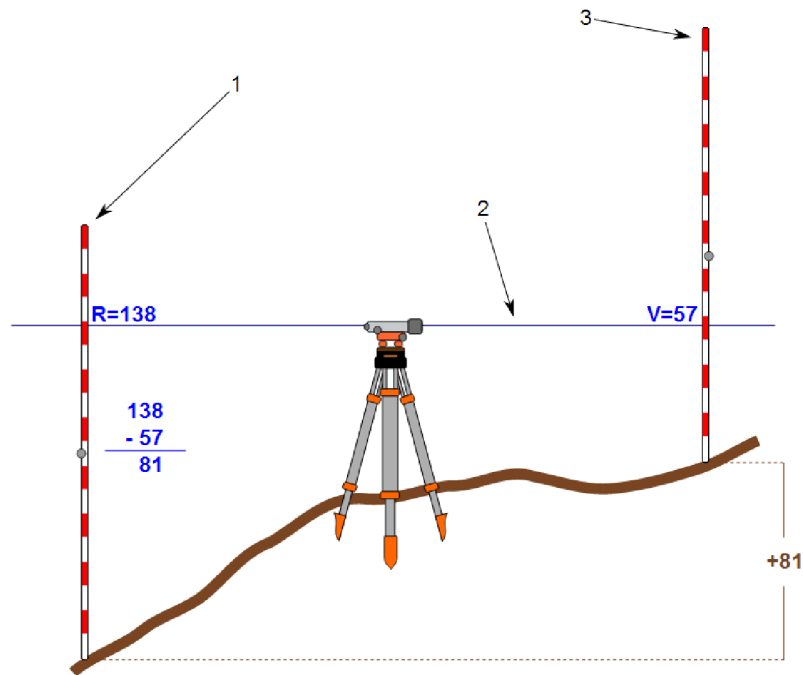
2.4 Metody pořizování geografických dat

2.4.1 Klasické geodetické metody

Z klasických geodetických metod vhodných pro pořizování dat se zmíním alespoň o základních metodách měření:

- **Nivelace**

Nivelace se používá při měření výšek (převýšení) a vyhotovení výškového (podélného profilu). Princip metody je založen na odečítání z měřické latě pomocí dalekohledu s vodorovnou osou. Nejdříve se provede čtení na lati se známou výškou a následně je možné čtením z latě na neznámém bodě určit jeho výšku.



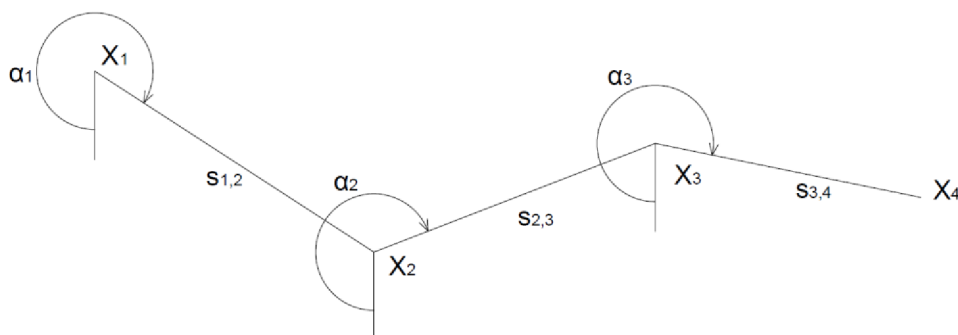
Obr. 7 Grafické znázornění principu nivelace. 1 a 3 – nivelační lat', 2 – vodorovná rovina nivelačního přístroje
(<http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Soubor:NivellementExample.svg&page=1>)

- Polygonové měření

Polygonové měření se používá pro určení souřadnic a skládá se z měření délek stran a úhlů polygonu. K výpočtu souřadnic se použijí vzorce pro transformaci polárních souřadnic na kartézské (s je vzdálenost dvou bodů a úhel α je směrnik, tedy úhel měřený od základního směru):

$$X_n = X_{n-1} + s_{n-1,n} \cos \alpha_{n-1} \quad (2.1)$$

$$Y_n = Y_{n-1} + s_{n-1,n} \sin \alpha_{n-1} \quad (2.2)$$



Obr. 8 Polygonový pořad

Teorie i technologie klasických geodetických je používána již dlouho a není tedy účelné se tomuto tématu dále věnovat. Také přístrojové vybavení je dnes na špičkové úrovni, měření se v dnešní době provádí tzv. totálními stanicemi, které mají všechny požadované funkce.

Dosáhneme pořízení velmi přesného podkladu, ovšem za značně vysokou cenu a se značnou časovou náročností. Zaměření a následná lokalizace v jednotkách milimetrů jsou v tomto případě zbytečně přesné. Pro náš případ zcela postačuje přesnost v řádu jednotek cm. Následné aktualizace či případná rozšíření budou také vyžadovat značné finanční náklady.

2.4.2 Fotogrammetrické metody

Fotogrammetrie je obor zabývající se rekonstrukcí tvaru, velikosti a polohy předmětů zobrazených na fotogrammetrických měřičských snímcích. Fotogrammetrie je metoda optického měření. Měřický snímek je základem mapovací techniky a měřické techniky fotogrammetrie. Snímek je prostředek pro přesné a rychlé zobrazení jak umělých tak i přirozených objektů na zemském povrchu.

Úlohou fotogrammetrie je převedení informace z centrální projekce snímku na pravoúhlou (ortogonální) projekci (půdorys, nárys apod.). Převod je možné realizovat několika různými metodami, např. graficky, opticky anebo mechanickými či analytickými prostředky.

Fotogrammetrie se podle polohy stanoviště rozděluje na fotogrammetrii pozemní a fotogrammetrii leteckou.

Leteckou i pozemní fotogrammetrii lze v podstatě označit jako dálkový průzkum. V literatuře se můžeme setkat s pojmem dálkový průzkum Země (DPZ). Dálkový průzkum Země může být dále rozlišován na letecký a kosmický v závislosti na použitém nosiči snímkovacího přístroje.

Pozemní fotogrammetrie se zabývá měřickými snímky pořízenými z pozemních stanovišť. Používá se v různých technických oborech jako stavitelství. Ve stavitelství se využívá pro zpracování podkladů (mapových, projekčních), při zaměřování památek nebo podzemních činnostech (budování tunelů, měření sesuvů). V oblasti železniční dopravy se pozemní fotogrammetrie využívá např. pro stanovení prostorové průchodnosti.

Letecká fotogrammetrie je oblast zabývající se snímky pořízenými z letadla či jiného létajícího tělesa a jejich vyhodnocením. V dnešní době je letecká fotogrammetrie hlavní činností fotogrammetrie. Využívá se při mapování a průzkumu větších územních celků. Pro účely mapování se měřické snímky pořizují s osou mírně odkloněnou od svislice. V případě rovinného terénu by jinak docházelo ke ztrátě detailů a výsledek by byl velmi podobný mapě.

Digitální komora se montuje do speciálních gyrostabilizovaného závěsu propojeného se systémem řízení letadla. Navigační informace a pohled na snímané území jsou viditelné také v kabině operátora komory. Veškeré informace se ukládají na velkokapacitní paměťovou jednotku.

Nejnovější oblastí fotogrammetrie je ortofotografie. Ortofotografie se zabývá technologií a teorií diferenciálního překreslování měřických snímků. Snímek se rozdělí na malé plošné prvky, tím se eliminují zkreslení. Výsledkem tohoto překreslení snímků je ortofotomapa.

Datové podklady lze dnes pořídit relativně snadno, ortofotomapy celého území ČR jsou veřejně dostupné pomocí systému ZABAGED, mapových portálů, apod. Vyšší přesnost než standardních 50 cm/pixel s sebou ovšem již nese vyšší pořizovací náklady. Data některých zájmových objektů (např. zabezpečovací zařízení) nemusí být touto metodou dostupná. Metodu lze doporučit především pro kombinaci s jinou metodou získávání dat. Velmi působivá je zejména prezentace nad takto vytvořeným modelem.

Fotogrammetrie je v dnešní době velmi progresivní a často používanou technologií při mapování území. Důkazem jsou mapová díla volně dostupná na internetu.

2.4.3 Metody GPS

Dle mého názoru se dnes jedná o nejvýhodnější metodu pořízení dat. Metoda je dostatečně přesná a rychlá. Hlavní výhodou je snadná správa těchto dat a následné aktualizace či rozšíření systému. Metoda je vhodná i jako doplněk jiných metod.

NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS) je navigační systém budovaný od roku 1973 původně pro vojenské účely americkým ministerstvem obrany. Jeho základem je tzv. *kosmický segment* tvořený družicemi GPS, které jsou zdrojem signálu pro určení polohy.

Družice jsou umístěny v šesti rovinách na téměř kruhových oběžných drahách ve výšce přibližně 20 200 km nad povrchem Země, se sklonem k rovníku 55° a oběžnou dobou 11 hodin 58 minut. Družice se pohybují rychlostí 11 300 km/h. Každá ze šesti drah má pět pozic pro umístění družic, maximální počet satelitů v tomto systému je tedy roven třiceti (pro stálou viditelnost alespoň čtyř satelitů s minimální elevací 15° na libovolném místě zemského povrchu postačuje 24 funkčních satelitů).

Řídicí segment systému sestává z hlavní řídicí stanice a pěti monitorovacích stanic, které jsou rozmístěny zejména na rovníkových ostrovech. Monitorovací stanice předávají změřený stav satelitů do hlavní řídicí stanice, kde jsou vypočítávány přesné údaje o oběžných drahách a korekce satelitních hodin, které jsou třemi vysílacími stanicemi zpětně přenášeny do satelitů. Přesná poloha a čas jsou základní informací, kterou satelit vysílá do GPS přijímačů v podobě tzv. navigační zprávy.

GPS je pasivní dálkoměrný systém, kdy poloha přijímače je určena pomocí vzdáleností od jednotlivých družic. Elektronické vybavení družic umožňuje uživatelům měřit topocentrické vzdálenosti k družicím pomocí časového zpoždění přijatého rádiového signálu. Známe-li souřadnice družic (x_i, y_i, z_i) – jsou součástí vysílaného signálu – a vzdálenosti alespoň ke třem družicím, můžeme polohu přijímače (x_k, y_k, z_k) určit vyřešením soustavy rovnic:

$$D_k^i = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2}, i = 1, 2, 3 \quad (2.3)$$

kde D_k^i je vzdálenost měřicího přístroje k od satelitu i . Určení této vzdálenosti se provádí nepřímou – měřením rozdílu času přijetí signálu přijímačem t_k a čtení družicových hodin t_i v okamžiku odeslání signálu. Z tohoto rozdílu je možné vypočítat vzdálenost mezi družicí a přijímačem pomocí vztahu

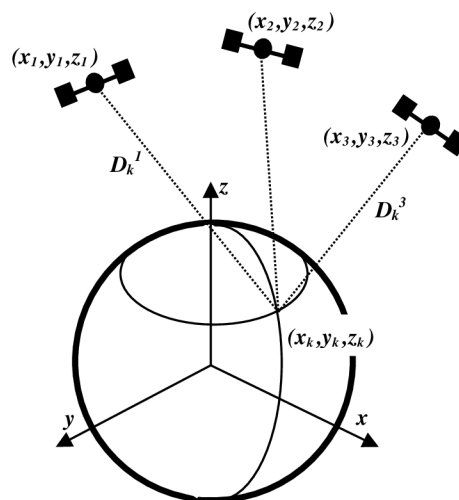
$$D_k^i = c \cdot (t_k - t_i) = c \cdot \Delta\tau \quad (2.4)$$

kde $c=299\,792\,458,0\text{ m/s}$ je rychlost světla ve vakuu. Je zřejmé, že určení vzdálenosti vyžaduje velmi přesné měření času. Satelity jsou vybaveny cesiovými nebo rubidiovými časovými normály („atomovými hodinami“), měřicí přístroje však takovou přesnost nemají – obecně nelze zajistit dokonalou synchronnost hodin satelitní sítě a měřicího přístroje. Časová základna je tedy posunuta o neznámý časový interval δ_k (tzv. chyba hodin přijímače), který tak vedle prostorových souřadnic antény přístroje tvoří čtvrtou neznámou, z čehož vyplývá nutnost přijímat signál nejméně od čtyř družic současně:

$$D_k^i + c \cdot \delta_k = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (2.5)$$

Vzdálenost určená podle vztahu (2.5) je zatížena mnoha chybami a nazývá se pseudovzdáleností (pseudorange). Hlavní zdroje chyb měření jsou *ionosférická a troposférická refrakce* (na rozhraní vrstev atmosféry dochází k lomu trajektorie signálu), možné odrazy signálu např. v zástavbě (*multipath*), nepřesná pozice družice vysílaná v tzv. navigační zprávě apod. Obecně platí, že vyšší kvality měření lze dosáhnout při vyšším počtu přijímaných satelitů. Rovněž rostoucí doba měření umožňuje zpřesnění výsledku.

Satelity vysílají signál na dvou přesně stanovených frekvencích $L_1 = 1575,42\text{ MHz}$ a $L_2 = 1227,60\text{ MHz}$. Jejich současné použití umožňuje profesionální měřicí stanici částečně kompenzovat refrakční chyby. Uvedené nosné frekvence jsou pak fázově modulovány několika digitálními signály. Dva z nich tvoří pseudonáhodné kódy charakteristické pro každý satelit. S použitím tzv. *C/A kódu*, který je určen pro hrubé měření, lze určit vzdálenost od družice s přesností kolem 3 m, při použití tzv. *P kódu* vysílaného s desetinásobnou frekvencí je přesnost asi 0,3 m. V obou případech přijímač generuje kopii přijatého kódu (algoritmus pro každý satelit je známý) a posouvá ji v čase tak, aby dosáhl maximální korelace s přijatým signálem. Přesnost stanoveného časového zpoždění dosahuje 1% délky jednoho bitu kódu.



Obr. 9 Schéma příjmu signálu ze tří satelitů. Podmínkou je přesná synchronizace hodin na všech satelitech i přijímači. Obsahuje-li vysílaný signál informaci o době odeslání a poloze satelitu, lze z časového rozdílu mezi vysláním a příjmem signálu přesně určit

Dalšího významného zpřesnění dosahujeme *fázovým měřením* měřené nosné frekvence. Vlnová délka frekvencí je kolem 20 cm, při měření s přesností 1% tak lze dosáhnout až milimetrové přesnosti stanovení vzdálenosti. Určení vzdálenosti ze změřené fáze je však zatíženo obtížně odstranitelnou nejednoznačností v podobě neznámého celočíselného násobku vlnové délky nosné frekvence (*fázová ambiguita*). Existuje mnoho metod, jak eliminovat tuto nejednoznačnost, od kódového měření až po využití rozdílných frekvencí L_1 a L_2 – jejich společnou vlastností je však dlouhá doba měření (desítky minut). Pro naše řešení sejevilo jako nejvhodnější fázové měření RTK (Real Time Kinematic), kdy se pro rychlé vyřešení ambiguit používá referenční přijímač se známou polohou v oblasti měření. Výhodou této metody je současná kompenzace refrakčních a jiných chyb.

Referenční stanice tedy provádí synchronní měření s pohyblivými stanicemi a zjišťuje odchylky změřených dat od skutečné polohy. Z odchylek jsou pak stanoveny potřebné korekce atmosférických chyb a řešení ambiguit pro centimetrovou přesnost určení polohy pohyblivých měřících stanic.

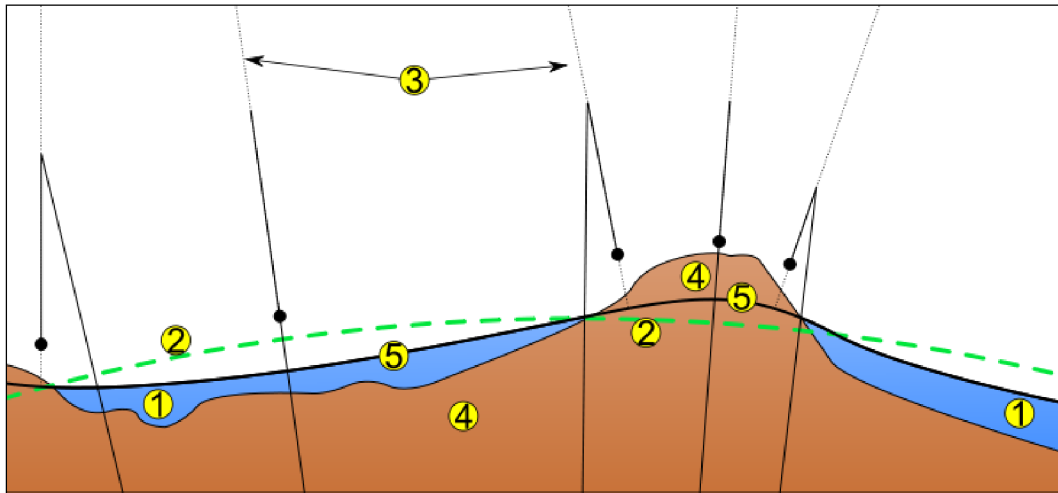
Tzv. kinematická metoda s inicializací pracuje následovně: po přesném stanovení polohy referenční stanice proběhne počáteční inicializace (vyřešení ambiguit) mobilního přijímače. Poté se přijímače dají do pohybu a provádí měření v krátkém časovém kroku (dnes běžně 100–50 ms). V případě ztráty signálu není nutné inicializaci mobilního přijímače opakovat, využívá se skutečnosti, že ambiguita je možno určit na základě přesných kódových měření i při pohybu přijímače (*on-the-fly ambiguity resolution*).

2.4.4 Problematika souřadných systémů

Jednou z otázek, která provází každý návrh aplikace GIS je jakým způsobem se vypořádat s pořízenými geografickými daty. Je velmi pravděpodobné, že všechna data nebudou pořízena pouze v jednom souřadném systému. Není totiž účelné a ekonomicky přijatelné pořizovat veškerá data znovu ve vybraném souřadném systému. Data se přebírají či se využívají data z původních evidenčních systémů apod. Je tedy nutné se zabývat výběrem souřadného systému a také konsolidací dat, případně jejich transformací. Tato úloha je řádově komplikovanější, pokud se jedná o mezinárodní projekty, čímž dochází k nárůstu možných souřadných systémů.

Kartografické projekce

Povrch Země není rovinný (reliéf je v řádu jednotek ‰) a ani tvar Země není definován matematicky. Běžně se tvar Země označuje jako geoid, což znamená, že je definován fyzikálně (plocha se stejnou úrovní tíhového potenciálu). Pro geodetickou praxi se tedy využívá nahrazení rotačním elipsoidem nebo koulí.

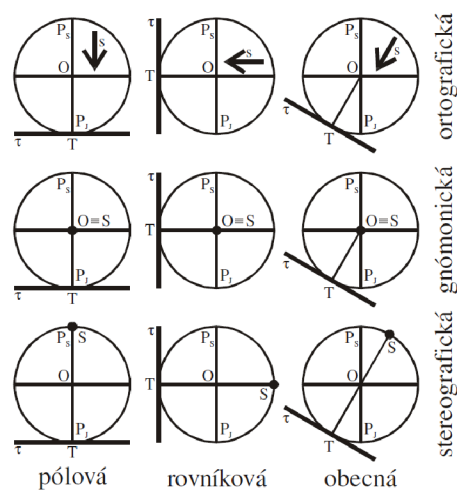


Obr. 10 Geoid – 1. oceán, 2. elipsoid, 3. lokální kolmice, 4. kontinent, 5. povrch geoidu
 (<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Geoida.svg>)

Uvažujeme-li o Zemi jako o kouli, musíme pro zobrazení bodu v rovině mapy zavést vztah – kartografické zobrazení. Matematické vyjádření vztahu mezi souřadnicemi bodů v originále a v obraze vyjadřují zobrazovací rovnice.

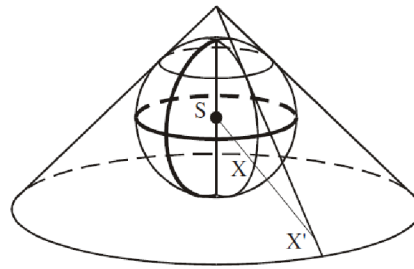
Kartografická zobrazení projekcí používají následující typy zobrazovací plochy:

- Azimutální projekce – projekce se promítá na rovinu



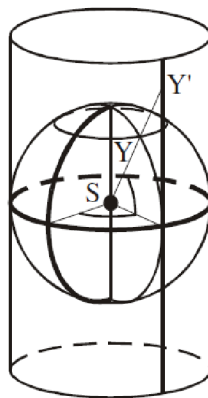
Obr. 11 Azimutální projekce [10].

- Kuželová projekce – projekce se promítá na kuželovou plochu



Obr. 12 Kuželová projekce [10].

- Válcová projekce – projekce se promítá na válcovou plochu



Obr. 13 Válcová projekce [10].

V průběhu pořizování mapových podkladů je výsledná přesnost ovlivněna volbou referenčního tělesa a zvoleným typem projekce.

Souřadné systémy na území ČR

Na území ČR je dán „nařízením vlády 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásady jejich používání [11]“ seznam přípustných geodetických referenčních systémů:

1. Světový geodetický referenční systém 1984 (WGS84)

Je určen technologiemi kosmické geodézie, které jsou součástí programů monitorovacího a zpracovatelského centra správce. Elipsoid světového geodetického systému má délku hlavní poloosy $a = 6378137$ m a zploštění $f = 1:298,25722563$. Soubor rovinných souřadnic bodů je vztažen ke světovému geodetickému referenčnímu systému 1984, epoše G873.

2. Evropský terestrický referenční systém (ERTS)

Je stejně jako WGS84 určen technologiemi kosmické geodézie a konstantami, které jsou součástí programů zpracovatelských center. Elipsoid geodetického referenčního systému 1980 má délku hlavní poloosy $a = 6378137$ m a zploštění $f = 1 : 298,257222101$. Rámec vybraných bodů má pravoúhlé souřadnice vztažené k terestrickému referenčnímu rámci, epoše 1989.0.

3. Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK)

Je založen na Křovákově konformním kuželovém zobrazení a Besselově elipsoidu s délkou hlavní poloosy $a = 6377397,15508$ m a délkou vedlejší poloosy $b = 6356078,96290$ m.

4. Katastrální souřadnicový systém gusterberský

Jedná se o Cassiniho-Soldnerovo transversální válcové zobrazení. Plocha válce se dotýká konvenčního poledníku a osa válce leží v rovině konvenčního rovníku. Počátek je v trigonometrickém bodě Gusterberg v Horním Rakousku, jehož zeměpisné souřadnice jsou $\varphi = 48^{\circ}02'18,47''$, $\lambda = 31^{\circ}48'15,05''$ východně od Ferra. Osa X je v konvenčním základním poledníku přiřazeném tomuto bodu. Je dán trigonometrickou sítí 1. až 4. řádu z let 1824 – 1860, kartografickou soustavou v ekvidistantních intervalech vedených rovnoběžek se základním poledníkem a kolmic k tomuto poledníku, vytvářejících jednak čtvercové triangulační listy o straně jedné vídeňské míle, tj. 7585,9 m, zároveň také obdélníkové sekční listy o stranách 1000 a 800 vídeňských sáhů, tj. 1896,484 m a 1517,187 m, které se zobrazují v měřítku 1:2880 a představují mapové listy katastrální mapy.

5. Katastrální souřadnicový systém svatoštěpánský

Jedná se o Cassiniho-Soldnerovo transversální válcové zobrazení. Plocha válce se dotýká konvenčního poledníku a osa válce leží v rovině konvenčního rovníku. Počátek je v trigonometrickém bodě ve věži chrámu sv. Štěpána ve Vídni, jehož zeměpisné souřadnice jsou $\varphi = 48^{\circ}12'31,54''$, $\lambda = 34^{\circ}02'27,32''$ východně od Ferra. Osa X je v konvenčním základním poledníku přiřazeném tomuto bodu. Je dán trigonometrickou sítí 1. až 4. řádu z let 1821 – 1860, kartografickou soustavou v ekvidistantních intervalech vedených rovnoběžek se základním poledníkem a kolmic k tomuto poledníku, vytvářejících jednak čtvercové triangulační listy o straně jedné vídeňské míle, tj. 7585,9 m, zároveň také obdélníkové sekční listy o stranách 1000 a 800 vídeňských sáhů, tj. 1896,484 m a 1517,187 m, které se zobrazují v měřítku 1:2880 a představují mapové listy katastrální mapy.

6. Výškový systém baltský – po vyrovnání (Bpv)

Výchozím výškovým bodem je nula stupnice mořského vodočtu v Kronštadu.

7. Tíhový systém 1995 (S-Gr95)

Hladina a rozměr sítě jsou odvozeny z absolutních tíhových měření v mezinárodní gravimetrické síti.

8. Souřadnicový systém 1942 (S-42/83)

Je určen Krasovského elipsoidem s délkou hlavní poloosy $a = 6378245$ m a zploštěním $f = 1:298,3$ a Gaussovým příčným konformním válcovým zobrazením v 6° poledníkových pásech v Krügerově úpravě.

Transformace souřadných systémů

Máme-li k dispozici mapové podklady (geografická data), je nezbytně nutné vědět, v jakém souřadném systému jsou pořízeny. V opačném případě může být transformace (konsolidace) mapových podkladů pořízených v různých souřadných systémech neproveditelná. Za zmínku stojí, že existují tisíce souřadných systémů založených na různých typech projekce a referenčních površích. Dále se setkáváme také se souřadnými systémy lokálními.

Pro výpočet transformace se používají dva typy transformací a jejich kombinace. Analytická transformace, užívateli používaná pouze pasivně a transformace numerická, vyžaduje od uživatele znalosti základních pojmů.

Analytická transformace je založena na postupech matematické kartografie, uplatňuje se při kartografických zobrazeních. Transformace řeší přepočtení souřadnic geografických nebo trojrozměrných pravouhlých na referenčním tělese do roviny a obráceně. Matematické vztahy jsou známy a většinou již bývají součástí používaných aplikací. Nutnou podmínkou pro použití této transformace je, aby oba souřadné systémy byly založeny na stejném referenčním tělese. Velikosti chyb těchto transformací jsou popsány v závislosti na zvolených typech zobrazení a jejich parametrech.

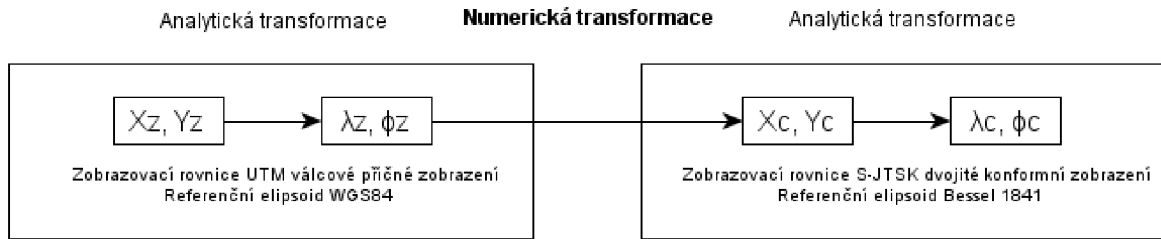
Numerická transformace se provádí tak, že se pro oblast vypočtou transformační klíče, které jednoznačně určují přepočtení ze zdrojového souřadnicového systému do cílového. Používá se, nejsou-li zdrojová data souřadnic ve známém souřadnicovém systému, nebo pokud nejsou známy vztahy analytické transformace. Nejčastěji se numerická transformace používá pro:

- přepočtení souřadných systémů mezi různými referenčními tělesy,
- transformaci souřadnic rastrového souboru do souřadnic vybraného systému,
- transformaci geometrické složky vektorových dat v neznámém souřadnicovém systému.

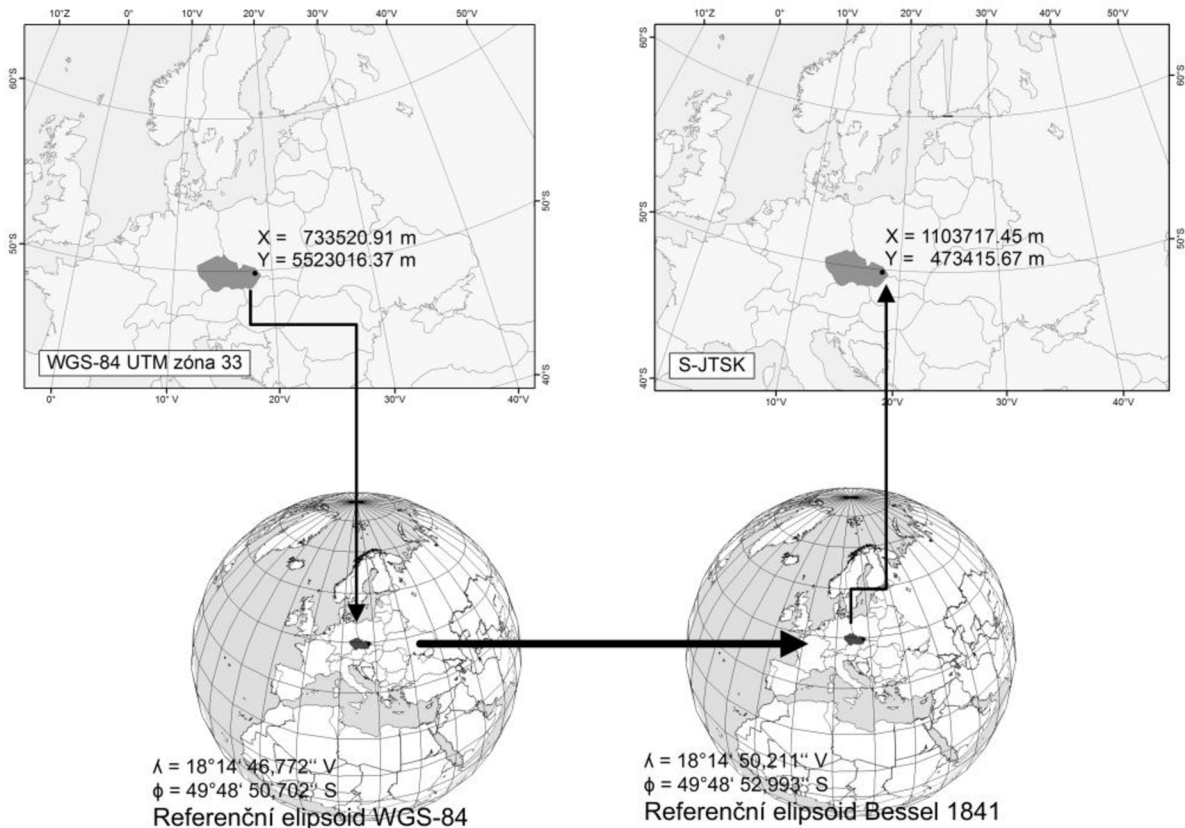
Klíč je sestavován na základě známých hodnot souřadnic jak ve zdrojovém souřadném systému, tak v cílovém souřadném systému. Přesnost tohoto typu transformace je závislá na počtu bodů a přesnosti odečtení jejich souřadnic, také však na jejich rozmístění.

Kombinovaná transformace využívá analytické transformace ze zdrojových rovinných souřadnic na referenční těleso a z cílového referenčního tělesa na cílové rovinné souřadnice. Numerická transformace se použije pro přepočtení pravouhlých souřadnic zdrojového referenčního tělesa na pravouhlé prostorové souřadnice cílového referenčního tělesa. Proces transformace je znázorněn na Obr. 15. Aplikace GIS většinou používají pro tento typ transformací sedmiprvkové Helmertovy transformace. Pro použití této transformace musíme znát:

- zdrojový souřadnicový systém a data,
- cílový souřadnicový systém,
- transformační klíč pro transformaci souřadnic mezi referenčními tělesy.



Obr. 14 Sedmiprvková Helmertova transformace.



Obr. 15 Grafické znázornění mezivýsledků kombinované transformace souřadnicových systémů z WGS-84 UTM zóna 33 do v S-JTSK (dole). Nahoře popis typu souřadnic a jednotlivých fází transformace [12].

Většina SW platform pro GIS má v sobě již implementovány základní transformační algoritmy. Při využívání těchto algoritmů je důležité důkladné seznámení s dokumentací, aby nedošlo k použití nesprávného algoritmu. Tyto transformace totiž závisí také na území, pro které se transformace používá (např. v prostředí ArcGIS se při transformaci ze souřadného systému S-JTSK do souřadného systému WGS84 použije algoritmus *S_JTSK_To_WGS_1984_1*).

2.4.5 Metody lokalizace

V současnosti je převážně používán již dříve zmíněný systém lokalizace pomocí staničení (pomocí definované trasy, úseku a kilometrické polohy). Dnes se ovšem nabízejí jiné a modernější metody popisu pomocí globálních a regionálních souřadných systémů, zejména v souvislosti s využitím technologie GPS. Samozřejmě není vhodné zcela opustit stávající metody lokalizace. Jejich nespornou výhodou je snadnější orientace a schopnost lidské

představivosti, kde se hledané místo (úsek) nachází. Pro uživatele je obvykle snadnější najít místo dle kilometrické polohy.

Proč tedy GPS? Každý, kdo se někdy setkal s problematikou staničení, chápe složitost udržování a také přesnosti tohoto popisu. Jedná se především o nepravidelnost hektometrů, abnormální hektometry, skoky ve staničení. Při skládání kolejových tras se setkáváme s případem, kdy se trasa skládá z úseků s různým směrem rostoucího staničení (zejména v prostředí SŽDC/ČD.). Vhodná je patrně kombinace obou lokalizačních přístupů. Zachovat staničení pro snadnější hrubou lokalizaci v nižší přesnosti, a to pouze v hektometrech, a pro přesnější lokalizaci využívat geodetické souřadné systémy. Je zřejmé, že vnitřní formát geografických dat v informačním systému se musí opírat o standardní souřadné systémy. Propojení se systémem staničení je možné díky zaměření polohy staničnicků. Ze známé polohy těchto staničnicků lze říct, mezi kterými staničníky se dané místo nachází. Tím uživatelům značně usnadníme prvotní lokalizaci, tedy hrubou orientaci.

2.5 Evropská dopravní politika

Tato část práce je věnována rozboru a analýze právního prostředí a pravidel, bezprostředně ovlivňující návrh databáze. Bylo nutné se seznámit s evropskou dopravní politikou a právním prostředím Evropské unie. Návrh učiněný bez tohoto kroku by mohl být nepoužitelný pro více úrovní. V takovém případě se obtížně hledají zdroje pro GIS, neboť jejich užitná hodnota nemusí být pro řídicí úroveň zcela odůvodnitelná.

Právní základ dopravní politiky je dán Smlouvou o ES čl. 3 odst. 1 písm. f) a hlava V (Lisabonská smlouva: čl. 4 odst. 2 písm. g) a Smlouvou o fungování Evropské unie hlava VI.

2.5.1 Cíle dopravní politiky

Dopravní politika je jednou z prvních politik Společenství (Evropské hospodářské společenství → Evropská unie). Nejdříve bylo prioritou vytvoření společného dopravního trhu, tj. zajištění volného pohybu služeb a otevření dopravních trhů. Členské státy se otázce společné dopravní politiky věnovaly již v Římských smlouvách (rok 1957), kde této oblasti byla věnována samostatná hlava. Z velké části bylo toho cíle dosaženo, jak se ovšem ukázalo s výjimkou. Výjimkou sektoru železniční dopravy, zde se podařilo vytvořit jednotný trh pouze částečně.

Proces otevírání společného trhu vyžaduje vytváření spravedlivých podmínek hospodářské soutěže. Nejen v rámci jednotlivých druhů dopravy, ale také mezi jednotlivými druhy. Tohoto lze dosáhnou harmonizací právních a správních předpisů, včetně sjednocení technických, daňových a sociálních podmínek, členských států.

Zrušením vnitřních hranic, snížením cen cestovního v důsledku otevření a uvolnění dopravních trhů, změnou systémů produkce a skladové logistiky, dochází k nepřetržitému růstu. Za posledních 30 let se objem přepravy zboží a osob více než zdvojnásobil. Úspěch tohoto odvětví s sebou přináší kromě pozitivních ekonomických výsledků také dopady ekologické a sociální. Stále více důležitý je koncept udržitelné mobility.

Tento model se pohybuje mezi dvěma rozdílnými skupinami cílů. Pro zajištění konkurenceschopnosti vnitřního trhu EU a volného pohybu obyvatelstva je nutná cenová

dostupnost a efektivní mobilita osob a zboží na straně jedné. Na straně druhé je potřeba vyrovnávat se a minimalizovat následky zvýšeného provozu.

Uplatnění modelu udržitelné mobility vyžaduje řešení otázek optimalizace účinnosti systému dopravy, organizace a bezpečnosti, snižování spotřeby energie a snižování spotřeby energie a negativních dopadů na životní prostředí. Základní principy jsou zvyšování konkurenceschopnosti druhů dopravy šetrnějších k životnímu prostředí, zajištění rovných podmínek hospodářské soutěže, započítáním také externích nákladů vytvářející jednotlivé druhy dopravy, a budování integrovaných dopravních sítí, které využívají dva nebo více druhů dopravy.

2.5.2 Směrování dopravní politiky

Bílá kniha o dokončení vnitřního trhu [13] z roku 1985 obsahuje doporučení pro zajištění svobody poskytování služeb a stanovila hlavní směry společné dopravní politiky. Rada v roce 1985 přijala tři hlavní cíle:

- *Vytvoření volného trhu.*
- *Zvýšení dvoustranných kvót a kvót Společenství.*
- *Odstranění nerovných podmínek hospodářské soutěže.*

Rada dále přijala „rámcový plán“ obsahující cíle, kterých mělo být dosaženo do konce roku 1992. Tento plán mimo jiné zahrnoval rozvoj infrastruktury v zájmu Společenství, zjednodušení hraničních kontrol a formalit a zlepšení bezpečnosti.

Dne 2. prosince 1992 Komise (Evropská komise) přijala **bílou knihu o budoucím rozvoji společné dopravní politiky**. Bílá kniha představuje změnu orientace na integrovaný přístup, který zahrnuje všechny druhy dopravy a vychází z modelu „udržitelné mobility“. Klade důraz hlavně na otevření dopravních trhů.

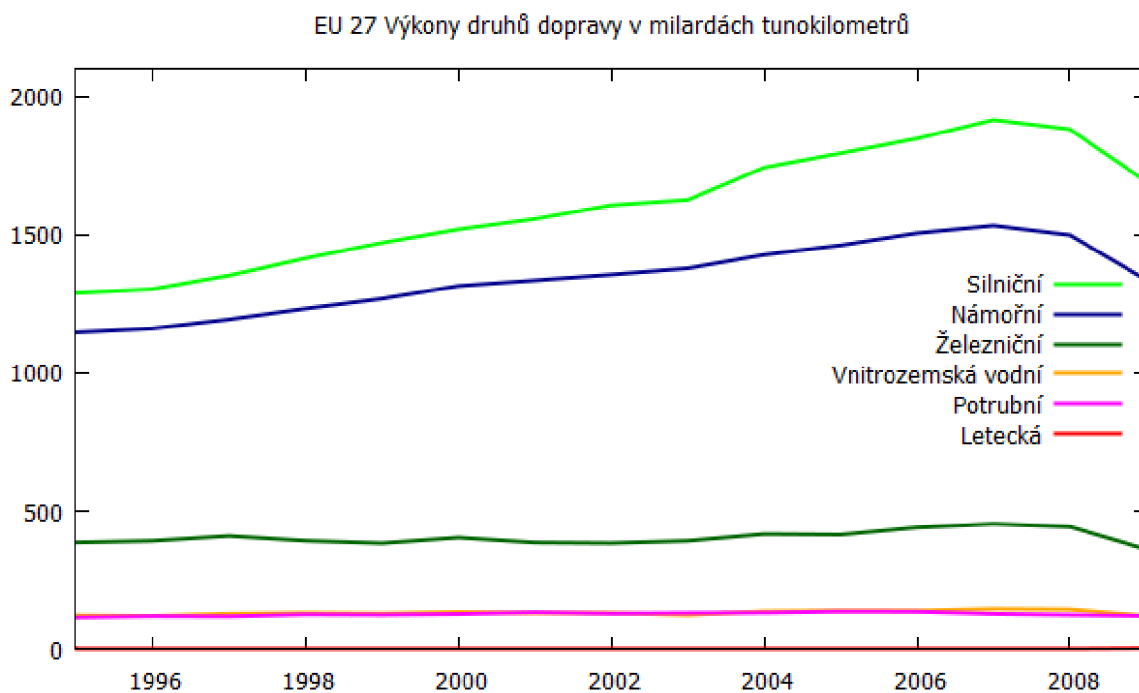
Zelená kniha Komise ze dne 20. prosince 1995 nazvaná „**Za spravedlivější a efektivnější ceny v dopravě**“ (KOM(95) 691) [14] se zabývá externími náklady na dopravu. Komise v tomto dokumentu usilovala o stanovení efektivního a spravedlivého systému poplatků v odvětví dopravy, zohledňující externí náklady. Tím dosáhnout vyšší míry spravedlivosti v hospodářské soutěži a zmenšit rozdíly mezi jednotlivými druhy dopravy. Zmiňují se také daňové principy.

Navazující **bílá kniha** ze dne 22. července 1998 nazvaná „**Spravedlivé platby za využití infrastruktury: postupný přechod k rámci pro poplatky za společnou dopravní infrastrukturu v EU**“ (KOM(98) 466) [15] Komise upozorňuje na obrovské rozdíly mezi členskými státy při účtování poplatků v dopravě. Toto se podílelo na narušování hospodářské soutěže v rámci jednotlivých druhů dopravy i mezi nimi. Kromě toho stávající systém poplatků dostatečně nezohledňoval externí náklady, tj. ekologické a sociální.

S ohledem na chystané rozšíření EU o státy východní Evropy Komise analyzuje problémy a úkoly evropské dopravní politiky. **Bílá kniha s názvem „Evropská dopravní politika pro rok 2010: je čas rozhodnout“** (KOM(2001) 370) [16]. Bílá kniha předpovídá obrovský nárůst dopravy, který s sebou přináší dopravní zácpy a přetížení dopravy, hlavně v silniční

a letecké dopravě. Tento nárůst provázají zvýšené náklady na ochranu zdraví a životního prostředí. Předpokládá se, že by mohlo dojít k ohrožení konkurenceschopnosti EU a dosažení cílů v oblasti ochrany životního prostředí. Cílem Komise je přispět k vytvoření hospodářsky účinného a zároveň ekologicky a sociálně vhodného systému dopravy. Komise v bílé knize předkládá soubor 60 opatření, s cílem odstranit vazbu mezi hospodářským růstem a růstem dopravy a zabránit nerovnoměrnému růstu některých druhů dopravy.

Komise nadále považuje nerovnoměrný růst jednotlivých druhů dopravy za jeden z největších problémů. Jedním z cílů bílé knihy bylo dosažení a stabilizace poměru ekologicky šetrných způsobů dopravy, který byl v roce 1998 (Obr. 16). Primárním prostředkem pro dosažení tohoto cíle jsou opatření pro oživení železniční dopravy. Z pohledu železniční dopravy je jedním z největších nedostatků rychlost přepravy. Rychlost se u mezinárodní nákladní přepravy pohybuje těsně u hranice 20 km/h. Dalším prostředkem je podpora námořní a vnitrozemské lodní dopravy. Nutné je také posílení propojení mezi jednotlivými druhy dopravy.



Obr. 16 Srovnání výkonů jednotlivých druhů nákladní dopravy 1995-2009

Komise kromě toho také revidovala rozhodnutí o hlavních směrech transevropských sítí (TEN-T). Revize měla odstranit pokračovat v odstraňování překážek na hraničních přechodech s ohledem na rozšíření EU.

Bílá kniha se také věnuje oblasti práva a povinností uživatelů dopravních systémů. Navrhovaná opatření v akčním plánu jsou:

- *Zlepšení bezpečnosti v silniční dopravě.*
- *Zlepšení práv uživatelů dopravy.*
- *Správné vyčíslení nákladů všech druhů dopravy.*

- *Harmonizace metod stanovování poplatků.*
- *Zabývat se dopadem globalizace na odvětví dopravy.*
- *Účast EU v mezinárodních organizacích, jako je Mezinárodní námořní organizace nebo Mezinárodní organizace pro civilní letectví.*

Rozšíření EU o nové členy si vyžádalo přezkum dopravní politiky. Dne 4. února 2009 vydává Komise **Zelenou knihu TEN-T: přezkum politiky směrem k lépe integrované transevropské dopravní síti ve službách společné dopravní politiky** (KOM(2009) 44). [17] Komise zmiňuje dosažené úspěchy z realizace politiky TEN-T:

- *Propojování vnitrostátních železničních a silničních sítí a přeshraniční doprava se stává interoperabilní.*
- *Podnícení rozvoje inteligentních dopravních systémů na evropské či euroregionální úrovni.*
- *Politika TEN-T začíná reagovat na výzvy v oblasti přepravy zboží, ovšem zdůrazňuje význam zavedení skutečných komodálních řešení.*

Komise předkládá koncepty plánovaného přístupu při budování sítě TEN-T a dále je nastíněno několik otázek do budoucna.

Hlavní dopravní toky mezi výchozími a cílovými body bez zohlednění kontinuity, na kterých je současný přístup založen, nevytváří další „přínosy sítě“. U projektů, na nichž má společenství velký zájem, musí být posílena ekonomická stránka. Z projektů TEN-T se vyčlení tzv. prioritní síť. Tento koncept by měl umožnit dosažení dalších přínosů, zejména pokud se do konceptu systematicky začlení také uzly, které jsou často hlavním zdrojem přetížení provozu a dalších nedostatků.

Koncepce TEN-T by měla být dále rozšířena s cílem:

- *Reagovat na potřeby vyplývající z podnikatelsky zaměřených opatření v odvětví dopravy.*
- *Do koncepce projektů společného zájmu zavádět více pružnosti, aby bylo možné lépe reagovat na obtížně předvídatelný vývoj trhu.*
- *Zavést přímé propojení mezi cíli dopravní politiky Společenství.*

Komise ovšem klade důraz také na inteligentní dopravní systémy. Inteligentní dopravní systémy jsou uplatnitelné pro všechny druhy dopravy. Pomáhají optimalizovat jednotlivé druhy dopravy a zabezpečit jejich plynulé propojení. Inteligentní dopravní systémy mají jednoznačný potenciál podporovat účinnost provozu a zlepšovat bezpečnost, ochranu a pohodlí uživatele. Potenciál a nízké náklady ve srovnání s vybudováním materiální infrastruktury a za předpokladu koordinovaného zavádění pro všechna odvětví lze očekávat značnou návratnost investic a společenský přínos.

2.5.3 Dosažené výsledky – provádění

Oblast společné dopravní politiky stagnovala a Evropský parlament podává žalobu na Radu pro nečinnost v této oblasti. Soudní dvůr v rozhodnutí ze dne 22. května 1985 „European Parliament v Council of the European Communities – Common transport policy – Obligations of the Council – Case 13/83“ ukládá Radě povinnost jednat. Tímto krokem nastává pokrok, jsou přijímány právní předpisy na úrovni Společenství.

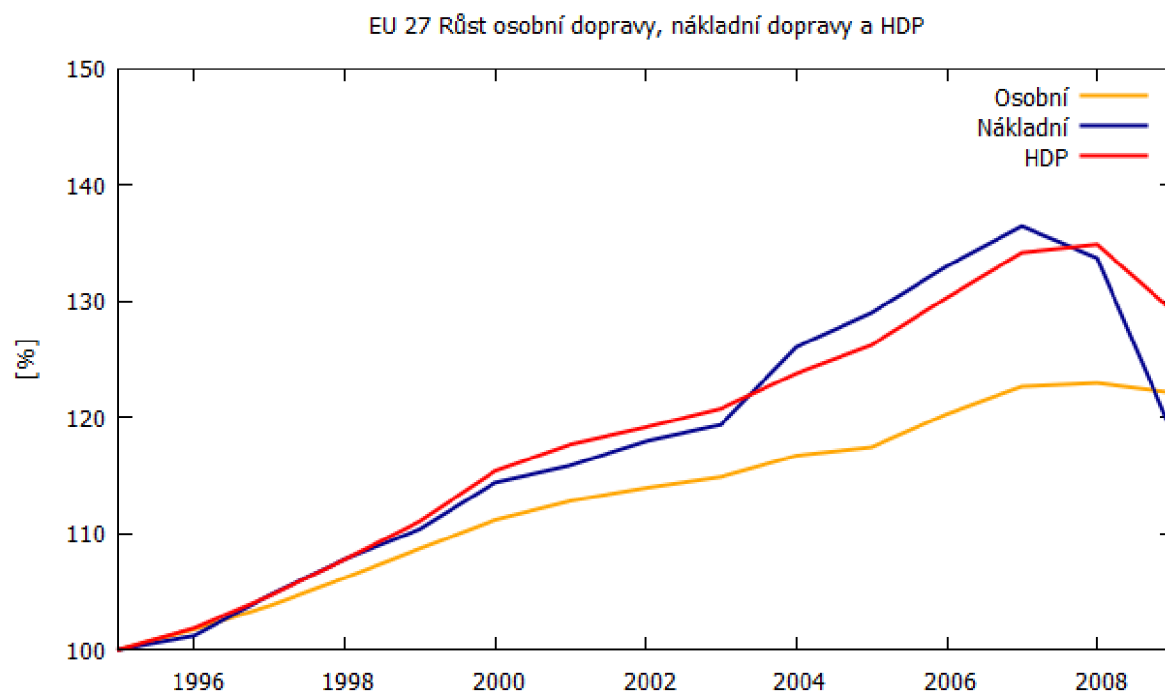
Opatření navržená v bílých knihách se zavádějí, některá již dokonce byla uvedena v platnost.

EU zahajuje práci také na několika ambiciózních technologických projektech, jako např. satelitní navigační systém Galileo, Evropský systém řízení železničního provozu a SESAR, program na zlepšení infrastruktury pro řízení leteckého provozu. Tyto projekty mají v budoucnosti přispět k efektivnějšímu a více bezpečnému řízení dopravy.

Komise vydala střednědobé hodnocení bílé knihy z roku 2001 (KOM(2006) 314) [18]. Přes určitý pokrok v oblasti evropské dopravní politiky je Komise názoru, že pro dosažení stanovených cílů nejsou opatření, navržená v bílé knize z roku 2001, dostatečná. Komise se rozhodla pro zavádění dalších opatření, aby bylo možné vytyčených cílů dosáhnout. Mezi navrhovaná opatření patří:

- *Plán opatření pro dopravní logistiku.*
- *Prosazování inteligentních systémů dopravy a nových technologií pro ekologicky šetrnější a účinnější mobilitu.*
- *Celoevropský přístup k mobilitě v městských oblastech.*
- *Plán opatření na podporu vnitrozemské lodní dopravy.*
- *Program ekologicky šetrných paliv v silniční dopravě.*

Zpráva Komise Radě, evropskému parlamentu, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru regionů o provádění hlavních směrů transevropské dopravní sítě za období 2004 – 2005 podle článku 18 rozhodnutí 1692/96/ES ze dne 20. ledna 2009 (KOM(2009) 5) [19] hodnotí provádění dopravní politiky. Ukazuje se nevyvážený růst v jednotlivých oblastech dopravy. Rozdílný je růst osobní a nákladní dopravy. Zatímco osobní doprava roste pomaleji než HDP, růst nákladní dopravy je rychlejší než růst HDP (hrubý domácí produkt) (Obr. 17). Tento nevyvážený růst je patrný také, viz (Tab. 1). Růst vykazuje doprava silniční, která roste srovnatelně s HDP, stejně jako doprava námořní a letecká doprava. Tím dochází k postupnému vytlačování železniční dopravy na okraj zájmu.



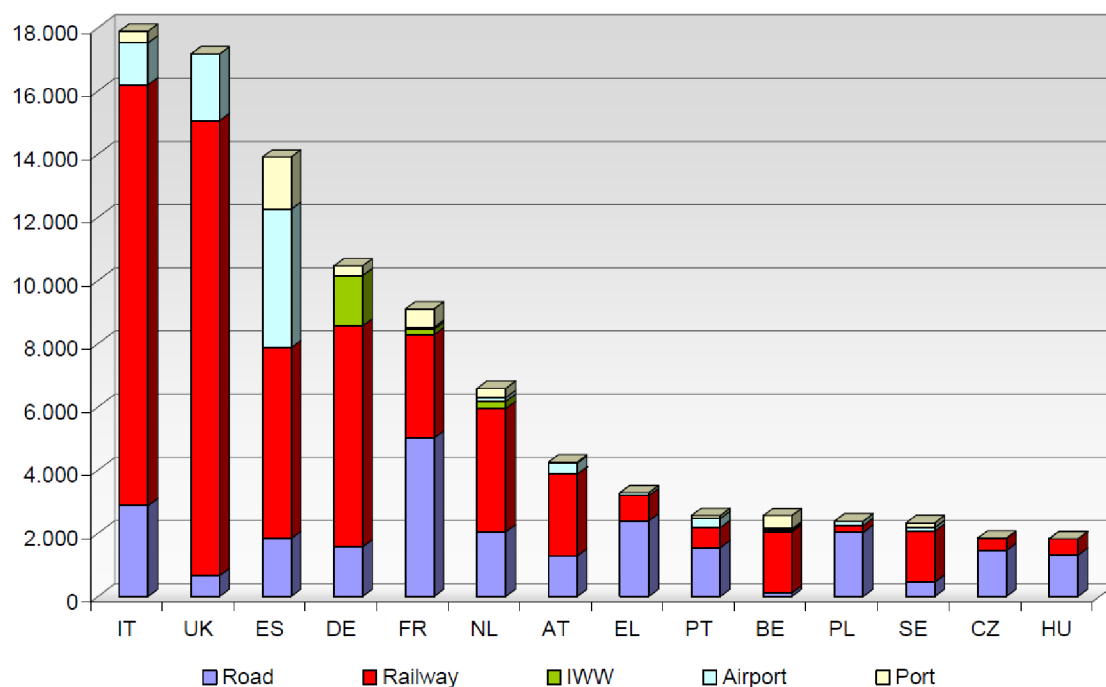
Obr. 17 Růst osobní dopravy, nákladní dopravy, HDP v EU 1995 – 2009

EU 27 Výkony nákladní dopravy v miliardách tunokilometrů							
	Silniční	Železniční	Vnitrozemsk á vodní	Potrubní	Námořní	Letecká	Celkem
1995	1 289	386	122	115	1 146	2,0	3 060
1996	1 303	392	120	119	1 160	2,1	3 096
1997	1 352	410	128	118	1 193	2,2	3 202
1998	1 414	393	131	125	1 232	2,3	3 297
1999	1 470	384	129	124	1 268	2,3	3 377
2000	1 519	404	134	127	1 314	2,5	3 499
2001	1 556	386	133	133	1 334	2,5	3 544
2002	1 606	384	133	128	1 355	2,4	3 608
2003	1 625	392	124	130	1 378	2,4	3 652
2004	1 742	416	137	132	1 427	2,5	3 856
2005	1 794	414	139	136	1 461	2,6	3 946
2006	1 848	440	138	135	1 505	2,7	4 069
2007	1 914	453	145	127	1 532	2,8	4 175
2008	1 881	443	143	124	1 498	2,7	4 091
2009	1 691	362	120	120	1 336	2,5	3 632
1995-2009	31,3%	-6,3%	-1,8%	4,6%	16,6%	24,0%	18,7%

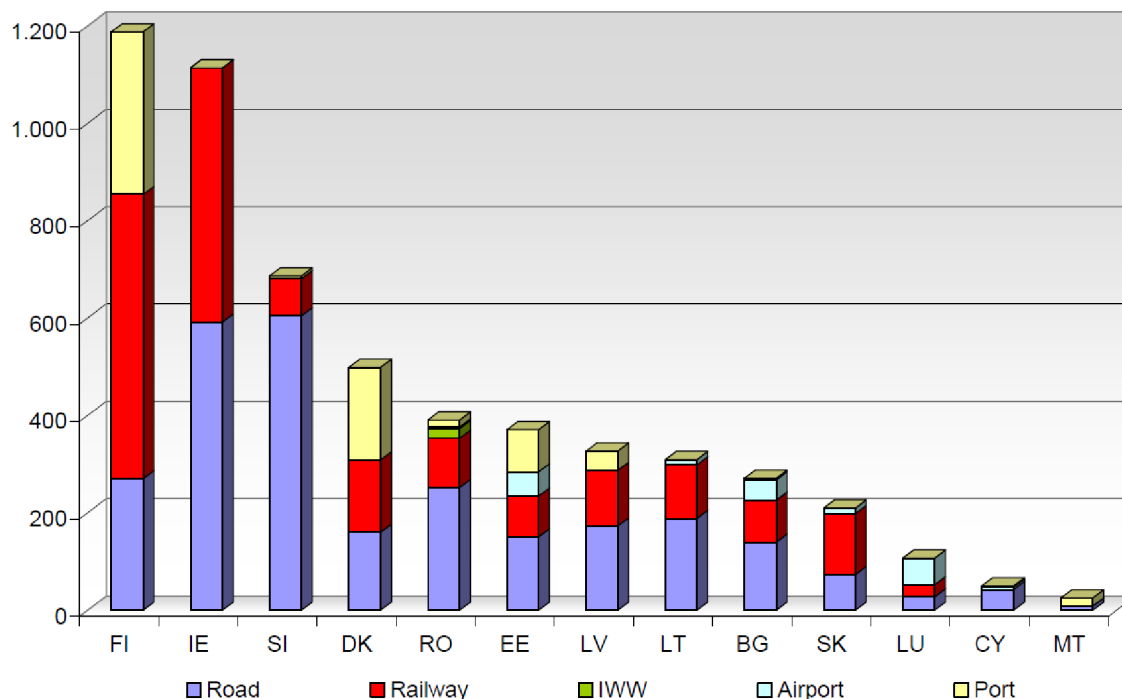
Ročně	2,0%	-0,5%	-0,1%	0,3%	1,1%	1,5%	1,2%
2000-2009	11,4%	-10,4%	-10,5%	-5,1%	1,7%	1,2%	3,8%
Ročně	1,2%	-1,2%	-1,2%	-0,6%	0,2%	0,1%	0,4%
2008-2009	-10,1%	-18,3%	-16,3%	-2,9%	-10,8%	-8,1%	-11,2%

Tab. 1 Nákladní doprava – výkony jednotlivých typů [20]

Celkové investice do sítě TEN-T v zemích EU byly v roce 2004 ve výši 50,4 miliardy EUR a v roce 2005 ve výši 51,3 miliardy EUR. Objem investic tedy činil v období 2004 – 2005 101,7 miliardy EUR. Většina investic směřovala do železnic (přibližně 58,6 miliardy EUR), následovaly silnice (přibližně 27,2 miliardy EUR) a letiště (přibližně 9,2 miliardy EUR).



Obr. 18 Investice do dopravní sítě EU/1 [21]



Obr. 19 Investice do dopravní sítě EU/2 [21]

Z výše investic v jednotlivých státech je patrné, že do železniční dopravy se investovalo převážně v zemích E-15. Česká republika stejně jako další nové členské státy nereaguje na dopravní politiku EU a jejich investice směřují spíše na silniční stavby.

Transevropská dopravní síť se skládá z mnoha projektů společného zájmu. Některé projekty však mají pro Evropskou unii zvláštní význam z hlediska jejich rozsahu, jejich úlohy v podpoře mezinárodního obchodu a posílení soudržnosti Unie nebo z hlediska míry, do jaké pomáhají soustředit dopravní toky na dlouhé vzdálenosti do takového druhu dopravy, který je šetrný k životnímu prostředí.

Hlavní směry z roku 1996 zahrnovaly 14 prioritních projektů, které měly být dokončeny do roku 2010. Dne 29. dubna 2004 přijaly Evropský parlament a Rada revidované hlavní směry, jež obsahují 30 prioritních projektů, které mají být dokončeny do roku 2020.

Je možné konstatovat, že evropská dopravní politika je nakloněna rozvoji především železniční dopravní sítě a k životnímu prostředí šetrným druhům dopravy.

2.5.4 Evropská legislativa

Domnívám se, že i přes naše již několikaleté členství v EU není příliš známá struktura evropské legislativy a její dopady do práva národního. Dovolím si tedy zde uvést přehled evropské legislativy, ve vztahu k této práci, s uvedením vzájemných vztahů a vazby na naše národní právní prostředí.

Na vrcholu celé pyramidy evropské legislativy stojí Smlouva o založení Evropského společenství. Všechny další dokumenty by měly být v souladu s ustanoveními uvedenými ve Smlouvě. Úroveň, která upřesňuje a rozšiřuje obecné záměry Smlouvy je realizována nařízením, směrnicemi či rozhodnutími Evropského parlamentu a Rady. Zde se setkáváme

s již poměrně konkrétním popisem o postupu při řešení konkrétních cílů evropské politiky. Směrnice či rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady nejsou přímo právně vykonatelné a musí být do národního práva implementovány. Zpravidla prostřednictvím zákonů či nařízením vlády. Z pohledu konkrétních řešení je nejvíce detailní popis uveden v Rozhodnutích Komise, které uvádí již přímo způsoby provádění, technické limity, technické specifikace apod. Rozhodnutí Komise je přímo vykonatelné, ale i tak se často zavádějí do českého právního prostředí vyhláškami příslušných ministerstev. Zde provedený rozbor má povahu spíše orientační, neboť důkladný legislativní rozbor evropského a českého práva je mimo rozsah této práce. Pro bližší představu uvádím část právních dokumentů ve vztahu k této práci.

Typ úpravy	Adresováno	Účinnost
Nařízení Regulation	Všem členským státům, fyzickým i právními osobám	Přímo vykonatelné a závazné v celém rozsahu
Směrnice Directive	Všem nebo určeným členským státům	Přímo vykonatelné pouze za zvláštních okolností. Závazné s respektováním zamýšleného výsledku.
Rozhodnutí Decision	Není určeno Všem nebo určeným členským státům; určeným fyzickým nebo právními osobám	Přímo vykonatelné a závazné v celém rozsahu
Doporučení Recommendation	Všem nebo určeným členským státům, jiným EU osobám, jednotlivcům	Není závazné
Sdělení Avis	Všem nebo určeným členským státům, jiným EU osobám Není určeno	Není závazné

Tab. 2 Přehled evropské legislativy a její účinnosti

Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1692/96/ES o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě

Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 661/2010/EU [22] nahrazuje a přepracovává z důvodu nových změn a přehlednosti Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1692/96/ES.

Účelem tohoto rozhodnutí je vytvoření hlavních směrů, které budou zahrnovat cíle, priority a hlavní rysy navrhovaných opatření v oblasti transevropské dopravní sítě. Tyto hlavní směry stanoví projekty společného zájmu, jejichž provádění by mělo přispět k rozvoji sítě v Unii.

Transevropská dopravní síť se vytvoří postupně do roku 2020 integrací sítí pozemní, námořní a letecké dopravní infrastruktury v rámci Unie v souladu se schématy vyznačenými na mapách v příloze I. tohoto rozhodnutí nebo se specifikacemi obsaženými v příloze II.

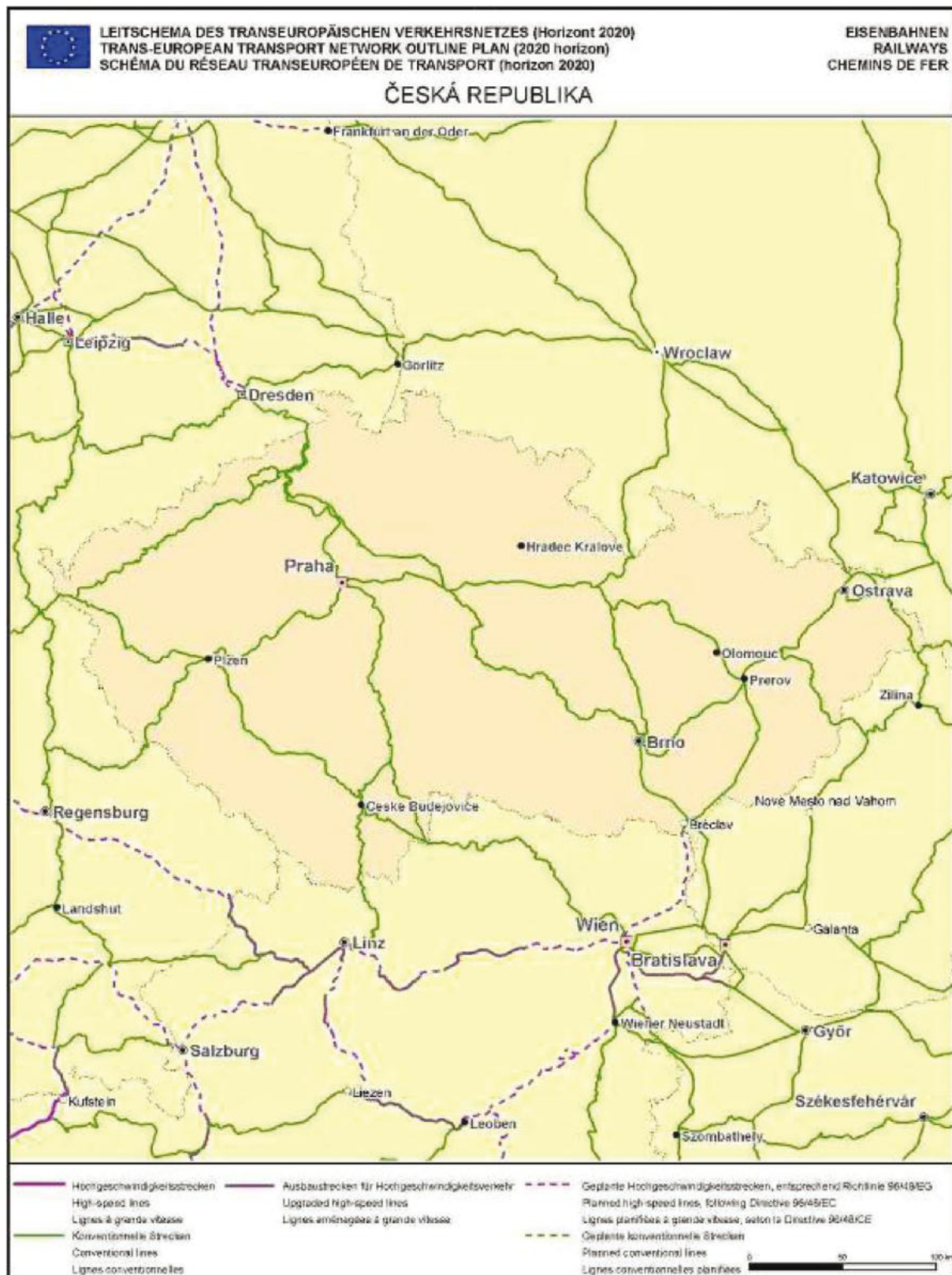
Síť musí zajišťovat udržitelnou mobilitu osob a zboží v oblasti bez vnitřních hranic za nejlepších možných sociálních a bezpečnostních podmínek a současně přispívat k dosahování cílů Unie, zejména pokud jde o životní prostředí a hospodářskou soutěž, a dále upevňovat hospodářskou a sociální soudržnost. V rozhodnutí se klade ještě mnoho dalších požadavků, které by měla transevropská síť splňovat.

Rozsah sítě zahrnuje dopravní infrastrukturu, systémy řízení dopravy a lokalizační a navigační systémy. Tento popis není z hlediska interpretace dostačující a je tedy nutné jednotlivé pojmy aspoň částečně upřesnit. Dopravní infrastruktura zahrnuje sítě silniční, železniční a vnitrozemské dopravy, námořní dálnice, námořní a vnitrozemské přístavy, letiště a jiné body propojení mezi jednotlivými sítěmi. Zatímco systémy řízení dopravy a lokalizační a navigační systémy zahrnují technické, informační a telekomunikační systémy nezbytné k zajištění harmonického provozu sítě a efektivního řízení dopravy.

Jak již bylo zmíněno, v příloze rozhodnutí o hlavních směrech je uveden soubor map se schémata dopravní sítě. Mapy jsou rozděleny podle typů dopravy, další dělení je podle členských států viz Obr. 20 a Obr. 21



Obr. 20 Plán evropské železniční sítě pro rok 2020 [22]



Obr. 21 Plán železniční sítě v ČR pro rok 2020 [22]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/57/ES o interoperabilitě železničního systému ve Společenství

Směrnice Rady 96/48/ES o interoperabilitě transevropského vysokorychlostního železničního systému a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/16/ES o interoperabilitě transevropského konvenčního železničního systému byly podstatným způsobem změněny směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2004/50/ES. Jelikož se zaváděly nové změny za účelem jasnosti uvedených směrnic a ve snaze o zjednodušení, spojily se a přepracovaly do směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/57/ES [23].

Cílem této směrnice je stanovit podmínky, které je třeba splnit pro dosažení interoperability železničního systému uvnitř Společenství způsobem, který je v souladu s ustanoveními směrnice 2004/49/ES. Tyto podmínky se týkají projektování, výstavby, uvedení do provozu, modernizace, obnovy, provozování a údržby součástí tohoto systému a rovněž odborné způsobilosti, ochrany zdraví a bezpečnosti zaměstnanců, kteří se podílejí na provozu a údržbě tohoto systému.

Splnění těchto cílů přispěje k postupnému vytváření vnitřního trhu zařízení a služeb pro výstavbu, obnovu, modernizaci a provozování systému uvnitř Společenství.

Oblast působnosti zahrnuje síť TEN-T, viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 661/2010/EU. Postupně se bude oblast působnosti rozšiřovat na celý železniční systém včetně přístupových tratí k terminálům a hlavním přístavům, které slouží nebo mohou sloužit více než jednomu uživateli.

Každý členský stát má za povinnost zajistit zveřejňování a aktualizaci registru infrastruktury. Tento registr musí uvádět hlavní charakteristické znaky každého subsystému a jejich vztah k charakteristickým znakům stanoveným použitelnými TSI. Za tímto účelem musí být v každé TSI přesně uvedeno, jaké informace musí být do registru infrastruktury zařazovány.

Agentura vypracuje návrh specifikací k uvedenému registru týkajících se prezentace a formátu registru, jeho cyklu revizí a způsobu používání, s ohledem na vhodné přechodné období pro infrastruktury uvedené do provozu před vstupem této směrnice v platnost.

Pro účely této směrnice může být železniční systém rozčleněn na tyto subsystémy (viz příloha II směrnice 2008/57/ES).

a) strukturální oblasti:

- infrastruktura (INF),
- energie (ENE),
- řízení a zabezpečení (CCS),
- kolejová vozidla (RST);

b) funkční oblasti:

- provoz a řízení dopravy (OPE),

- údržba,
- využití telematiky v osobní a nákladní dopravě (TAF, TAP).

Základní požadavky viz příloha III směrnice 2008/57/ES jsou:

- bezpečnost,
- spolehlivost a dostupnost,
- ochrana zdraví,
- ochrana životního prostředí,
- technická kompatibilita.

Rozhodnutí Komise o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Bezpečnost v železničních tunelech“ v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému (2008/163/ES) [24]

Rozhodnutí Komise bylo přijato s ohledem na směrnici Rady 96/48/ES a směrnici Evropského parlamentu a Rady 2001/16. Dnes jsou tyto směrnice nahrazeny směrnicí 2008/57/ES.

Přílohou rozhodnutí Komise je technická specifikace pro interoperabilitu subsystémy: „Infrastruktura“, „Energie“, „Provoz a řízení dopravy“, „Řízení a zabezpečení“, „Kolejová vozidla“ konvenčního a vysokorychlostního systému (TSI SRT).

Oblast působnosti této TSI SRT je transevropský konvenční a vysokorychlostní železniční systém, viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 661/2010/EU. Odkaz na oblast působnosti je uváděn prostřednictvím směrnice 2008/57/ES.

Kapitola 4 TSI SRT uvádí výčet základních parametrů, jež má zabezpečit splnění základních požadavků viz příloha III směrnice 2008/57/ES.

V příloze A TSI SRT je uveden výčet požadavků pro registr infrastruktury.

Rozhodnutí Komise o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se „osob s omezenou schopností pohybu a orientace“ v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému (2008/164/ES) [25]

Rozhodnutí Komise bylo přijato s ohledem na směrnici Rady 96/48/ES a směrnici Evropského parlamentu a Rady 2001/16. Dnes jsou tyto směrnice nahrazeny směrnicí 2008/57/ES.

Přílohou rozhodnutí Komise je technická specifikace pro interoperabilitu subsystémy: „Infrastruktura“ a „Kolejová vozidla“ konvenčního a vysokorychlostního systému (TSI PRM).

Oblast působnosti této TSI PRM je transevropský konvenční a vysokorychlostní železniční systém viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 661/2010/EU. Odkaz na oblast působnosti je uváděn prostřednictvím směrnice 2008/57/ES.

Kapitola 4 TSI PRM uvádí výčet základních parametrů, jež má zabezpečit splnění základních požadavků viz příloha III směrnice 2008/57/ES.

Požadavky na registr infrastruktury s ohledem na TSI PRM jsou uvedeny v bodu 4.1.8 této technické specifikace.

Rozhodnutí Komise o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ transevropského vysokorychlostního železničního systému (2008/217/ES) [26]

Rozhodnutí Komise 2008/217/ES bylo přijato s ohledem na směrnici Rady 96/48/ES (2008/57/ES) a nahrazuje první technickou specifikaci pro interoperabilitu (TSI) subsystému „Infrastruktura“ transevropského vysokorychlostního železničního systému, která je přílohou rozhodnutí Komise 2002/732/ES.

Přílohou rozhodnutí Komise je technická specifikace pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ vysokorychlostního systému (HS INF TSI).

Oblast působnosti této HS INF TSI je transevropský vysokorychlostní železniční systém viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 661/2010/EU. Odkaz na oblast působnosti je uváděn prostřednictvím směrnice 2008/57/ES.

V kapitole 4 HS INF TSI je uveden výčet základních parametrů, jež má zabezpečit splnění základních požadavků viz příloha III směrnice 2008/57/ES.

Příloha D HS INF TSI obsahuje seznam položek, které mají být uvedeny v registru infrastruktury pro oblast „Infrastruktura“

Rozhodnutí Komise o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Infrastruktura“ transevropského konvenčního železničního systému (2011/275/EU) [27]

Rozhodnutí Komise bylo přijato s ohledem na směrnici Evropského parlamentu a Rady 2008/57/ES.

Přílohou rozhodnutí Komise je příloha směrnice 2008/57/ES o interoperabilitě železničního systému ve společenství, technická specifikace pro interoperabilitu, subsystém „Infrastruktura“ konvenčního železničního systému (CR INF TSI).

Oblast působnosti této CR INF TSI je transevropský konvenční železniční systém viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 661/2010/EU. Odkaz na oblast působnosti je uváděn prostřednictvím směrnice 2008/57/ES.

V kapitole 4 CR INF TSI je uveden výčet základních parametrů, jež má zabezpečit splnění základních požadavků viz příloha III směrnice 2008/57/ES.

Příloha D TSI HS INF obsahuje seznam položek, které se zařazují do registru infrastruktury pro oblast týkající se subsystému „Infrastruktura“

Prováděcí rozhodnutí Komise o o společných specifikacích registru železniční infrastruktury (2011/633/EU) [28]

Toto prováděcí rozhodnutí specifikuje obsah registru infrastruktury (RINF) pro všechny subsystémy přes všechny technické specifikace. V současné době se připravuje společné uživatelské rozhraní. Data uložená do registru musí být validována notifikovanou osobou (NoBo), která potvrdí jejich správnost na základě výše zmíněných TSI.

Oblast působnosti této specifikace RINF je EU železniční systém viz rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady 661/2010/EU. Odkaz na oblast působnosti je uváděn prostřednictvím směrnice 2008/57/ES.

Kapitola 3.2 je věnována položkám registru infrastruktury. Položky a formáty položek mají být zveřejněny v souladu s tabulkou uvedenou níže (v příloze rozhodnutí Komise se jedná o tabulku 1). Položky označované jako „povinné“ v tabulce se musí zveřejňovat ve všech případech. Položky označované jako „jiné“ v tabulce se zveřejňují na základě požadavků členského státu.

Číslo	Název	Formát	Definice	povinné (P) jiné (J)
1	Členský stát			
1.1	Úsek tratě			
1.1.1	Kolej			
1.1.1.0.0	Obecné informace			
1.1.1.0.1	Název PI	[řetězec znaků]	Provozovatelem infrastruktury se rozumí subjekt nebo podnik odpovědný zejména za řízení a provozování železniční infrastruktury (čl. 2 písm. h) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/14/ES)	P
1.1.1.0.2	Identifikace vnitrostátní tratě	[řetěz znaků]	Jedinečná identifikace tratě nebo jedinečné číslo tratě v rámci členského státu.	J
1.1.1.0.3	Identifikace koleje	[řetěz znaků]	Jedinečná identifikace koleje nebo jedinečné číslo koleje v rámci úseku.	P
1.1.1.0.4	Začátek koleje	[WGS84 + NNN NN + řetěz znaků]	Zeměpisné souřadnice podle Světového geodetického systému (WGS) a kilometry nebo míle vztažené	P

			k identifikaci tratě na začátku úseku koleje v obvyklém směru jízdy. Pokud jsou možné oba směry, „začátkem“ mohou být oba konce.	
1.1.1.0.5	Dopravna na začátku koleje	[řetěz znaků]	Název dopravní na začátku koleje úseku koleje v obvyklém směru jízdy.	J
1.1.1.0.6	Konec koleje	[WGS84 + NNN NN + řetěz znaků]	Zeměpisné souřadnice podle Světového geodetického systému (WGS) a kilometry nebo míle vztažené k identifikaci tratě na začátku úseku koleje v obvyklém směru jízdy. Pokud jsou možné oba směry, „koncem“ mohou být oba konce.	P
1.1.1.0.7	Dopravna na konci koleje	[řetěz znaků]	Název dopravní na konci úseku koleje v obvyklém směru jízdy.	J
1.1.1.1	Subsystém infrastruktura			
1.1.1.1.1	Prohlášení o ověření koleje			
1.1.1.1.1.1	Prohlášení ES o ověření koleje (INF)	[CC/RRRRRRRRR RRRR/YYYY/N NNNN]	Jedinečné číslo prohlášení ES vyhovující požadavkům na formát, které jsou uvedeny v dokumentu o praktických opatřeních pro předávání dokumentů týkajících se interoperability (ERA/INF/10-2009/INT).	P – TSI
1.1.1.1.1.2	Prohlášení o prokázání shody stávající infrastruktury pro kolej (INF)	[CC/RRRRRRRRR RRRR/YYYY/N NNNN]	Jedinečné číslo prohlášení o shodě stávající infrastruktury vyhovující požadavkům na formát, které jsou uvedeny v dokumentu o praktických opatřeních pro předávání dokumentů týkajících se interoperability (ERA/INF/10-2009/INT).	J - stávající
1.1.1.1.2	Výkonnostní parametry			
1.1.1.1.2.1	Typ tratě	[RN] výběr jedné z možností z předem	Význam tratě (hlavní či jiná) a způsob dosažení	P – tratě TEN

		definovaného seznamu: I/II/III/IV/V/VI/VII	parametrů nezbytných pro interoperabilitu (nová nebo modernizovaná) podle CR INF TSI. Tento parametr se vztahuje pouze na tratě TEN.	
1.1.1.1.2.2	Typ přepravy	[A] výběr jedné z možností z předem definovaného seznamu: P/F/M	Indikuje pro TSI kategorii tratí dominantní typ dopravy pro dosažení cílového systému, resp. základních parametrů (Osobní, Nákladní, Kombinovaná) jak je definováno v CR INF TSI. Tento parametr je aplikovatelný také na tratě mimo TEN.	P
1.1.1.1.2.3	Hmotnost na nápravu	[CharacterString]	Výsledek klasifikace podle EN 15528:2008 (příloha A). Prezentuje schopnost infrastruktury přenášet svislá zatížení od dopravy za běžného provozu. Kategorie tratí s traťovou rychlostí v souladu s přílohou E nebo přílohou C TSI.	P
1.1.1.1.2.4	Traťová rychlost	[NNN]	Nominální maximální provozní rychlost na trati, která je průnikem INF, ENE a CCS vyjádřená v km/h nebo v mílich/h.	P

Tab. 3 Vybrané položky z registru infrastruktury

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (INSPIRE) [29]

Tato směrnice stanoví obecná pravidla pro zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství pro účely politik Společenství v oblasti životního prostředí a politik nebo činností, které mohou mít vliv na životní prostředí. Hlavním cílem INSPIRE je poskytnout větší množství kvalitních a standardizovaných prostorových informací pro vytváření a uplatňování politik Společenství na všech úrovních členských států a vytvořit koordinační mechanismus pro fungování infrastruktury na evropské úrovni.

Základní principy INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) [30]:

- *Data sbírána a vytvářena jednou, a spravována na takové úrovni, kde se tomu tak děje nejefektivněji.*
- *Možnost bezešvě kombinovat prostorová data z různých zdrojů a sdílet je mezi mnoha uživateli a aplikacemi.*
- *Prostorová data vytvářena na jedné úrovni státní správy a sdílena jejími dalšími úrovněmi.*
- *Prostorová data dostupná za podmínek, které nebudou omezovat jejich rozsáhlé využití.*
- *Snadnější vyhledávání dostupných prostorových dat, vyhodnocení vhodnosti jejich využití pro daný účel a zpřístupnění informace, za jakých podmínek je možné tato data využít.*

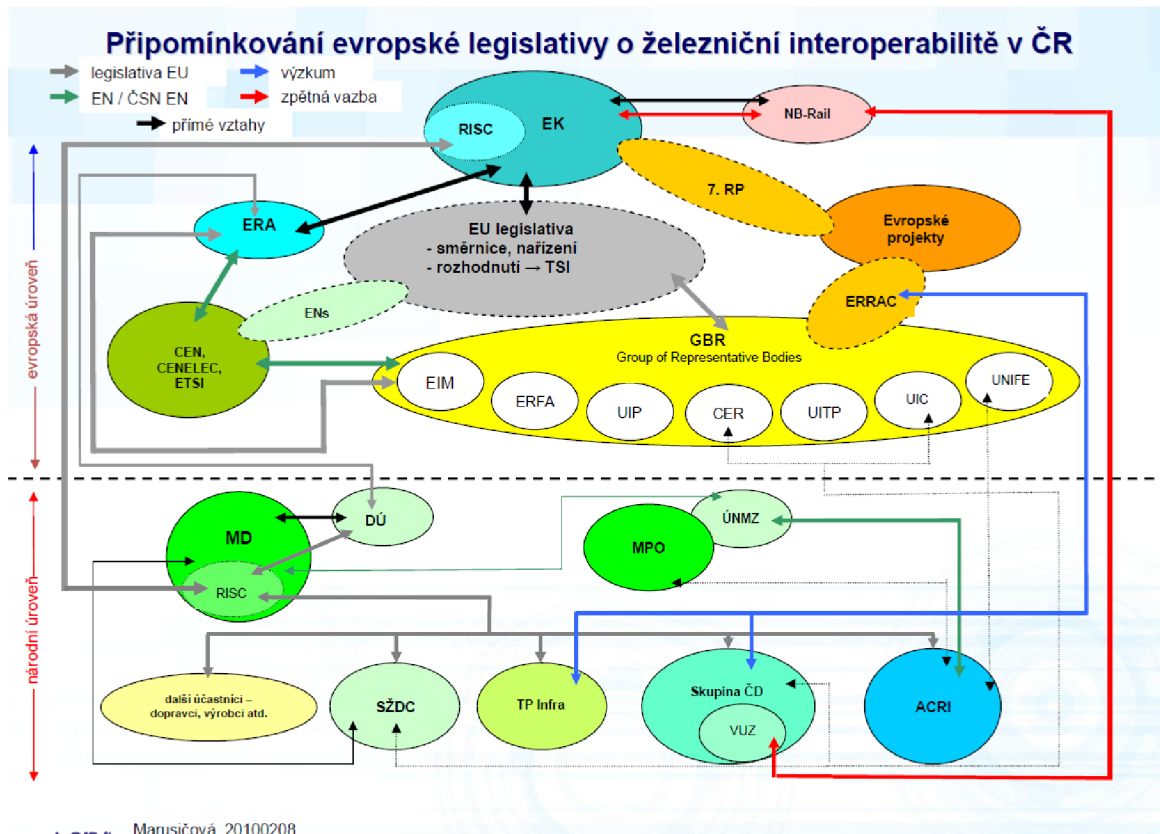
Jedním z témat prostorových dat jsou dopravní sítě. Téma zahrnuje silniční, železniční, letecké a vodní dopravní sítě a související infrastrukturu. Dále spojnice mezi jednotlivými sítěmi. Zahrnují rovněž transevropskou dopravní síť, jak je vymezena v rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1692/96/ES o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě a v budoucích změnách.

Rozhodnutí Komise 2012/464/EU , kterým se mění rozhodnutí 2006/861/ES, 2008/163/ES, 2008/164/ES, 2008/217/ES, 2008/231/ES, 2008/232/ES, 2008/284/ES, 2011/229/EU, 2011/274/EU, 2011/275/EU, 2011/291/EU a 2011/314/EU o technických specifikacích pro interoperabilitu [31]

Z praktických důvodů je výhodnější změnit řadu TSI jediným rozhodnutím Komise o provedení konkrétních oprav a aktualizací ve znění právních dokumentů. Jednou z podstatných oprav je zrušení odkazů na registr infrastruktury v jednotlivých TSI. Dále se pro registr infrastruktury použije prováděcí rozhodnutí Komise 2011/633/EU.

2.5.5 Legislativa v ČR

Následující kapitola se věnuje přiblížení představy náročnosti nejen legislativního procesu v železničním sektoru. Je nutné podotknout, že mezi některými organizacemi nejsou stanovené žádné pevné rámce, vztahy či pravomoci. Jedná se o strukturu danou vývojem posledních let. Nelze ovšem vyloučit změny, které s sebou nese neustále se měnící prostředí. Díky vzájemné provázanosti a zároveň také jisté rivalitě, nelze zcela jednoznačně předjímat věci budoucí.



Obr. 22 Schéma legislativního procesu v železniční interoperabilitě (Ing. Marusičová)

ACRI Asociace podniků českého železničního průmyslu
 Association of Czech Railway Industry

Připomínkování evropské legislativy o železniční interoperabilitě v ČR
 Vysvětlení zkratk v předcházejícím schématu

ACRI	Asociace podniků českého železničního průmyslu	MD	Ministerstvo dopravy
CEN	Evropský výbor pro standardizaci	MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
CENELEC	Evropský výbor pro standardizaci v elektrotechnice	NB-Rail	Koordinační skupina notifikovaných osob pro železniční výrobky a systémy
CER	Společenství evropských železnic a infrastrukturních podniků	RISC	Výbor pro železniční interoperabilitu a bezpečnost
ČD	České dráhy	SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
DÚ	Drážní úřad	UIC	Mezinárodní železniční unie
EIM	Evropská asociace manažerů infrastruktury	UIP (Rail)	Mezinárodní unie soukromých vagonů (želez.)
EK	Evropská komise	UITP	Mezinárodní asociace veřejné dopravy
ENs	Evropské normy	UNIFE	Asociace evropského železničního průmyslu
ERA	Evropská železniční agentura	ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
ERRAC	Evropská poradní rada pro železniční výzkum	TP infra	Technologická platforma „Interoperabilita železniční infrastruktury“
ERFA	Evropské asociace pro žel. nákladní dopravu	TSI	Technická specifikace pro interoperabilitu
ETSI	Evropský institut pro telekomunikační normy	VUZ	Výzkumný Ústav Železniční
GRB	Skupina zastupitelských subjektů	7. RP	7. rámcový program pro vědu a technický rozvoj EU

Obr. 23 Vysvětlení zkratk k Obr. 22 Schéma legislativního procesu v železniční interoperabilitě (Ing. Marusičová)

Zákon č. 266/1994 Sb., o drahách v platném znění [32]

Z pohledu IS je v zákonu o drahách zmíněn registr částí jednotlivých subsystémů. Způsob vedení registrů a údaje v nich stanovené stanoví prováděcí právní předpis. Údaje o nově budovaných nebo modernizovaných drahách, zařazených do evropského železničního systému (viz sdělení 111 MD), musí být poskytnuty provozovatelem dráhy do 15 dnů po uvedení částí subsystému do užívání.

Informace o aktuálním stavu drah zařazených do evropského železničního systému zasílá Drážní úřad každoročně úřadům členských států Evropských společenství a Evropské železniční agentuře.

Nařízení Vlády č. 133/2005 Sb., o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému [33]

Toto nařízení zpracovává příslušné právní předpisy Evropských společenství a upravuje:

- *Technické požadavky na součásti a subsystémy evropského železničního systému*
- *Podmínky pro pověření právnické osoby k činnostem při posuzování shody a vhodnosti použití stanovených výrobků.*

Evropským železničním systém se rozumí struktury složené ze součástí drah evropského železničního systému, vybudované nebo modernizované pro vysokorychlostní nebo konvenční železniční dopravu a pro kombinovanou dopravu po železnici, a vozidlový park drážních vozidel určených pro jízdu v tomto železničním systému.

Ve vztahu k registrům zavádí povinnost notifikované osoby ověřit rozhraní dotčeného subsystému se systémem, do kterého je začleňován, přičemž vychází z informací dostupných v příslušné technické specifikaci a v registrech součástí evropského železničního subsystému.

Vyhláška Ministerstva dopravy č. 177/1995 Sb., kterou se vydává stavební a technický řád drah v platném znění [34]

V hlavě třetí vyhlášky věnované technickým podmínkám provozuschopnosti je požadováno, aby k zajištění provozuschopnosti dráhy bylo evidováno:

- a) stavebně technické parametry o železničním svršku, které obsahují údaje geometrické, konstrukční, typové a výrobní, dále údaje o stáří konstrukcí a záznamy o pravidelných kontrolách a měřeních,
- b) údaje o zřizování, stavu a změnách bezстыkové koleje,
- c) stavebnětechnické údaje o železničním spodku, o stavbách železničního spodku a ostatních zařízeních s údaji identifikačními, konstrukčními a o jejich umístění a stáří,
- d) stavebnětechnické údaje o prostorové průchodnosti a přechodnosti drážních vozidel,
- e) záznamy o kontrolách, údržbě a měření sdělovacího a zabezpečovacího zařízení a elektrického zařízení,

- f) protokoly o přezkoušení viditelnosti návěstidel a činnosti vlakového zabezpečovače,
- g) zprávy o provedených pravidelných revizích sdělovacího a zabezpečovacího zařízení,
- h) zápisy o výsledku prohlídek zabezpečovacích zařízení,
- i) identifikační a konstrukční údaje o elektrickém zařízení,
- j) záznamy o provedených prohlídkách, měřeních a revizích staveb drah,
- k) stavebnětechnické parametry (geometrické, typové, výrobní) určených technických zařízení elektrických, sloužících k provozování dráhy, včetně záznamu o provedených kontrolách, měřeních a revizích,
- l) stavebnětechnické parametry budov, určených technických zařízení a sítí technického vybavení, záznamy o provedených prohlídkách a revizích.

Evidované údaje včetně protokolů z měření a naměřených hodnot musí být průběžně aktualizovány a archivovány po dobu nejméně pěti let.

Vyhláška Ministerstva dopravy č. 352/2004 Sb., o provozní a technické propojenosti evropského železničního systému v platném znění [35]

Vyhláška stanovuje základní požadavky na použití telematiky v nákladní a osobní dopravě evropského železničního systému:

1. Základním požadavkem na použití telematiky je zaručení požadované úrovně kvality osobní přepravy cestujících a nákladní přepravy pro dopravce a přepravce, zejména s ohledem na technickou slučitelnost.
2. Je nutno zajistit, aby:
 - a. databáze, programy a postupy umožňující předávání dat souvisejících s dopravou a přepravou byly vypracovány způsobem zabezpečujícím co největší výměnu dat mezi uživateli pro různé způsoby použití, s výjimkou dat důvěrných a obchodních,
 - b. přístup uživatelů k informacím byl snadný.
3. Metody používání, řízení, aktualizování a údržby databází, programů a postupů zabezpečující předávání dat musí zaručovat spolehlivost těchto systémů a vytvářet podmínky k optimálnímu rozhodování o procesech v dopravě a přepravě.
4. Rozhraní mezi těmito systémy a uživateli musí vyhovovat pravidlům ergonomiky a ochrany zdraví.
5. Pro uchování a přenášení informací vztahujících se k bezpečnosti nebo mající charakter obchodního tajemství musí být zajištěny potřebné úrovně integrity a spolehlivosti přenosu a archivace těchto informací.

Dále určuje způsob vedení registrů součástí evropského železničního systému a údaje v nich stanovené.

1. Registry musí uvádět hlavní charakteristické znaky každého subsystému nebo částí souvisejících subsystémů (základní parametry viz dále v textu) a jejich vztah k charakteristickým znakům stanoveným vztažnými technickými specifikacemi pro interoperabilitu.
2. Údaje, které musí být do registrů dráhy zařazovány, jsou uvedeny v TSI.

Základní parametry pro dosažení provozní a technické propojenosti evropského železničního systému, které musí být definovány v souladu s TSI v technické dokumentaci staveb dráhy, technických podmínkách technologických zařízení dopravní cesty nebo technických podmínkách kolejových vozidel, jsou:

- a) průjezdný průřez,
- b) minimální poloměr oblouku koleje,
- c) rozchod koleje,
- d) maximální zatížení koleje,
- e) minimální délka nástupiště,
- f) výška nástupiště,
- g) napájecí napětí trolejového vedení,
- h) geometrie trolejového vedení,
- i) vlastnosti evropského systému řízení železničního provozu,
- j) hmotnost na nápravu,
- k) maximální délka vlaku,
- l) statický a kinematický obrys kolejového vozidla,
- m) minimální brzdné vlastnosti,
- n) mezní elektrické hodnoty pro kolejové vozidlo,
- o) mezní mechanické hodnoty pro kolejové vozidlo,
- p) provozní vlastnosti spojené s bezpečností vlakové dopravy,
- q) mezní hodnoty pro vnější hluk,
- r) mezní hodnoty pro vnější vibrace,
- s) mezní hodnoty pro vnější elektromagnetické rušení,

- t) mezní hodnoty pro vnitřní hluk,
- u) mezní hodnoty pro klimatizaci,
- v) zajišťování podmínek pro přepravu osob s omezenou schopností pohybu a orientace.

Základní parametry prvků a subsystémů použitých v evropském železničním systému musí zajišťovat dokonalou slučitelnost vlastní dopravní cesty dráhy s vlastnostmi kolejových vozidel a zabezpečit na tratích evropského železničního systému plynulé a bezpečné provozování drážní dopravy, požadovanou úroveň výkonnosti a kvality služeb při vynaložení přiměřených nákladů na provozování dráhy a drážní dopravy.

Sdělení Ministerstva dopravy č. 111/2004 Sb., o výčtu železničních drah zařazených do evropského železničního systému [36]

Ministerstvo dopravy sděluje, že se do evropského železničního systému zařazují tratě celostátní dráhy na území České republiky, uvedené v následující tabulce. Toto sdělení je národním dokumentem k rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1692/96/ES.

Zákon č. 380/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 123/1998 Sb., o právu na informace o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřičství a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů [37]

Jedná se o transpozici směrnice 2007/2/ES do českého národního práva. Ministerstvo životního prostředí touto novelou plánuje zřízení geoportálu, který bude zpřístupňovat široké veřejnosti prostorová data týkající se alespoň jednoho z témat přílohy směrnice.

2.6 Informační systému v drážním prostředí v EU a ČR

Jedním z největších nedostatků informačních systémů používaných v železničním prostředí je značná roztržitost a nejednotnost při řešení jednotlivých úloh. Se stejným problémem se potýkají jak evropské informační systémy, tak informační systémy v ČR. Důkazem jsou prováděná mapování stávajících IS a dále studie zabývající se návrhy řešení.

ERA provedla studii Evropských IS a jejich výčet je uveden dále v textu. Stejně tak si SŽDC objednala odbornou studii svých pasportních úloh, opět viz níže uvedený přehled. Příčinu vzniku obdobných obtíží lze přisuzovat zanedbání důrazu na koncepčnost řešení při prvotním plánování či podcenění koordinace při vývoji. Nelze opomenout ani skutečnost nedostatečné podpory zdrojů (finančních, lidských, IT apod.) a zázemí (podpora vedení) při vzniku těchto parciálních IS a pasportních úloh. Nedostatky si je možné vykládat také jako nezáměr či neznalost vedoucích pracovníků o tyto úlohy a systémy. Nemalou měrou se mohlo projevit také používání zastaralých technologií (aplikace běžící na operačním systému DOS např. databáze FOXBase apod.) a uživatelsky nepřívětivé rozhraní. S tímto může být spojena neochota osob pracovat s informačními systémy.

2.6.1 Přehled existujících drážních registrů v Evropě

Národní registry vozidel a Evropský centralizovaný virtuální registr vozidel

V souladu s článkem 33.2 směrnice o interoperabilitě [23] pro každé vozidlo musí registr obsahovat nejméně tyto informace:

- EVN (European Vehicle Number – standardizovaný identifikátor),
- administrativní informace související s autorizačním procesem,
- správce,
- vlastník (tato informace je povinná – na základě různých jazykových verzí směrnice [23] však označení vlastníka není zcela jasné),
- omezení (porozumění definici omezení není ve všech členských státech stejná – tato položka obsahuje informace související s technickými vlastnostmi nebo omezeními infrastruktury, přestože by měla být uváděna pouze informace související s „omezeními, jak má být vozidlo používáno“),
- ECM (Entity in Charge of Maintenance – odpovědnost za údržbu).

Evropský registr autorizovaných typů železničních vozidel

Podle článku 34.2 směrnice o interoperabilitě [23] pro každý typ vozidla musí registr obsahovat následující elementy:

- technické vlastnosti typu vozidla, jak je definováno v relevantních TSI (vlastnosti obsažené v registru jsou převážně vztahované ke kompatibilitě se sítí),
- jméno výrobce,
- data, reference členského státu o úspěšné autorizaci pro tento typ vozidla, včetně omezení nebo stažení).

Registr železniční infrastruktury

Položky, které musí registr infrastruktury obsahovat, jsou uvedené v tabulce 1 přílohy rozhodnutí [28]

- vybraná data týkající se infrastruktury: prohlášení o shodě tratí, parametry tratí, tunely apod.,
- vybraná data týkající se energií: pantograf, požadavky na kolejová vozidla apod.,
- vybraná data týkající se řízení a zabezpečení: Třída A – vlakový zabezpečovač (ETCS), Třída B – rádio, přenos mezi systémy apod.,
- umístění vybavení.

Označování provozovatelů vozidel

V seznamu je rozdělen na dvě části. První část je veřejná a druhá je určená pro administrativu a přístupná pouze pro ERA a OTIF (Organisation intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaries). Veřejná část poskytuje informace:

- VKM (Vehicle Keeper Marking) – jak je popsáno vozidlo,
- VKM – jak požaduje ověření jejich jedinečnosti,
- plné jméno správce,
- země původu správce,
- webové stránky správce,
- status VKM.

Administrativní část poskytuje informace:

- úplnou adresu správce,
- kontaktní osobu a administrativní informace,
- telefonní číslo a e-mailovou adresu.

Databáze pro interoperabilitu a bezpečnost Evropské železniční agentury

ERADIS (European Railway Agency Database of Interoperability and Safety) je tvořen dvěma částmi. První část související s Interoperabilitou, kde jsou dokumenty dostupné veřejně:

- ES prohlášení o ověření subsystémů,
- ES prohlášení o shodě,
- ES prohlášení o vhodnosti pro použití prvků interoperability,
- autorizace pro uvedení do provozu pro pevná zařízení,
- oznámení práv cestujících (od roku 2013).

Druhá část s následujícími dokumenty je zaměřena na bezpečnost:

- licence vydané podle Směrnice 98/18/ES,
- certifikáty o bezpečnosti podle článku 18 (a) Směrnice o bezpečnosti železnic 2004/49/ES,
- oznámení o vyšetřovaných nehodách a zprávy z vyšetřování podle článku 18 a 24.2 Směrnice o bezpečnosti železnic,

- výroční zprávy národních bezpečnostních autorit a národních inspekčních orgánů podle článku 18 a 24.2 Směrnice o bezpečnosti železnic,
- národní pravidla oznámené Komisi podle článku 8 směrnice o bezpečnosti železnic a článků 5.6 a 17.3 směrnice o interoperabilitě. Toto je zajištěno odkazem na databázi Notif-IT EC.

Evropské odkazy železničních nehod (ERAIL)

Projekt ERAIL má obsahovat tyto informace:

- ukazatele společné bezpečnosti (CSI),
- zprávy z vyšetřování národních inspekčních orgánů,
- bezpečnostní výstrahy,
- tréninkové materiály a programy vyšetřovatelů nehod,
- obecné informace o vývoji bezpečnosti na železnici v Evropě.

Databáze referenčních dokumentů (RDD)

RDD má obsahovat dva typy informací: pro každý parametr ze seznamu v rozhodnutí 2009/965/ES odkaz na vnitrostátní pravidla, která jsou používána členským státem při autorizaci vozidla pro uvedení do provozu, nebo vyjádření, že při respektování těchto parametrů neexistuje žádný požadavek. Klasifikace podle článku 2 přílohy VII směrnice [23] proti pravidlům používaných jinými členskými státy. Databáze obsahuje pravidla vyjadřující technické požadavky a pravidla souvisejí s autorizačním procesem.

Databáze upozornění a omezení infrastruktury (IRNDB)

Databáze musí obsahovat všechna omezení na dané infrastrukturní síti strukturované dle přílohy A, index 2 TAF TSI. Železničním podnikům je uloženo vzít v úvahu všechna omezení v IRNDB ovlivňující jízdu jejich vlaků až do přípravy odjezdu. Pokud není definováno nic jiného ve smluvním vztahu mezi správcem infrastruktury a železničním podnikem, příprava odjezdu začíná hodinu před plánovaným (pravidelným) odjezdem vlaku. V přípravě musí správce infrastruktury oznámit přímo železničnímu podniku všechny relevantní změny vyplývající z IRNDB.

Referenční databáze kolejových vozidel

Databáze musí obsahovat všechny položky pro:

- identifikaci vozidla,
- posouzení kompatibility s infrastrukturou,
- posouzení příslušných zátěžových charakteristik,

- příslušné brzdné vlastnosti,
- data o údržbě,
- vlastnosti související se životním prostředím.

Jsou určeny dvě skupiny dat:

- Administrativní data (ES certifikace, registrace v prvním členském státě, datum uvedení do provozu v členském státě s první registrací, registrace v dalších členských státech pro použití na vnitrostátní síti, bezpečností certifikace),
- Návrhová data (jednotlivé prvky kolejových vozidel, modifikace, údržba apod.).

Provozní databáze vagonů a intermodálních jednotek

Tato databáze ukazuje pohyb nákladních vagonů a intermodálních jednotek od odjezdu až po doručení na zákaznickou kolej, s odhadovaným časem předání (ETI) a skutečným časem a rozdílem míst až do odhadovaného času příjezdu vagonů doručení na kolejiště zákazníka (ETA). Databáze používá číselník stavů kolejových vozidel, například:

- naložené kolejové vozidlo,
- naložený vagón na cestě,
- prázdný vagón na cestě,
- nenaložené kolejové vozidlo,
- prázdný vagón v řízeném vozidlovém parku apod.

Databáze cest nákladních vagónů

Vlaky běžně převážející vagóny různých zákazníků. Pro každý vagón musí železniční podnik ustanovit a obnovovat plán cesty, který odpovídá vlakové cestě a třídě vlaku.

Národní registr řidičských licencí (NLR)

Data uváděná v NLR jsou specifikována v příloze I. rozhodnutí 2010/17/ES:

- informace o současném stavu licence, např. číslo licence,
- informace specifické pro vydané licence: držitel, datum a místo narození, název vydávající autority, fotografie a podpis držitele, rodný jazyk a lékařská omezení. Dále nepovinné údaje místo bydliště, směrovací číslo atd.,
- historie informací o licenci: datum prvního vydání, datum platnosti, úpravy, suspendace, záznamy o ztrátě, záznamy o krádeži a o zničení,

- informace o základních požadavcích a výsledcích periodických prohlídek, vzdělávání, psychické kondici a profesionální znalosti.

Registr doplňkových certifikátů (CCR)

Data, která se mají uvádět v registru CCR, jsou specifikována v příloze II rozhodnutí 2010/17/ES:

- informace o stavu řidičské licence,
- informace o doplňkových certifikátech (příjmení, jméno, datum a místo narození, datum vydání a expirace certifikátu, název vydávající autority, číslo zaměstnance, fotografie, podpis, adresa trvalého pobytu, adresa železničního podniku či správce infrastruktury autorizujícího řidiče k jízdě, kategorie vozidel, na kterou je řidič autorizován, infrastruktura, na kterou je řidič autorizován, jazykové znalosti, další informace a případná omezení,
- historie informací o doplňkovém certifikátu,
- Informace o základních požadavcích a vstupní testy k povolení doplňkové certifikace a záznamy o opodstatněnosti doplňkové certifikace.

Registr řidičských tréninkových center

Evropská Komise vydala doporučení 2011/766/EU o procesu uznávání řidičských tréninkových center a zkoušejících. Bod 15 a 16 tohoto doporučení uvádí informace, které by měly uvedeny v registru:

- identifikační číslo,
- název a adresa,
- tréninkové úlohy, které tréninkové středisko provozuje,
- datum expirace stanoviska o uznání,
- kontaktní informace.

Registr zkoušejících

Evropská Komise vydala doporučení 2011/766/EU o procesu uznávání řidičských tréninkových center a zkoušejících. Bod 37 a 38 tohoto doporučení uvádí informace, které by měly být uvedeny v registru:

- jméno, adresa a datum narození,
- rozsah oprávnění,
- jazykové znalosti,

- identifikační číslo,
- datum expirace stanoviska o uznání,
- kontaktní informace,
- další nepovinné informace.

Registr lékařů

Evropská legislativa – bez specifikace

Registr psychologů

Evropská legislativa – bez specifikace

2.6.2 Přehled projektů drážních IS v ČR

Pasport železničního svršku (PŽSv)

Databázová evidence kolejí, výhybek, zvláštních kolejových konstrukcí a dalších konstrukčních prvků železničního svršku. Evidence se dělí na tzv.:

Neúseková data

- prvek kolej, se základními vlastnostmi, včetně vlastnictví a správy,
- prvek výhybka, s jejich vlastnostmi,
- prvek dilatační zařízení,

úseková data

- kolejnice, kolejnicové podpory, směry, sklony, bezстыková kolej a ostatní informace (upevnění, rychlosti, kolejové lože, nadmořská výška, znečištění kolejového lože, spádoviště, kolejové brzdy, abnormální skoky ve staničení, kolejové obvody, kotvy, tunely, zkušební úseky a další viz SR103/7 (S)-3 [38].

Pasport železničního spodku (PŽSp)

Informační systém konstrukčních částí železničního spodku na veřejně přístupných dopravních plochách v obvodu dráhy se dělí do těchto pasportních modulů:

- nástupiště,
- rampy a vyvýšené skládky,
- zdi,
- odvodňovacích zařízení,

- zemní tělesa,
- konstrukční vrstvy,
- udržovací jednotky.

Databáze odvodňovacích zařízení, konstrukčních vrstev a udržovacích jednotek je pouze lokální. Zbývající databáze jsou řešeny centrálně.

Mostní evidenční systém, evidenční systém tunelů (MES, EST)

Mostní expertní systém Casandra eviduje především zatížitelnost a přechodností parametry mostních objektů.

Evidenční systém tunelů obsahuje:

- evidenční listy tunelů,
- kroniky tunelů,
- podélné a příčné řezy,
- fotodokumentaci portálů,
- výpočty udržovacích jednotek,
- a další uživatelské údaje.

Pasport železničních přejezdů

Aplikace pasportu železničních přejezdů zahrnuje údaje:

- lokalizační (souřadnice),
- evidenční listy přejezdů,
- základní technický popis přejezdových konstrukcí.

Pozemky

Zdrojem pro aplikaci „Pozemky“ jsou ostatní informační systémy a SAP. Informační systém má tyto funkce:

- evidence informací o pozemku ve správě SŽDC,
- prezentace dat o pozemcích (placené služba Katastru nemovitostí),
- poskytuje lokalizační údaje do systému SAP,
- prezentace dat o věcných břemenech (placené služba Katastru nemovitostí),

- sklad pořízených grafických dat,
- evidence geometrických plánů,
- poskytuje data pro informační systém ISPD.

Pasport budov a inženýrských sítí (PBaIS)

Aplikace slouží pro evidování polohopisných údajů o budovách a inženýrských sítích:

Pasport budov:

- polohopis budovy,
- podlahová plocha,
- zastavěná plocha,
- obestavěný prostor,
- vztah ke kolejišti.

Pasport inženýrských sítí a ostatního hmotného investičního majetku (vodovody, kanalizace, teplovody, žumpy, drobná architektura, přístřešky, pomníky, apod.):

- technický popis,
- výměry,
- vztah ke kolejišti,
- hodnocení technického stavu,
- vazby na inženýrské sítě a objekty na nich.

IS Sdělovací a zabezpečovací techniky (ISSaZT)

IS Sdělovací a zabezpečovací techniky se skládá z několika dílčích aplikací:

- pasport sdělovací techniky,
- pasport zabezpečovací techniky,
- výměnné díly,
- program T300,
- AUDO

IS Správy elektrotechniky a energetiky (IPSEE)

Pasportní systém eviduje:

- dispečerskou řídicí technikou,
- napájení zabezpečovacích zařízení,
- napájecí a spínací stanice,
- trakční vedení,
- silnoproudá elektrická zařízení.

IS Provozoschopnosti dráhy (ISPD)

ISPD se skládá z několika modulů:

- stavby (workflow a evidence vyjádření ke stavbám v ochranném pásmu dráhy),
- pronájmy a prodeje (workflow a evidence dokumentace),
- provozní dokumentace (evidence digitální dokumentace o železniční infrastruktuře),
- příprava staveb (workflow a evidence vyjádření k připravovaným stavbám).

Číselník M12 (M12)

Jednoznačné označování tratí a kolejíšť má jak datovou, tak i grafickou a mapovou část.

Digitální přehledová mapa (DPM)

Je generována nad technickými daty a infrastruktuře z pasportu železničního svršku. Nad touto mapou je možné provádět tematické mapy a prezentaci dat ostatních pasportů. Používá se pro zobrazení pouze koleje č. 1, 2 a 0.

Rozvinutá síť (schematické zobrazení) všech kolejí je předmětem „Topologických schémat“.

2.6.3 Shrnutí pro další vývoj

Zde je naopak nutné vyzvednout úsilí vkládané řešiteli a vývojáři, neboť pouze díky jejich zápalu a porozumění pro tuto problematiku, existuje řada jedinečných aplikací, které slouží pro potřeby evidence majetku, pasportních úloh a při plánování údržby tratí. Je možné, že důsledek této činnosti je z pohledu pořízení integrovaných programových řešení kontraproduktivní, touto funkční etapou však bylo nutné projít – přinejmenším přinesla mnoho zkušeností a ukázala na problémy, jejichž existenci by analytici při návrhu nové generace informačních systémů nemuseli objevit.

Faktorů, které mohou mít vliv na současný stav IS v drážní dopravě, je značné množství a mojí ambicí není hledat příčiny, ale spíše upozornit na nutnost, aby se hledalo koncepční, systémové a v maximální míře jednoduché řešení. Důraz by měl být kladen zejména na využívání moderních technologií ve všech částech IS od databází, sběru dat až po uživatelské rozhraní.

2.7 Pořizování dat

Pro sběr geografických dat, popisujících koleje, výhybky, staničení apod., lze mimo jiné použít metody založené na profesionálním měření GPS. Při použití dynamického fázového měření s referenční stanicí (např. KOF – Kinematic On the Fly) lze dosáhnout centimetrové přesnosti, která je z hlediska potřeb infomačního systému dostačující. Pro měřicí experimenty jsme používali dva systémy GPS Leica System 1200, z nichž jeden slouží jako referenční stanice s přesnými souřadnicemi měřící synchronně s druhým systémem umístěným na vozidle. Měření se provádí frekvencí 10 Hz a naměřené souřadnice jsou ukládány do připojené paměti. Po ukončení měření jsou data zpracována programem vyhodnocující na základě naměřených dat případné fázové nejednoznačnosti (ambiguity) a potřebné korekce způsobené vlastnostmi atmosféry a vícecestným šířením signálu GPS. Touto metodou jsme ověřili, že přesnost zaměření trajektorie pohyblivé stanice je prakticky nezávislá na rychlosti a dosahuje chybu určení polohy menší než 5 cm. Nevýhodou metody je nutnost výhledu na satelity na obloze, při narušení (např. v zástavbě, hornatém terénu, porostu) rychle dochází k místní ztrátě signálu a výpadkům stanovení průběžné polohy. Zvolená metoda KOF při výpadku naštěstí nezhodnocuje celý zbytek měření tak, jako v případě rozšířenější metody RTK (Real Time Kinematic). Ta sice poskytuje průběžně výslednou polohu, avšak vyžaduje online spojení pohyblivé a referenční stanice a výpadek signálu GPS vyžaduje časově náročnou reinicializaci měření.

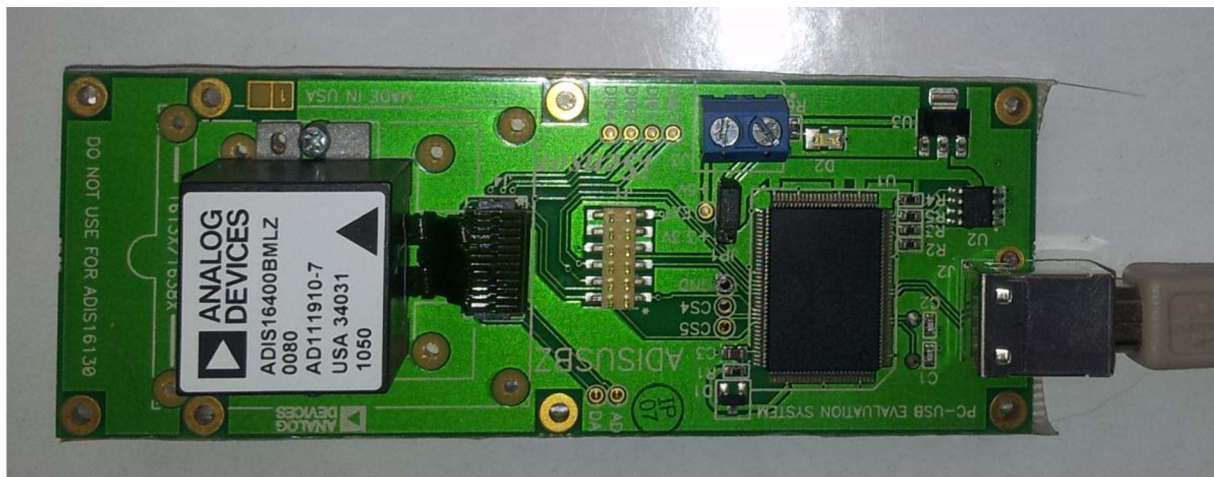
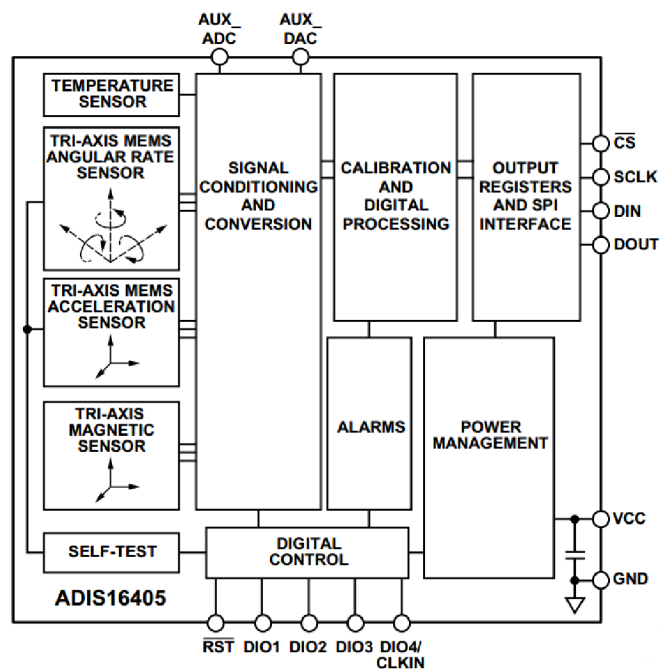
Jinou nevýhodou metody je nutnost umístění referenční stanice poblíž měřené trajektorie, což je při měření delšího úseku pouze obtížně realizovatelné. Lze však použít síť referenčních stanic (např. na území ČR systém CZEPOS), který poskytuje potřebná referenční data pro korekci fázového měření prostřednictvím internetu. V našem případě lze použít korekční data offline až ve chvíli následného vyhodnocení měření patřičným programovým produktem Leica SKIPro.

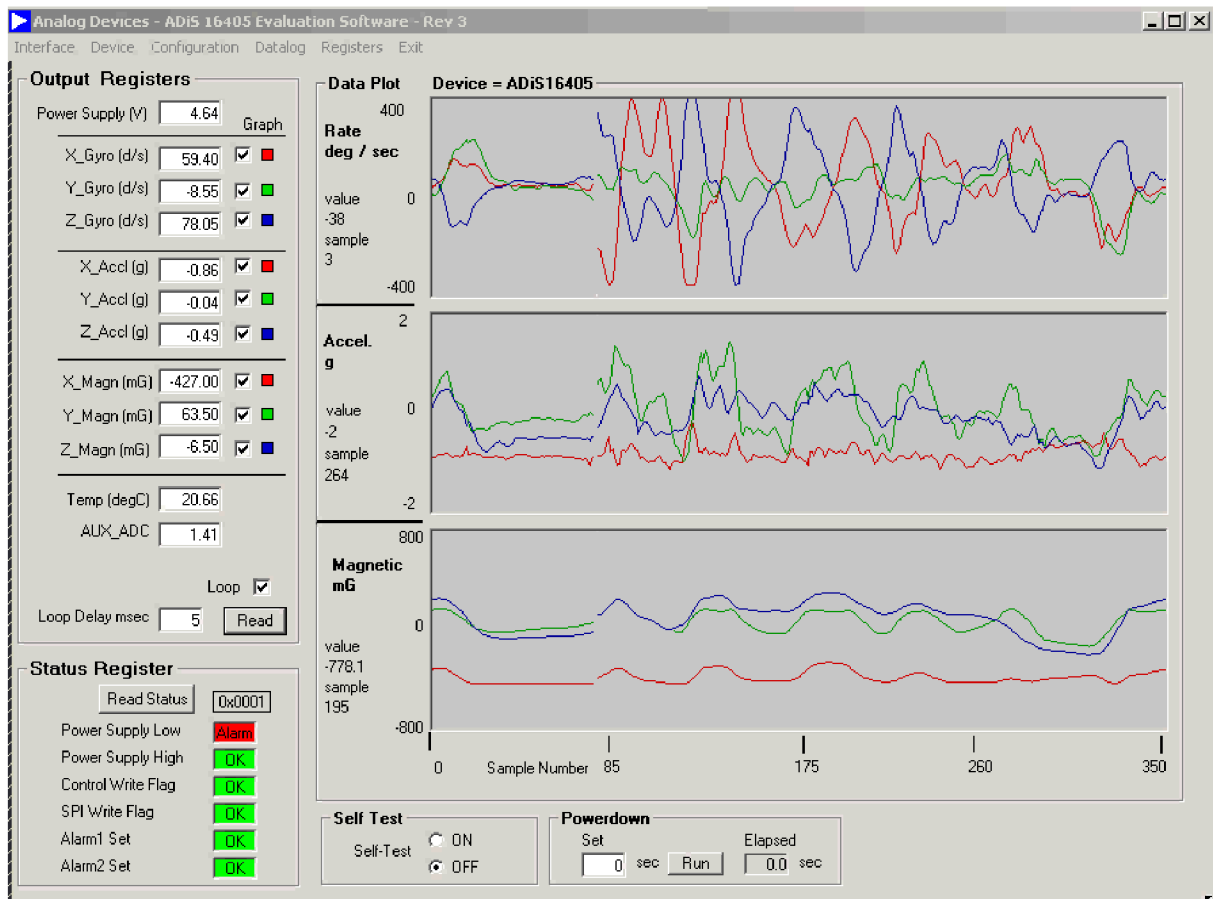
Dále jsme ověřili možnosti integrace inerciálních měření (pomocí akcelerometrů a gyroskopů) a měření GPS. V první fázi jsme použili tříosý akcelerometr *MMA7260Q* s 8-bitovým převodníkem na měřicí desce *STAR* firmy *Freescale* připojené pomocí rozhraní USB k přenosnému počítači. Zařízení poskytovalo data frekvencí 1 kHz (100x rychleji než GPS), rozsah měřeného zrychlení jsme nastavili na hodnotu -2 až $2g$ (g je gravitační zrychlení). Vyšší hodnota rozsahu snižuje citlivost měření, nižší hodnota může omezit extrémní hodnoty (např. příčného rázu apod.). Ukázalo se, že navzdory nenáročnému uspořádání lze tímto způsobem rekonstruovat trajektorii s vysokou přesností po dobu až několika desítek sekund. Problémem je integrační charakter stanovení polohy ze změřeného vektoru akcelerace, kdy sebezpřesněji kalibrovaná integrační konstanta způsobí časově rostoucí chybu ($\sim t^2$).

Analýza naměřených dat ukázala, že největší potíže souvisejí s výpočtem změny azimutu trajektorie na základě výpočtu úhlové rychlosti integrací příčného zrychlení. Proto byl pořízen v současnosti běžně dostupný měřicí prvek typu MEMS (*Analog Devices ADIS16405*), obsahující kromě trojosého akcelerometru také trojosý gyroskop a vektorový magnetometr (inklinometr) se 14-bitovým AD převodníkem. Měřicí prvek byl osazen do měřicí vývojové desky *ADISUSBZ* poskytující možnost sběru dat a nastavení rozsahů prostřednictvím rozhraní USB. Kromě řádového zvýšení přesnosti měření je tak možné stanovit změnu azimutu trajektorie přímým měřením. Inklinometr navíc poskytuje formu absolutních dat korigujících vliv časově rostoucích chyb způsobených relativním charakterem měření (průběžnou polohu

stanovujeme z předcházející hodnoty pomocí vektorů akcelerace a úhlové rychlosti). Citlivost pro jednotlivé měřené veličiny (hodnota odpovídající nejnižšímu bitu) jsou ve všech měřených osách následující: gyroskop 0,05 °/s, akcelerometr 3,33mg (kde g je gravitační zrychlení), magnetometr 0,5 mGauss.

Umístěním měřicí sestavy v jedoucím vozidle jsme ověřili, že stabilita rekonstrukce trajektorie se značně zvýšila a pro potřebnou přesnost (5 cm) dosahuje až jednotek minut (v závislosti na charakteru jízdy, zejména dynamice zrychlení a šumu otřesů vozidla).





Obr. 24 Měřicí aparatura – nahoře schéma měřícího prvku MEMS, uprostřed pohled na připojenou měřící desku, dole interaktivní výstup měřící aplikace

Stanovení dynamické polohy vozidla pomocí výchozí polohy a inerciálního měření poskytuje vlivem dvojí integrace hladká data s redukováným šumem, která pro požadovanou přesnost nevyžadují další vyrovnávací filtraci. Pokud bychom však zvolili integraci relativního inerciálního měření s absolutním stanovením polohy metodou GPS, zjistíme, že úloha zdaleka není triviální. Ukazuje se, že oba přístupy se dobře doplňují, avšak jejich kombinace vyžaduje relativně složité metody zpracování dat. Principiální problémy lze shrnout následovně:

- Inerciální akcelerometrická (resp. gyroskopická) měření jsou obvykle přesnější s vyšší frekvencí vzorkování, avšak výsledná rychlost a poloha relativně rychle driftuje v čase vlivem kumulace chyb.
- Satelitní metody poskytují lepší výsledky v delších časových intervalech, rychlost vzorkování je však mnohem nižší a jednotlivá měření jsou zatížena větší chybou.

Oba přístupy se přitom mohou pozitivně ovlivňovat:

- GPS poskytuje do inerciálního měření opravu počátečních podmínek – stejné přesnosti pak lze dosáhnout méně objemným a levnějším přístrojovým vybavením. Z dlouhodobého hlediska je GPS stabilnější navzdory zatížení větší chybou.
- Data z inerciálních měření mohou přispět ke zkrácení inicializace dynamických měření, odstraňování chyb typu multipath, rychlejší obnovení synchronizace pro

řešení ambiguit, avšak zejména přemostit výpadky signálu při určování dynamické polohy.

V současnosti se rozlišují stupně integrace obou přístupů:

- Těsná integrace (tight coupling) – data z jednotlivých druhů senzorů jsou simultánně společně zpracovávána společnou výpočetní jednotkou optimálním způsobem.
- Volná integrace (loosely coupled systém) – data z jednotlivých měřicích přístrojů mohou zvýšit efektivitu měření jiných přístrojů např. vzájemnou online kalibrací apod.
- Žádná integrace (uncoupled integration) – změřené výsledky různými metodami mohou být porovnávány až po skončení měření.

V patentu US 6,308,134 B1 z roku 2001 je navrhována např. tato konstrukce odhadu polohy

$$x_t = x_{t-1} + \dot{x}_{t-1}^{GPS} \Delta t + \frac{1}{2} (\ddot{x}_t^A + \ddot{x}_{t-1}^{GPS} - \ddot{x}_{t-1}^A) \Delta^2 t \quad (2.6)$$

tj. výsledná poloha v čase t je aproximací měření polohy, rychlosti a zrychlení v předcházejícím kroku $t-1$. Nevýhodou metody jsou heuristicky stanovené váhy jednotlivých měření a zejména předpoklad synchronního inerciálního a satelitního měření.

Velmi podrobně je rozebrána úzká integrace inerciálních a satelitních metod např. v patentu US 7,274,504 B2 (2007) „System and Method for Advanced Tight Coupling of GPS and Inertial Navigation Sensors“. Vzájemná kooperace obou přístupů pak umožňuje určování polohy i v případě nižšího počtu viditelných satelitů např. v zástavbě apod. Do algoritmu zde však vstupují všechny informace v nezpracované podobě (např. jednotlivá měření na jednotlivých frekvenčních kanálech apod.)

Vhledem k zatížení měřených dat indeterministickou chybou jsou v současné době používány k jejich zpracování takřka monopolně různé verze Kalmanových filtrů. Jejich rekurzivní charakter nenáročný na paměťové zdroje a zejména odvození z přímočaré optimalizace odhadu chyby metodou nejmenších čtverců je činí ideálním kandidátem na použití v metodách predikce, filtrace i vyhlazování naměřených dat. Implementace Kalmanových algoritmů je dnes součástí firmware mnoha měřicích zařízení. Obliba Kalmanových filtrů je patrně způsobena také jejich univerzalitou: lze je použít pro libovolný počet informačních zdrojů vztahujících se k analyzované problematice – do filtru mohou např. při měření rychlosti vstupovat paralelně data zjištěná dopplerovským radarem, diferenční data ze satelitního měření, aproximace z akcelerometrických měření apod. Jednotlivé typy měření mohou být zatíženy různou chybou, různým typem šumu, navíc může do filtru vstupovat i informace o modelu sledovaného dynamického systému. Výsledná hodnota je pak nejlepším odhadem na základě všech poskytnutých informací.

Klasický Kalmanův filtr poskytuje optimální odhad pro lineární systémy, kde stavová a měřená chybová složka představuje bílý šum s Gaussovským rozdělením. Nejsou-li tyto podmínky splněny, je odhad suboptimální, avšak většinou použitelný.

Pro nelineární systémy se používá rozšířená varianta Kalmanova filtru EKF (Extended Kalman Filter), kde je v každém časovém vzorku měření provedena standardní linearizace pomocí Jacobiho matice systému. Z teorie dynamických systémů plyne, že tento typ filtru bude poskytovat optimální odhad skoro všude (až na množinu stavů míry nula v nehyperbolických pevných bodech). V poslední době jsou intenzivně studovány stabilnější a numericky méně náročné obdoby EKF, tzv. SPKF (Sigma-point Kalman Filter). Linearizační Jacobiho matici nahrazují funkčními hodnotami v mezilehlých tzv. sigma bodech s určitými vahami.

Algoritmus rozšířeného Kalmanova filtru je následující:

Po diskretizaci obecně nelineárního autonomního dynamického systému můžeme psát

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{f}(k, \mathbf{x}_k) + \mathbf{w}_k \quad (2.7)$$

kde \mathbf{x} je stavový vektor systému, k – diskretní čas, $\mathbf{f}(,..)$ – vektorová funkce definující evoluci systému (přechodová funkce), \mathbf{w} – náhodná vektorová složka vyjádřitelná bílým Gaussovským šumem.

Měřitelné veličiny tvoří vektor \mathbf{y} , pro který platí

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{h}(k, \mathbf{x}_k) + \mathbf{v}_k \quad (2.8)$$

kde \mathbf{y} je vektor měřených veličin, $\mathbf{h}(,..)$ – vektorová funkce závislosti měřených veličin na stavu systému, \mathbf{v} – náhodná vektorová složka vyjádřitelná bílým Gaussovským šumem nezávislá na \mathbf{w} .

Označme apriorní odhad nového stavu \mathbf{x}^- a aposteriorní odhad nového stavu \mathbf{x}^+ . Podle Kalmanova algoritmu je pak apriorní odhad

$$\mathbf{x}_k^- = \mathbf{f}(k, \mathbf{x}_{k-1}^+) \quad (2.9)$$

Apriorní odhad chyby je vyjádřen kovarianční maticí \mathbf{P} , pro kterou platí

$$\mathbf{P}_k^- = \mathbf{F}_{k,k-1} \mathbf{P}_{k-1}^+ \mathbf{F}_{k,k-1}^T + \mathbf{Q}_{k-1} \quad (2.10)$$

kde \mathbf{P}^+ je aposteriorní odhad kovarianční matice, \mathbf{F} je linearizační Jacobiho matice přechodové funkce systému a \mathbf{Q} je kovarianční matice šumové složky \mathbf{w} . Je zřejmé, že v apriorních odhadech vycházíme z aposteriorních odhadů v minulém kroku.

Naměřená data pak vstoupí do konečného aposteriorního odhadu \mathbf{x}^+ pomocí následujících vztahů:

$$\mathbf{x}_k^+ = \mathbf{x}_k^- + \mathbf{G}_k \mathbf{y}_k - \mathbf{h}(k, \mathbf{x}_k^-) \quad (2.11)$$

kde \mathbf{G} je matice tzv. Kalmanova zesílení (Kalman Gain Matrix). Její výpočet je nejsložitější částí algoritmu:

$$\mathbf{G}_k = \mathbf{P}_k^- \mathbf{H}_k^T [\mathbf{H}_k \mathbf{P}_k^- \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}_k]^{-1} \quad (2.12)$$

kde \mathbf{H} je linearizační matice měřicí funkce, \mathbf{R} je kovarianční matice měřené šumové složky.

Chyba aposteriorního odhadu je pak vyjádřena kovarianční maticí

$$\mathbf{P}_k^+ = (\mathbf{I} + \mathbf{G}_k \mathbf{H}_k) \mathbf{P}_k^- \quad (2.13)$$

Algoritmus je typu „predikce – korekce“, kde apriorní odhad určený z evolučních vlastností systému je opraven na konečnou (aposteriorní) hodnotu na základě naměřených dat a jejich rozptylu. Obecný tvar algoritmu je v konkrétním případě měřeného systému obvykle značně zjednodušen. Uvažované matice jsou často diagonální nebo mají většinu složek nulových.

Například stavový vektor při určování polohy vozidla má následující relevantní položky:

$$\mathbf{x} = [\mathbf{s}, \mathbf{v}, \mathbf{a}, \Delta \mathbf{t}] \quad (2.14)$$

kde \mathbf{s} je vektor polohy, \mathbf{v} je vektor rychlosti, \mathbf{a} je vektor zrychlení, $\Delta \mathbf{t}$ je vektor popisující posun časového kroku v přijímači a rychlost jeho změny.

Přechodovou funkci v jednom kroku pro Kalmanův algoritmus lze pak aproximovat rovnoměrně zrychleným pohybem, tj.

$$\mathbf{F}_{k-1} = \left. \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x}, k-1)}{\partial \mathbf{x}} \right|_{\mathbf{x} = \mathbf{x}_{k-1}^+} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

Šumová složka je reprezentována diagonální kovarianční maticí, do které vstupuje digitální chyba akcelerometru udávaná výrobcem nebo změřená jeho kalibrací v klidovém stavu. Vlastní konstrukce filtru spočívá v diferencii polohy, rychlosti a zrychlení získané měřením a diferencováním standardního kinematického měření a měřením a integrací akcelerometrického měření. Aposteriorním odhadem vypočtená diference pak slouží ke stanovení měřených veličin prostým přičtením ke změřené veličině jednou z použitých metod.

Při použití výše uvedeného modulu MEMS pro inerciální měření je stavový vektor 12-dimenzionální (9 složek INS, 3 složky poloha GPS) a konstrukce filtru je již neúměrně složitá. Při použití fázové měřicí metody KOF GPS se však lze bez filtrace obejít a použít inerciální měření pouze pro časové zhuštění, resp. vyrovnání dat a zejména překlenutí výpadků signálu ze satelitů.

3 Implementace

3.1 Výběr platformy pro sběr, ukládání a prezentaci dat

Dobrá volba produktové platformy je v současnosti jedním z klíčových úkolů, které mohou celý projekt naprosto znehodnotit nebo naopak posunout do centra zájmu. V této fázi je skryt vnitřní rozpor, který je vždy zapotřebí maximálně zviditelnit a diskutovat o něm:

- Volba platformy většinou souvisí s velkou investicí, podléhá mnoha tlakům a rozhoduje o ní vysoký management.
- Na druhé straně však je situace na trhu značně nepřehledná, dobrá volba vyžaduje letitou praxi profesionálů, kteří se orientují nejen v hlavních trendech, ale i v implementačních detailech.
- Tito profesionálové však obvykle k vysokému managementu nepatří a proto je nutná konstelace vzájemné důvěry a naslouchání argumentů bez preferování silových postojů.

Typickým projevem nedostatku v této oblasti jsou nákladné projekty postavené na platformách resp. produktech s malým zázemím bez široké komunity, která významně přispívá důvěryhodnosti projektu. Navzdory dobré funkcionalitě (zejména z uživatelského hlediska) je pak projekt izolovaný, závislý na jedinci nebo malé skupině vývojových pracovníků a nelze ho rozšiřovat.

Opačným pólem je platforma, která je sice masově rozšířená, avšak primárně míří do zcela jiných oblastí. Z funkcionality použitých nástrojů je použit pouze zlomek, který se navíc musí pracně přizpůsobit z hlediska platformy značně cizorodým požadavkům. Např. systém orientovaný na procesní řízení včetně dominantních modulů řízení vztahů s klienty, plánování výroby, účetnictví apod. bude pro pasportní systém značně diskutabilní. Bohužel jsou často právě taková řešení nejlépe marketingově podporována a management bez zkušeností jim často podlehne.

Vybraná platforma by měla být vždy určitým kompromisem:

- aktuálnosti a perspektivy,
- rozšířenosti zvoleného řešení,
- ceny.

Je třeba se vyhýbat jak příliš inovativním platformám, které jsou ve stadiu experimentů (byť pokročilých) na akademické půdě, tak „osvědčeným“ řešením opírajícím se o produkty, kde je jasné, že jejich podpora skončila nebo v dohledné době skončí.

Studovaná oblast vyžaduje několik rozhodnutí. Jak již bylo popsáno, vyžadují pravidla EU, ale i „selský rozum“ (common sense) samostatnou datovou vrstvu, co nejotevřeněji modelující předmětovou oblast (železniční dopravu). Otevřenost je zde ve významu snadné portace na jiné platformy, ale také přímočaré transformace dat do alternativního systému.

Dobrý datový model je přitom základním předpokladem životaschopnosti informačních systémů, které ho využívají. Spoléhání na případnou úpravu datových struktur v aplikačních vrstvách (middleware) je značnou chybou, které se projeví zejména ve chvíli, kde se vývoj musí přesunout do nového prostředí nebo dokonce týmu.

3.1.1 Platforma pro datovou správu

V této oblasti je nutné použít produkty nespojené primárně s prezentační vrstvou. Na této úrovni musí být zabezpečena flexibilní portace mezi různými systémy, v případě potřeby musí datový sklad poskytovat úplnou množinu informací, na které lze založit i jiný systém, který se neopírá o prezentační vrstvu produktů GIS. Z hlediska výše uvedených kritérií výběru připadají do úvahy v podstatě pouze dominantní systémy pro správu dat: Oracle, MS SQL a MySQL.

Po zkušenostech se všemi produkty jsme zvolili MS SQL, neboť platforma Oracle je dražší, více zatížená břemenem zpětné kompatibility se staršími řešeními a otevřená platforma MySQL zase nemá potřebné garance a nedisponuje dostatečnou funkcionalitou a výkonem.

3.1.2 Platforma pro prezentační vrstvu

Je zřejmé, že funkcionalita moderních systémů GIS je již na takové úrovni, kdy se stává de facto standardem a není nutné vytvářet prezentační vrstvu na „zelené louce“ pomocí elementárních grafických nástrojů. V našem regionu na tomto poli zjevně dominuje rodina produktů společnosti ESRI, která je dostatečně rozšířená i v celosvětovém měřítku a disponuje velkou komunitou uživatelů a vývojářů.

Na úrovni prezentační vrstvy je ovšem nutné učinit také několik významných rozhodnutí:

1. Projekt může být orientován na dominantní roli dat (data driven application) – při tomto přístupu je jednodušší portace dat do jiných prostředí, pojetí poskytuje vyšší flexibilitu. Datové modely jsou logické, pečlivě auditované. Uživatelský komfort může být nižší vzhledem k úspěšnějšímu využívání prostředků GIS.
2. Projekt může masivně využívat možnosti správy a organizace dat systémem GIS. Tuto možnost z přirozeného obchodního hlediska preferuje výrobce a snaží se odstínit nejen uživatele, ale i vývojáře od podrobností datové vrstvy. Toto pojetí poskytuje vyšší komfort z uživatelského hlediska, patrně také sníží náklady na vývoj, je však hůře spravovatelné a rozšiřovatelné.

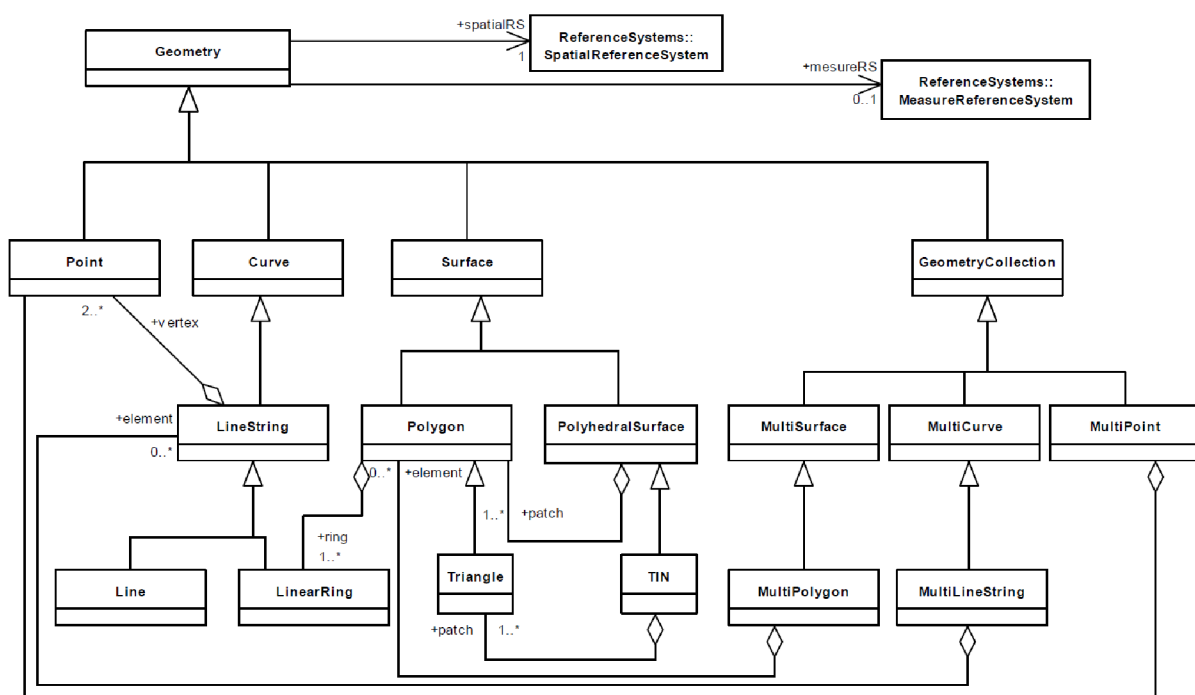
Pro potřeby pasportizace a následné využití dat v nejrůznějších systémech je nejvýhodnější kompromisní řešení: velmi samostatná datová vrstva, s masivním využíváním moderních databázových nástrojů – uložených procedur, funkcí, spouští (triggerů) apod. Prezentační a analytická vrstva se silnou podporou geometrických a geografických vztahů pak může být založena na technologii ArcGIS server (ESRI).

Je přitom třeba „vzdorovat“ obchodní strategii produktů ESRI, které se opět snaží odstínit vývojáře (analytiku i programátory) od podrobností datové správy a zaměřit je na uživatelské rozhraní a „triky“ na aplikační úrovni GIS. Výsledkem je potom kvalifikovaný zaměstnanec, který je závislý na konkrétním nástroji a zákonitě bude při dalších projektech vyžadovat

známé prostředí bez ohledu na to, že daný problém lze řešit mnohem elegantněji a „čistěji“ na úrovni správy dat.

Z uvedených závěrů vyplývá, že pro záznam grafických entit budou v práci primárně používány třídy typu *feature class* místo velmi rozšířených avšak proprietárních struktur *shapefiles*. Naštěstí moderní verze systému MS SQL (verze 2005 a novější) přímo podporují struktury prostorových dat pod názvem datových typů *geometry* a *geography* (entity *Points*, *LineStrings*, *CircularStrings*, *CompoundCurves*, *Polygons*, *CurvePolygons*). Kromě nových datových typů jsou k dispozici také knihovny nástrojů pro jejich správu.

Standardizací datových modelů u prostorových vztahů se zabývá Open Geospatial Consortium (OGC), jehož doporučení respektují producenti systémů GIS. Základní model vychází z následující jednoduché hierarchie tříd:



Obr. 25 Schéma geometrických prvků používaných v systémech GIS podle doporučení OGC

Doporučení jsou striktně objektová, tj. každý prvek, resp. kolekce prvků je objektem s patřičným spektrem metod, které jsou v systémech GIS využívány. MS SQL má tento standard implementován rovněž formou tříd CLR (Common Language Runtime), které se chovají jako binární uložené procedury. Tímto způsobem mohou vstupovat do konstrukcí SQL jazyka jak v případě datových manipulací, tak pro analytické účely.

Například zjištění plochy geometrického prvku v jazyce SQL lze zkonstruovat následovně:

```
DECLARE @g geometry; /* třída geometry je na vrcholu hierarchie geom. objektů */
SET @g = geometry::STGeomFromText('POLYGON((0 0, 3 0, 3 3, 0 3, 0 0),(2 2, 2 1, 1 1, 1 2, 2 2))', 0);
/* statická metoda STGeomFromText(string,flag) vytváří datovou reprezentaci požadovaných objektů */
SELECT @g.STArea(); /* metoda STArea určí z geometrického datového objektu jeho plochu */
```

V rámci práce tak byly zkoumány možnosti ukládání geometrických a geografických dat v prostředí systému GIS s následným vytěžováním geometrických dat a jejich vztahů přímo

na úrovni systému SŘBD. Je zřejmé, že tyto technologie poskytují pružnější spolupráci mezi datovou a prezentační vrstvou zajišťovanou různými produkty.

3.2 Datový model topologie trati

Hlavním cílem této práce je ukázat technologicky aktuální řešení sběru, správy a prezentace dat odpovídajících požadavkům EU. Řešení, které umožní nejen efektivní manažerské rozhodování, ale je otevřené i pro všechny ostatní zainteresované subjekty veřejností počínaje, logistickými společnostmi konče.

Datový model musí respektovat standardní relační pravidla, navržená databáze by měla být správně normovaná, nerelační technologie by měly být využívány co nejstřídměji. Model by měl být logický a vyvážený, případné detaily by měly být alespoň v rámci dokumentace odlišitelné od koncepčních záležitostí.

Po analýze požadavků může návrh modelu vypadat například takto:

3.2.1 Základní pojmy

V této kapitole jsou uvedeny pojmy, které nejsou použity přímo v popisech modelovaných entit a vztahů, nebo jsou společné různým entitám a jejich popis by se opakoval.

Pojem	Význam
Trat'	Je množina kolejí a výhybek, které jsou součástí spojnice dvou bodů (obcí). Množina tratí vytváří železniční síť.
Kolej	Podmnožina tratě a množina elementů, které jsou součástí koleje. Kolej je úsek mezi dvěma výhybkami nebo výhybkou a zarážedlem.
Výhybka	Podmnožina tratě a množina elementů, které jsou součástí výhybky. Výhybka je konstrukce, kde se rozcházejí či sbíhají koleje.
Element	Základní prvek směrového řešení (přímá a oblouk).
Staničení	Určuje kilometrickou polohu na trati.
OBJECTID = ID	Primární klíč, generovaný automaticky

Tab. 4 Základní pojmy datového modelu

Seznam servisních atributů

- autorZmeny: atribut identifikuje autora poslední změny daného záznamu
- datumZmeny: datum a čas poslední změny

Konvence názvů entit

Víceslovní názvy používají tzv. "Pascal konvenci", tj. první písmeno každého slova velké, jinak malá písmena.

Názvy vazebních (asociativních) entit obsahují názvy spojovaných entit oddělených znakem "_" (podtržítko), jehož výskyt v názvu naznačuje vazbu.

Konvence názvů atributů

Atribut obsahující primární klíč je nazván *id*. Používají se zásadně umělé klíče generované systémem. Při replikaci databáze se jejich hodnota musí zachovávat.

Víceslovní názvy používají tzv. "Camel konvenci", tj. malá písmena, každé první písmeno dalšího slova velké.

Název atributů tvořících cizí klíč je konstruován takto: <název cílové entity>_id

Konvence při používání číselníků

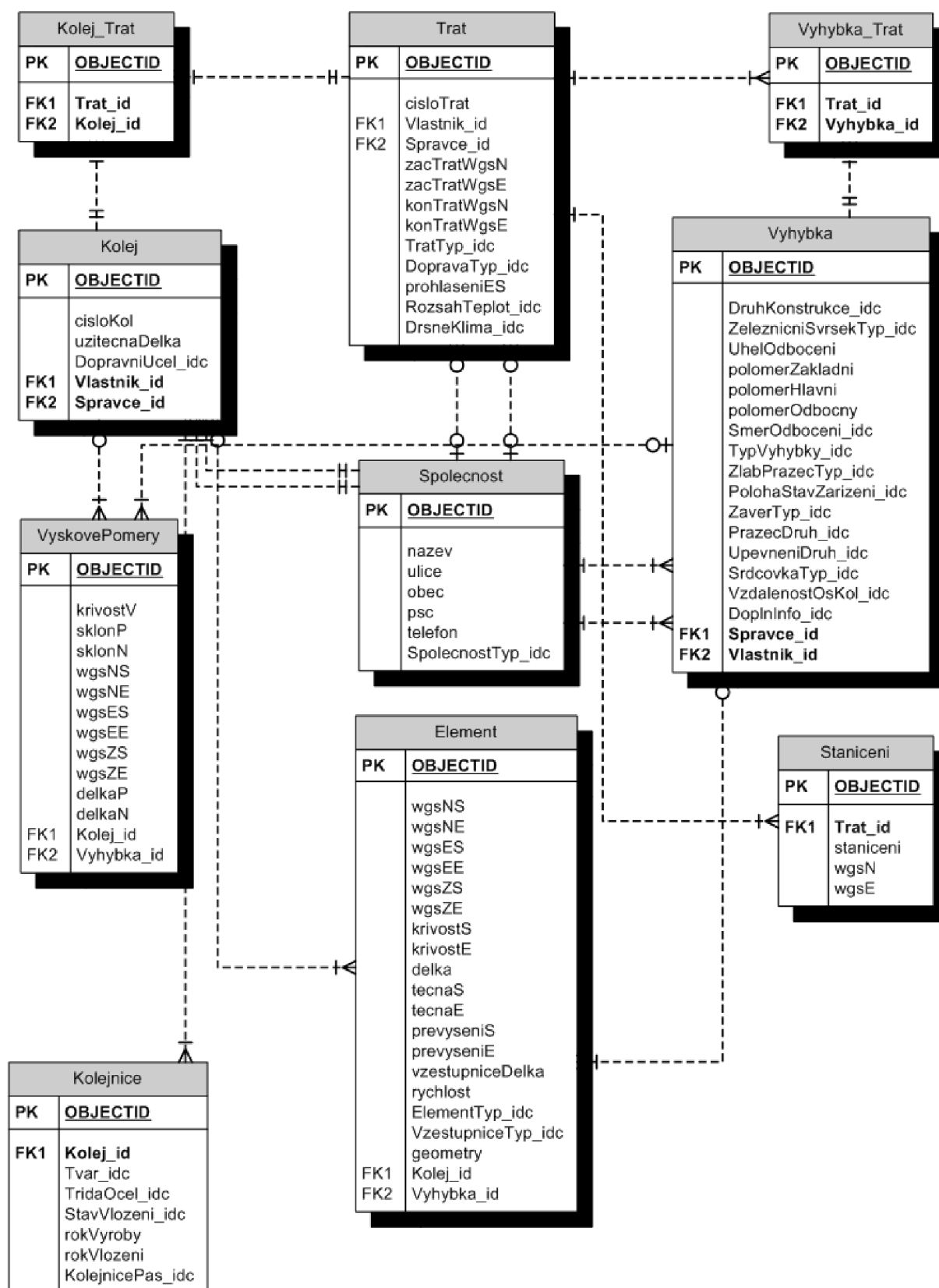
Hodnota 0 je většinou interpretována jako *nestanoveno*, resp. *neinterpretuje se*, resp. *ignoruje se*.

Název atributu s číselníkovou hodnotou (cizí klíč do tabulky číselníku) je konstruován takto: <název číselníku>_idc

Konvence při modelování síťových vazeb M : N

Tento typ vztahu musí být v relačním prostředí modelován pomocí vazebné (asociativní) tabulky, které obsahuje cizí klíče tabulek, které spojuje. V názvech vazebných tabulek používáme názvy spojovaných tabulek oddělených znakem „_“ (podtržení).

3.2.2 Souhrnný diagram

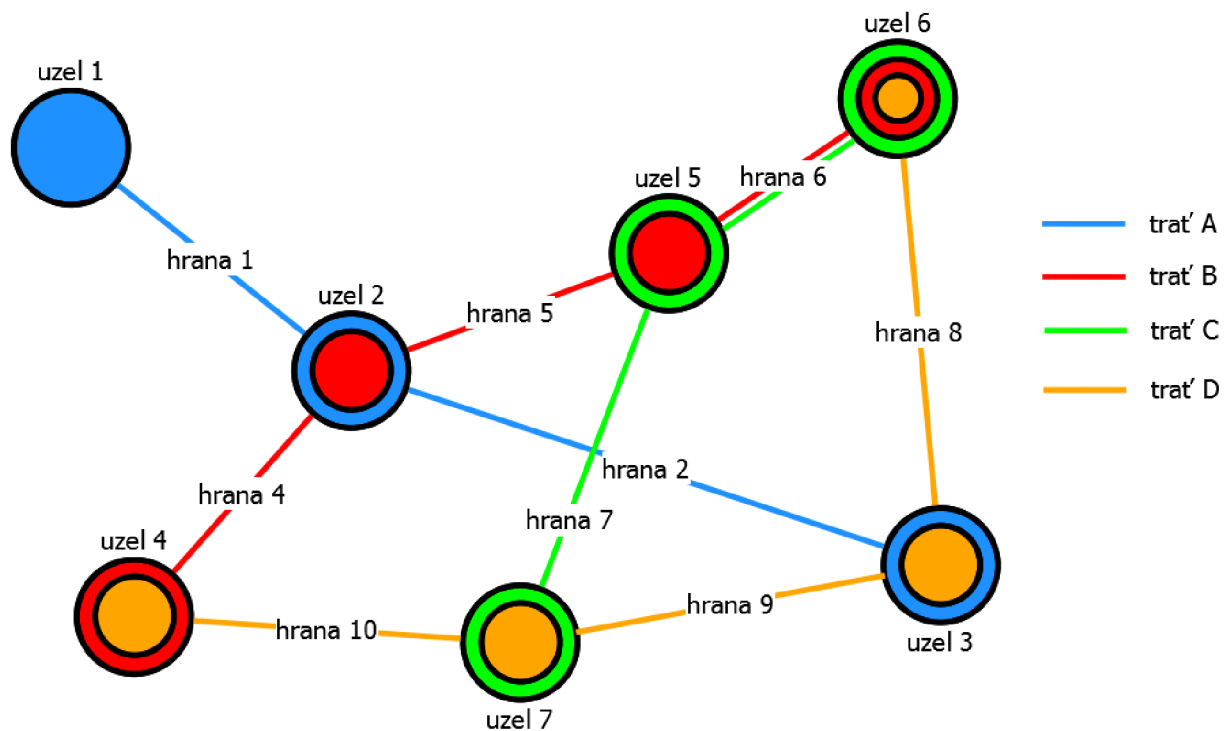


Obr. 25 Souhrnný diagram datového modelu

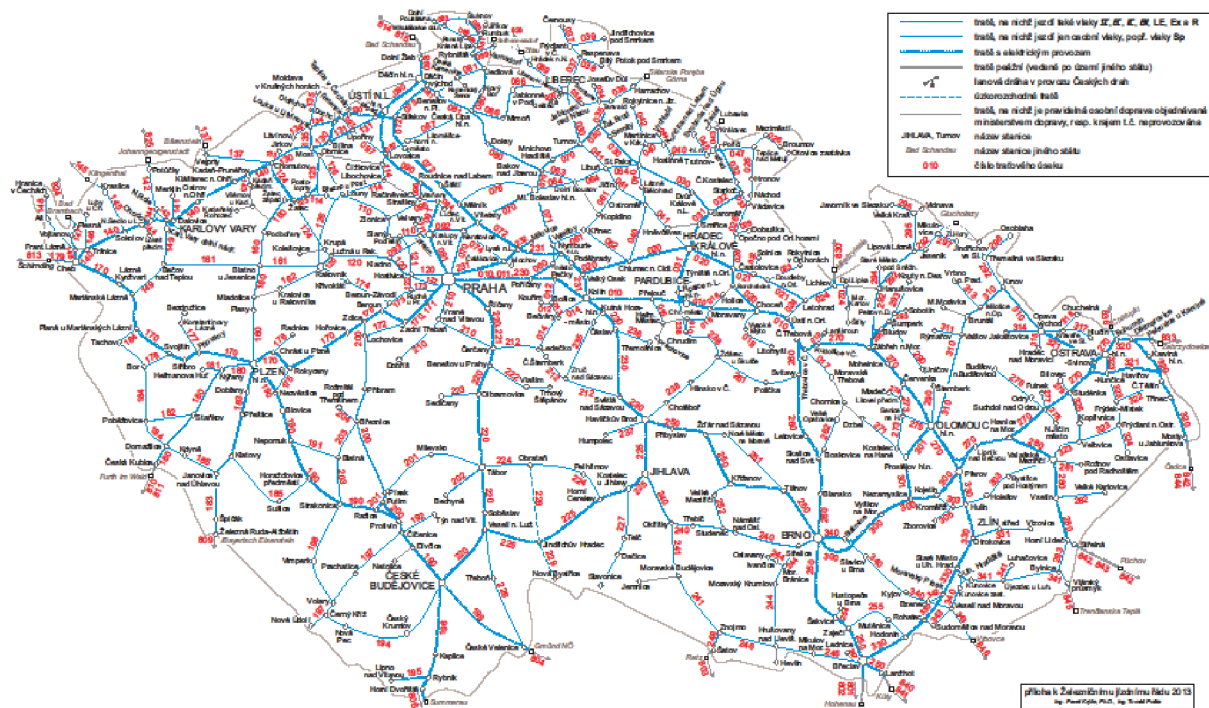
3.2.3 Obecné poznámky

Železniční síť z pohledu dopravy a logistiky tvoří síťový diagram. Síťový diagram (viz Obr. 26) je tvořen hranami a uzly. Hrana je spojnicí dvou uzlů, vždy začíná a končí v uzlu. V případě železniční dopravy je realizován mezistaničním úsekem, nebo se také užívá označení traťové koleje. Uzel představuje místo, kde hrany začínají, spojují se, větví nebo křižují. V železniční terminologii je takové místo nazýváno dopravnou.

Trať je z tohoto hlediska chápána jako množina uzlů a hran, které leží na spojnicí dvou významných hran. V České republice je používané následující označování tratí (viz Obr. 27). Používaný popis sítě uvažuje vztah, že jedna hrana vždy náleží pouze do jedné tratě. Tento systém se mi nejeví jako dostatečně variabilní a proto je v návrhu datového modelu užito vztahu: Hrana může být součástí více tratí a trať je tvořena několika hranami. Pro popis vztahu mezi uzlem a tratí se nabízí použití obdobné konstrukce, tj. uzel může být součástí jedné a více tratí.



Obr. 26 Síťový diagram



Obr. 27 Označení tratí v ČR dle KJŘ (<http://provoz.szdc.cz/portál/Show.aspx?path=/Data/Mapy/kjr.pdf>)

Pro potřeby popisu sítě není popis pomocí hran a uzlů dostatečně podrobný a je tedy nutné se podívat na podrobnější topologické entity.

Hrana se skládá z jedné či více traťových kolejí a zároveň může hrana náležet více tratím. Mnohem složitější je problematika popisu uzlů. Uzel je totiž množinou staničních kolejí a výhybek. Uzel také náleží do více tratí, přičemž jak již bylo uvedeno, trať je množinou uzlů a hran. Pro potřeby pasportizace je tedy nutné zavést další entity kolej a výhybka.

Hrany a uzly přesto zůstávají nezbytnými entitami, ovšem jejich charakter je více prostorový. Jsou tedy při návrhu geodatabáze uvažovány jako třídy – Feature Class typu polygon. Tyto entity byly zatím pouze nastíněny, neboť jejich definice je silně ovlivněna provozními požadavky. Výhodou Feature Class je značná variabilita související s uvedenými požadavky. Polygon je možno pojmout například z hlediska stavebního (hranicí polygonu je výhybka), či z hlediska dopravního (hranicí polygonu je pak návěstidlo).

Popis sítě pomocí entit kolej a výhybka není také dostatečný, jelikož z hlediska údržby je potřeba evidovat také další pasportní údaje. Především se jedná o směrové řešení, které je jedním z klíčových popisných údajů. Kolej a také výhybka je z tohoto pohledu množinou přímých úseků a oblouků. Oblouk může být prostý kružnicový nebo přechodová křivka (přechodnice). Oblouky a přímé úseky mají vždy společnou tečnu a mohou na sebe libovolně navazovat. Tato úvaha vedla k rozhodnutí, že základním topologickým elementem budou směrové poměry.

3.2.4 Popis entit

Entita Trať

Kontejner popisující traťové charakteristiky. Traťové charakteristiky obsahují základní informace o trati, jejím začátku, konci, provozních podmínkách a identifikaci.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
cisloTrať	esriFieldTypeDouble	Unikátní unikátní číselné označení tratě
Vlastnik_id	esriFieldTypeString	Vlastník tratě, FK entita Společnost
Spravce_id	esriFieldTypeString	Správce tratě, FK entita Společnost
zacTraťWgsN	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku tratě – zeměpisná šířka (WGS84)
zacTraťWgsE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku tratě – zeměpisná délka (WGS84)
konTraťWgsN	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce tratě – zeměpisná šířka (WGS84)
zacTraťWgsE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce tratě – zeměpisná délka (WGS84)
prohlaseniES	esriFieldTypeString	Unikátní číslo ES prohlášení o ověření v požadovaném formátu, které je specifikováno v dokumentu „Document about practical arrangements for transmitting interoperability documents“ (ERA/INF/10-2009/INT).
TraťTyp_idc	esriFieldTypeString	Důležitost tratě (hlavní nebo ostatní) a způsob splnění parametrů požadované pro interoperabilitu (novostavba nebo modernizace). Číselník <i>TraťTyp</i>
DopravaTyp_idc	esriFieldTypeString	Indikuje převažující typ dopravy cílového systému resp. základní parametry, viz číselní <i>DopravaTyp</i> .
RozsahTeplot_idc	esriFieldTypeString	Rozsah teplot dle normy EN 50125-1:1999, článek 4.3, pro nechráněný přístup k trati. Viz číselník <i>RozsahTeplot</i> .
DrzneKlima_idc	esriFieldTypeInteger	Klimatické podmínky na trati jsou drsné nebo normální. Sníh, led a kroupy tyto podmínky

		(EN 50125-1:1999, článek 4.6) jsou definované v článku 4.2.6.1.5 CR LOC & PAS TSI. Číselník <i>AnoNe</i> .
--	--	--

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Trat.OBJECTID	Kolej_Trat.Trat_id	esriFieldTypeInteger	Vazebná tabulka
Trat.OBJECTID	Vyhybka_Trat.Trat_id	esriFieldTypeInteger	Vazebná tabulka
Trat.OBJECTID	Staniceni.Trat_id	esriFieldTypeInteger	Staničení je vztaženo k trati
Spolecnost.OBJECTID	Trat.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK
Spolecnost.OBJECTID	Trat.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK

- **Pravidla/Omezení**

- Trať vždy musí obsahovat nejméně jednu kolej a jednu výhybku. Existuje tedy vždy alespoň jeden záznam, pro který platí:

Kolej_Trat.Trat_id = Trat.OBJECTID

Kolej_Vyhybka_id = Trat.OBJECTID

- Každá trať musí mít svého vlastníka a správce. Musí tedy existovat nejméně jeden tento záznam:

Trat.Vlastnik_id = Spolecnost.OBJECTID

Trat.Spravce_id = Spolecnost.OBJECTID

Entita Kolej

Kontejner popisující charakteristiky koleje. Obsahuje především informace týkající se identifikace koleje.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
cisloKol	esriFieldTypeString	Koleje se číslují arabskými čísly. Koleje v širé trati se označují 1 příp. 2 a 0. Staniční koleje – pokračování číselného označení ze širé tratě. Části kolejí ve stanici, které se nachází mezi výhybkami, se označují písmenem za číslem 1a, 1b...

Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Vlastník koleje, FK entita Společnost
Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Správce koleje, FK entita Společnost
uzitecnaDelka	esriFieldTypeInteger	Užitečná délka koleje je délka koleje, sloužící pro umístění vlaku. Užitečná délka koleje je vymezena návěstidly, námezničky, hranicemi izolovaného úseku, výkolejkami, uzávěrami apod. Užitečná délka koleje se uvádí v celých metrech.
DopravniUcelTyp_idc	esriFieldTypeString	Koleje se dělí na koleje traťové, staniční (dopravní a manipulační) a pro zvláštní účely. Číselník DopravniUcelTyp

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Kolej.OBJECTID	Kolej_Trat.Kolej_id	esriFieldTypeInteger	Vazebná tabulka
Kolej.OBJECTID	Element.Kolej_id	esriFieldTypeInteger	Element náleží do koleje
Společnost.OBJECTID	Kolej.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK
Společnost.OBJECTID	Kolej.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK

- **Pravidla/Omezení**

- Kolej vždy musí patřit nejméně do jedné tratě. Existuje tedy vždy alespoň jeden záznam, pro který platí:

Kolej_Trat.Trat_id = Kolej.OBJECTID

- Kolej vždy musí obsahovat nejméně jeden element. Existuje tedy vždy alespoň jeden záznam, pro který platí:

Element.Kolej_id = Kolej.OBJECTID

- Kolej vždy musí mít vlastníka a správce tratě. Musí tedy vždy existovat alespoň jeden záznam, pro který platí:

Kolej.Spravce_id = Spolecnost.OBJECTID

Kolej.Vlastnik_id = Spolecnost.OBJECTID

Entita Vyhybka

Kontejner popisující charakteristiky koleje. Jedná se zejména o údaje identifikační a popisující konstrukci výhybky.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	generovaný klíč, PK
DruhTyp_idc	esriFieldTypeString	Označení druhu konstrukce pro jednotlivé konstrukce se uvádí např. J – jednoduchá výhybka, O – jednoduchá oboustranná výhybka atd. viz číselník <i>DruhTyp</i> .
ZeleznicniSvrsekTyp_idc	esriFieldTypeString	Soustava železničního svršku U výhybek soustav UIC a S 49 2. Generace se v označení soustavy výhybky uvede pouze číslo tj. „60“ nebo „49“ (např. J60-1:9-300 nebo J49-1:9-300) atd viz číselník <i>ZeleznicniSvrsekTyp</i> .
uhelOdboceni	esriFieldTypeString	Úhel odbočení nebo křížení U výhybek, kolejových křížovatek a kolejových spojek se v soustavách UIC 60, R 65, S 49 úhel odbočení nebo křížení vyjádří poměrem (tangenta úhlu); U výhybek, kolejových křížovatek a kolejových spojek v soustavách T (kromě JT-1:9-300), A a ostatních se tento úhel uvede ve stupních; U středu dvojitých kolejových spojek úhel vyznačuje úhel odbočení (křížení) navazující výhybky; U křížovatkových výhybek s obloukovou srdcovkou (srdcovkami) se uvede zlomek, kde před lomítkem je úhel odbočení v části „a“ za lomítkem úhel odbočení v části „b“ (např C60-1:11/9-300 nebo C601-9/9-300 nebo BS49-1:7,5/7,5-190)
polomerZakladni	esriFieldTypeDouble	Poloměr oblouku v konstrukci U oboustranných a dvojitých výhybek stupňové soustavy, které nejsou transformovány, se poloměr v odbočné větvi neuvádí; U ostatních výhybek se vždy uvede poloměr oblouku výhybky v základním tvaru.
polomerHlavni	esriFieldTypeDouble	Poloměr oblouku v konstrukci Pokud je výhybka transformovaná, uvede se poloměr do dopravně významnější koleje

polomerOdocny	esriFieldTypeDouble	Poloměr oblouku v konstrukci Pokud je výhybka transformovaná, uvede se poloměr do dopravně méně významné koleje
TypVyhybky_idc	esriFieldTypeString	Typ výhybek a výhybkových konstrukcí Uvádí se pouze v těch případech, kdy jednotlivé výhybky mají několik typů, které se odlišují od základního tvaru. Význam jednotlivých typů je u výhybek poměrové a stupňové soustavy rozdílný a je dán příslušnými vzorovými listy příslušné konstrukce. Viz číselník <i>TypVyhybky</i> .
ZlabPrazecTyp_idc	esriFieldTypeString	Žlabový pražec Uvede se použití žlabového pražce viz číselní <i>ZlabPrazecTyp</i>
SmerOdboceniTyp_idc	esriFieldTypeString	Směr odbočení Uvádí se podle toho, zda výhybka odbočuje vlevo nebo vpravo od přímého směru nebo od oblouku s větším poloměrem. Viz číselník <i>SmerOdboceniTyp</i> .
PolohaStavZarizeni_idc	esriFieldTypeString	Poloha stavěcího zařízení nebo spráhla závěrů Vyznačuje se, zda přestavnik je na levé či pravé straně výhybky při pohledu proti hrotu jazyka. Viz číselník <i>PolohaStavZarizeni</i> .
ZaverTyp_idc	esriFieldTypeString	Druh závěru viz číselník <i>ZaverTyp</i> .
PrazecDruh_idc	esriFieldTypeString	Druh pražců viz číselník <i>PrazecDruh</i> .
UpevneniDruh_idc	esriFieldTypeString	Druh upevnění viz číselní <i>UpevneniDruh</i> .
SrdcovkaTyp_idc	esriFieldTypeString	Typ srdcovky viz číselník <i>SrdcovkaTyp</i> .
VzdalenostOsKol_idc	esriFieldTypeString	Vzdálenost os kolejí viz číselník <i>VzdalenostOsKol</i> .
DoplInfo_idc	esriFieldTypeString	Doplňující informace viz číselník <i>DoplInfo</i> .
Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Vlastník koleje, FK entita Společnost
Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Správce koleje, FK entita Společnost

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Vyhybka.OBJECTID	Vyhybka_Trat.vyhybka_id	esriFieldTypeInteger	Vazebná tabulka
Vyhybka.OBJECTID	Element.Vyhybka_id	esriFieldTypeInteger	Element náleží výhybce

Společnost.OBJECTID	Vyhybka.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK
Společnost.OBJECTID	Vyhybka.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Entita Spolecnost, FK

- **Pravidla/Omezení**

- Výhybka vždy musí patřit nejméně do jedné tratě. Existuje tedy vždy alespoň jeden záznam, pro který platí:

Vyhybka_Trat.Trat_id = Vyhybka.OBJECTID

- Výhybka vždy musí obsahovat nejméně jeden element. Existuje tedy vždy alespoň jeden záznam, pro který platí:

Element.Vyhybka_id = Kolej.OBJECTID

- Kolej vždy musí mít vlastníka a správce tratě. Musí tedy vždy existovat alespoň jeden záznam, pro který platí:

Vyhybka.Spravce_id = Spolecnost.OBJECTID

Vyhybka.Vlastnik_id = Spolecnost.OBJECTID

Entita Element

Kontejner popisující charakteristiky elementů. Elementy jsou základní prvky směrového řešení. Základní charakteristiky popisují geometrii elementů a prostorovou polohu.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
wgsNS	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku elementu – zeměpisná šířka (WGS84)
wgsNE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce elementu – zeměpisná šířka (WGS84)
wgsES	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku elementu – zeměpisná délka (WGS84)
wgsEE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce elementu – zeměpisná délka (WGS84)
wgsZS	esriFieldTypeDouble	Nadmořská výška (elipsoidická) začátku elementu
wgsZE	esriFieldTypeDouble	Nadmořská výška (elipsoidická) konce elementu
krivostS	esriFieldTypeDouble	Křivost na začátku elementu
krivostE	esriFieldTypeDouble	Křivost na začátku elementu

delka	esriFieldTypeDouble	Délka elementu
tecnaS	esriFieldTypeDouble	Azimut tečny na začátku elementu
tecnaE	esriFieldTypeDouble	Azimut tečny na konci elementu
ElementTyp_idc	esriFieldTypeString	Typ elementu (prvku směrového řešení) viz číselník <i>ElementTyp</i>
prevyseniS	esriFieldTypeInteger	Hodnota převýšení na začátku elementu
prevyseniE	esriFieldTypeInteger	Hodnota převýšení na konci elementu
VzestupniceTyp_idc	esriFieldTypeString	Typ vzestupnice viz číselník <i>VzestupniceTyp</i>
Kolej_id	esriFieldTypeInteger	Element je součástí koleje, FK, entita Kolej
Vyhybka_id	esriFieldTypeInteger	Element je součástí výhybky, FK, entita Vyhybka
vzestupniceDelka	esriFieldTypeDouble	Délka vzestupnice
rychlost	esriFieldTypeInteger	Návrhová rychlost elementu
geometry	esriFieldTypeGeometry	Geometrická prezentace elementu

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Element.Kolej_id	Kolej.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Element je součástí koleje
Element.Vyhybka_id	Vyhybka.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Element je součástí výhybky

- **Pravidla/Omezení**

- Element vždy náleží (je součástí) koleji či výhybce (výhybkové konstrukci), musí tedy existovat jeden z uvedených vztahů:

Element.Kolej_id = Kolej.OBJECTID

Element.Vyhybka_id = Vyhybka.OBJECTID

Entita Staniceni

Kontejner popisující charakteristiky staničení. Především hektometrickou hodnotu, prostorovou polohu a příslušnost k trati.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
Trat_id	esriFieldTypeInteger	Staničení je vázáno na trať, FK, entita Trat
staniceni	esriFieldTypeDouble	Hodnota staničení
wgsN	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice bodu staničení – zeměpisná šířka (WGS84)
wgsE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice bodu staničení – zeměpisná délka (WGS84)

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Staniceni.Trat_id	Trat.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Staničení je vázáno na trať

- **Pravidla/Omezení**

- Staničení je vždy vázáno k určité trati, musí tedy existovat vztah:

Staniceni.Kolej_id = Trat.OBJECTID

Entita Spolecnost

Kontejner popisující charakteristiky společnosti. Korespondenční adresu a telefon.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
nazev	esriFieldTypeString	Název společnosti
ulice	esriFieldTypeString	Sídlo společnosti – ulice a číslo
obec	esriFieldTypeString	Sídlo společnosti – obec
psc	esriFieldTypeString	Sídlo společnosti – poštovní směrovací číslo
telefon	esriFieldTypeString	Kontaktní telefon
SpolecnostTyp_idc	esriFieldTypeString	Typ společnosti viz číselník <i>SpolecnostTyp</i>

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Spolecnost.OBJECTID	Kolej.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Správce koleje
Spolecnost.OBJECTID	Kolej.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Vlastnik koleje
Spolecnost.OBJECTID	Vyhybka.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Správce výhybky
Spolecnost.OBJECTID	Vyhybka.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Vlastnik výhybky
Spolecnost.OBJECTID	Trat.Spravce_id	esriFieldTypeInteger	Správce tratě
Spolecnost.OBJECTID	Trat.Vlastnik_id	esriFieldTypeInteger	Vlastnik tratě

- **Pravidla/Omezení**

- Každá kolej a výhybka má vlastníka a správce, musí tedy existovat následující záznamy:

Společnost.OBJECTID = Kolej.Spravce_id

Společnost.OBJECTID = Kolej.Vlastnik_id

Společnost.OBJECTID = Vyhybka.Spravce_id

Společnost.OBJECTID = Vyhybka.Vlastnik_id

- Pokud všechny koleje a výhybky náležící do jedné tratě mají stejného vlastníka či správce existují tyto záznamy:

Společnost.OBJECTID = Trat.Spravce_id

Společnost.OBJECTID = Trat.Vlastnik_id

Entita VyskovePomery

Kontejner popisující výškové poměry. Výškové poměry popisují podélný profil tj. délky úseků ve sklonu a zaoblení lomu sklonů.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	generovaný klíč, PK
krivostV	esriFieldTypeDouble	Vertikální křivost zaoblení lomu sklonu.
sklonP	esriFieldTypeDouble	Sklon první tečny
sklonN	esriFieldTypeDouble	Sklon druhé tečny
wgsNS	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku zaoblení lomu sklonu – zeměpisná šířka (WGS84)

wgsNE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce zaoblení lomu sklonu – zeměpisná šířka (WGS84)
wgsES	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice začátku zaoblení lomu sklonu – zeměpisná délka (WGS84)
wgsEE	esriFieldTypeDouble	Geografická souřadnice konce zaoblení lomu sklonu – zeměpisná délka (WGS84)
wgsZS	esriFieldTypeDouble	Nadmořská výška (elipsoidická) začátku zaoblení lomu sklonu
wgsZE	esriFieldTypeDouble	Nadmořská výška (elipsoidická) konce zaoblení lomu sklonu
delkaP	esriFieldTypeDouble	Délka první tečny
delkaN	esriFieldTypeDouble	Délka druhé tečny
Kolej_id	esriFieldTypeInteger	Výškové poměry koleje, FK, entita Kolej
Vyhybka_id	esriFieldTypeInteger	Výškové poměry výhybky, FK, entita Vyhybka

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
VyskovePomery.Kolej_id	Kolej.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Výškové poměry koleje
VyskovoPomery.Vyhybka_id	Vyhybka.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Výškové poměry výhybky

- **Pravidla/Omezení**

- Výškové poměry náleží vždy koleji či výhybce, musí tedy existovat jeden z uvedených vztahů:

VyskovePomery.Kolej_id = Kolej.OBJECTID

VyskovePomery.Vyhybka_id = Vyhybka.OBJECTID

Entita Kolejnice

Kontejner popisující kolejnice. Popis obsahuje základní vlastnosti kolejnic jako např. tvar kolejnice. Je výhodné při plnění daty určit minimální délku kolejnice, kterou budeme sledovat a ojedinělé změny v této délce budeme ignorovat a uvede se pouze převládající tvar. S výjimkou speciálních případů.

- **Atributy**

Název	Typ	Popis
OBJECTID	esriFieldTypeOID	Generovaný klíč, PK
Kolej_id	esriFieldTypeInteger	Kolejnice je součástí koleje, FK, entita Kolej
Tvar_idc	esriFieldTypeString	Profil kolejnice dle ČSN EN 13674-1 viz číselník <i>Tvar</i>
TridaOcel_idc	esriFieldTypeString	Třídy oceli v souladu s EN 10027-1 a EN 10027-2 viz číselník <i>TridaOcel</i>
StavVlozeni_idc	esriFieldTypeString	Stav při vložení do koleje viz <i>StavVlozeni</i>
rokVyroby	esriFieldTypeInteger	Rok výroby kolejnice
rokVlozeni	esriFieldTypeInteger	Rok vložení kolejnice
KolejnicePas_idc	esriFieldTypeSingle	Poloha kolejnicového pasu v koleji (ve směru staniční) viz <i>KolejnicePas</i>

- **Vztahy**

Vazba Co	Vazba Kam	Typ	Popis
Kolejnice.Kolej_id	Kolej.OBJECTID	esriFieldTypeInteger	Kolejnice náležící koleji

- **Pravidla/Omezení**

- Popis použitých kolejnic náleží vždy koleji, musí tedy existovat vztah:

Kolejnice.Kolej_id = Kolej.OBJECTID

3.2.5 Popis číselníků

Číselník TraťTyp

Číselník typů tratí dle technických specifikací pro interoperabilitu uvádí důležitost tratě (hlavní nebo ostatní) a dále jedná-li se o novostavbu či rekonstruovanou trať.

Název	Kód	Popis
Kategorie I	katI	Zvláště vybudované vysokorychlostní tratě vybavené pro rychlosti zpravidla 250 km/h nebo vyšší.
Kategorie II	katII	Zvláště modernizované vysokorychlostní tratě pro rychlosti v řádu 200 km/h.
Kategorie III	katIII	Zvláště modernizované vysokorychlostní tratě nebo zvláště vybudované vysokorychlostní tratě se zvláštními vlastnostmi danými topografickými, terénními, ekologickými nebo urbanistickými omezeními, jimž musí být rychlost v každém jednotlivém případě přizpůsobena.
Kategorie IV	katIV	Konvenční železniční tratě s výkonnostními parametry viz Tab. 6
Kategorie V	katV	Konvenční železniční tratě s výkonnostními parametry viz Tab. 6
Kategorie VI	katVI	Konvenční železniční tratě s výkonnostními parametry viz Tab. 6
Kategorie VII	katVII	Konvenční železniční tratě s výkonnostními parametry viz Tab. 6

TSI kategorie tratí		Druhy dopravy		
		Osobní doprava (P)	Nákladní doprava (F)	Smíšená doprava (M)
Typ tratě	Nová trať TEN (IV)	IV-P	IV-F	IV-M
	Modernizovaná hlavní trať TEN (V)	V-P	V-F	V-M
	Nová trať TEN (VI)	VI-P	VI-F	VI-M
	Modernizovaná trať TEN (VII)	VII-P	VII-F	VII-M

Tab. 5 TSI kategorie tratí subsystému "infrastruktura" konvenčního železničního systému [27]

		Obrys vozidla	Hmotnost na nápravu [t]	Trat'ová rychlost [hm/h]	Délka vlaku [m]
TSI kategorie tratí	IV-P	GC	22,5	200	400
	IV-F	GC	25	140	750
	IV-M	GC	25	200	750
	V-P	GB	22,5	160	300
	V-F	GB	22,5	100	600
	V-M	GB	22,5	160	600
	VI-P	GB	22,5	140	300
	VI-F	GC	25	100	500
	VI-M	GC	25	140	500
	VII-P	GA	20	120	250
	VII-F	GA	20	100	500
	VII-M	GA	20	120	500

Poznámky: (P) = osobní doprava, (F) = nákladní doprava, (M) = smíšená doprava, obrysy GA, GB, GC odpovídají definici uvedené v normě EN 15273-3:2009 příloha C

Tab. 6 Výkonnostní parametry TSI kategorie tratí [27]

Číselník DopravaTyp

Číselník typů dopravy dle technických specifikací pro interoperabilitu. Označuje určení tratě z pohledu provozované dopravy.

Název	Kód	Popis
Passenger	osobni	Tratě určené pro osobní dopravu.
Freight	nakladni	Tratě určené pro nákladní dopravu.
Mixed	smisena	Tratě se smíšeným provozem.

Číselník Rozsah Teplot

Číselník rozsahu teplot je podle požadavků RINF [28]. Rozsah teplotních pásem jsou stanoveny normou EN 50125-1:1999, článek 4.3, pro nechráněný přístup k trati.

Název	Kód	Popis
-25°C až + 40°C	T1	Teplotní pásmo 1 rozsah teplot (-25°C až + 40°C).
-25°C až + 40°C	T2	Teplotní pásmo 2 rozsah teplot (-40°C až + 35°C).
-25°C až + 40°C	T3	Teplotní pásmo 3 rozsah teplot (-25°C až + 45°C).
-25°C až + 40°C	T4	Teplotní pásmo 4 rozsah teplot (-40°C až + 50°C).

Číselník Druh Konstrukce

Číselník označení druhů konstrukce výhybek a výhybkových konstrukcí. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci.

Název	Kód	Popis
Jednoduchá vyhybka v základním tvaru	J	Jednoduchá vyhybka v základním tvaru
Jednoduchá oboustranná vyhybka (stup)	O	Jednoduchá oboustranná vyhybka (u stupňové soustavy)
Jednoduchá oblouková vyhybka jednostranná	Obl-j	Jednoduchá oblouková vyhybka jednostranná
Jednoduchá oblouková vyhybka oboustranná	Obl-o	Jednoduchá oblouková vyhybka oboustranná
Jednoduchá symetrická vyhybka	S	Jednoduchá symetrická vyhybka
Dvojitá vyhybka	D	Dvojitá vyhybka
Celá křížovatkova vyhybka	C	Celá křížovatkova vyhybka
Poloviční křížovatkova vyhybka	B	Poloviční křížovatkova vyhybka
Kolejova křížovatka	K	Kolejová křížovatka
Střední část kolej spojky oddělené přídržnicí	DKS	Střední část dvojitě kolejové spojky s jednoduchými srdcovkami s oddělenými přídržnicemi
Střední část kolej spojky prodloužené kol	DKSI	Střední část dvojitě kolejové spojky s jednoduchými srdcovkami s prodlouženými křídlovými kolejnicemi (dřívější variantní úprava vyráběná do roku 1987)

Číselník DopravníUcel

Číselník typů dopravního účelu kolejí. Dopravní účel koleje značení způsob užívání koleje a je dán provozní a dopravní technologií.

Název	Kód	Popis
Dopravní kolej	dopravní	Dopravní koleje jsou určeny pro vjezdy vlaků do stanice a odjezdy z ní. Pokračováním traťových kolejí mezi kolejovými rozvětvenými na zhlavích železničních stanic jsou koleje hlavní. Koleje předjízdny slouží k předjíždění a křížování vlaků.
Manipulační kolej	manipulační	Koleje manipulační jsou koleje: odstavné koleje, sloužící k odstavování vozů výtažné koleje, které jsou kusé a jsou zapojeny do kolejí tak, aby bylo možno na ně zajíždět s vozy, kterými má být manipulováno seřadovací, které slouží k třídění souprav vlaků čekací koleje spojovací koleje, které spojují části železničních stanic lokomotivní koleje pro jízdu hnacích vozidel objízdny koleje pro objíždění souprav vozů hnacími vozidly nakládací a vykládací překládkové poštovní - správkové, dezinfekční a čistící
Tratová kolej	tratové	Koleje traťové jsou koleje v širé trati (spojují dopravní s kolejovým rozvětvením).
Kolej pro zvláštní účely	zvláštní	Koleje pro zvláštní účely jsou: Koleje odvrátne, které mají zabránit střetu vlaků nebo posunujících dílů; koleje záchytné, odbočující z traťové koleje pod dlouhým a strmým spádem, ochraňující obsazené vlakové cesty před najetím vozidlem, konce odvrátne a záchytných kolejí se opatřují zarážedly zemními, betonovými nebo kolejnicovými vlečkové koleje, určené pro předávání a manipulaci s vozy vlečkaře.

Číselník ZeleznicniSvrsekTyp

Číselník typů soustav železničního svršku. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci.

Název	Kód	Popis
Soustava UIC 60 2. generace	60	U výhybek soustavy UIC 60 2. generace se v označení výhybky uvede pouze číslo, tj. „60“ (např. J60-1:9-300).
Soustava S 49 2. generace	49	U výhybek soustavy S 49 2. generace se v označení výhybky uvede pouze číslo, tj. „49“ (např. J49-1:9-300).
Soustava R 65 1. generace	R65	U výhybek soustavy R 65 1. generace se uvede zkratka používaná pro železniční svršek (např. JR65-1:9-300).
Soustava S 49 1. generace	S49	U výhybek soustavy S 49 1. generace se uvede zkratka používaná pro železniční svršek (např. JS49-1:9-300).
Soustava T	T	U výhybek soustavy T se uvede zkratka používaná pro železniční svršek (např. JT-1:9-300).
Soustava A	A	U výhybek soustavy A se uvede zkratka používaná pro železniční svršek.

Číselník SpolecnostTyp

Číselník typů společnosti. Společnost může být vlastníkem či správcem dané entity.

Název	Kód	Popis
Vlastnik	vlastnik	Vlastník objektu
Spravce	spravce	Správce objektu

Číselník VzestupniceTyp

Číselník typů vzestupnice. Číselník obsahuje typy vzestupnic, které jsou v dnešní době běžně užívané.

Název	Kód	Popis
Linearni	linearni	Vzestupnice s lineárním průběhem převýšení
Blossova vzestupnice	bloss	Vzestupnice s nelineárním průběhem převýšení – Blossova vzestupnice

Číselník ElementTyp

Číselník typů elementu. Číselník obsahuje typy elementů, které jsou v dnešní době běžně užívané.

Název	Kód	Popis
Kružnicový oblouk	oblouk	Kružnicový oblouk
Prima	prima	Přímá
Klotoida	klotida	Křivka s lineárním nárůstem křivosti – klotoida
Blossova prechodnice	bloss	Křivka s nelineárním nárůstem křivosti – Blossova prechodnice

Číselník ZlabPrazecTyp

Číselník typů žlabových pražců. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Zlabovy prazec	zl	Použití žlabového pražce ve výhybce se vyznačí malými písmeny „zl“
Zlabovy prazec prirubovy	zlp	Použití přírubového žlabového pražce ve výhybce se vyznačí malými písmeny „zlp“

Číselník PolohaStavZarizeni

Číselník poloh přestavníku nebo výměníku. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Přestavnik vpravo	l	Značí se: „l“ přestavník nebo výměník vlevo. U křižovatkových výhybek se poloha přestavníku nebo výměníku posuzuje z pohledu proti hrotu jazyka výměny označené písmenem „a“.
Přestavnik vlevo	p	Značí se: „p“ přestavník nebo výměník vpravo. U křižovatkových výhybek se poloha přestavníku nebo výměníku posuzuje z pohledu proti hrotu jazyka výměny označené písmenem „a“.

Číselník ZaverTyp

Číselník typů závěrů. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Celistovy zaver AZD	CZ	Čelistový závěr AŽD
Hakovy zaver	HZ	Hákový závěr
Rybinovy zaver	RZ	Rybinový závěr

Číselník TypVyhybky

Číselník typů výhybek. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Typ I	I	Jednoduché výhybky poměrové nebo stupňové soustavy se označují římský číslicemi I nebo II na základě vzorových listů.
Typ II	II	Jednoduché výhybky poměrové nebo stupňové soustavy se označují římský číslicemi I nebo II na základě vzorových listů.
PHS	PHS	Jednoduchá výhybka s pohyblivými částmi v srdcovce se označuje PHS (pohyblivé hroty ve dvojitéch srdcovkách křížovatkových výhybek tvaru 1:11-300 jsou již dány úhlem odbočení výhybky a zvlášť se nevyznačují)
Typ III	III	Jednoduché výhybky stupňové soustavy se označují římský číslicemi I, II, III, IV na základě vzorových listů.
Typ IV	IV	Jednoduché výhybky stupňové soustavy se označují římský číslicemi I, II, III, IV na základě vzorových listů.
Upravena	U	U výhybek, u nichž je proti základnímu tvaru upravena velikost úhlu odbočení (skutečný úhel odbočení neodpovídá poměru v označení výhybky, se uvede typ U (např. výhybka J60-1:11-300 s úhlem odbočení 5°05' se označí J60-1:11-300-U)

Číselník StavVlozeni

Číselník používaných stavů při vložení. Označuje zda-li byla vložena konstrukce nová či užitá.

Název	Kód	Popis
Uzity	uzity	Užitý materiál
Novy	novy	Nový materiál

Číselník SmerOdboceni

Číselník směrů odbočení. Větve výhybkových konstrukcí mohou odbočovat v níže uvedeném přehledu. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Vlevo	L	Označuje se „L“ pro odbočení vlevo. U dvojitých kolejových spojek, křižovatkových výhybek a kolejových křižovatek se tento údaj neuvádí.
Vpravo	P	Označuje se „P“ pro odbočení vpravo. U dvojitých kolejových spojek, křižovatkových výhybek a kolejových křižovatek se tento údaj neuvádí.
Vlevo vlevo dvojitá vyhybka	LL	U dvojitých výhybek se směr odbočení vyznačuje dvěma písmeny v pořadí odpovídajícím sledu odbočujících větví. Křižovatková výhybka a kolejová křižovatka stupňové soustavy se označí jako levá (resp. pravá), pokud při pohledu proti hrotu jednoduché srdcovky je delší levá (resp. pravá) větev. U křižovatkových výhybek se obloukovou srdcovkou (resp. srdcovkami) poměrové soustavy se uvede směr odbočení v srdcovce (resp. srdcovkách)
Vlevo vpravo dvojitá vyhybka	LP	U dvojitých výhybek se směr odbočení vyznačuje dvěma písmeny v pořadí odpovídajícím sledu odbočujících větví. Křižovatková výhybka a kolejová křižovatka stupňové soustavy se označí jako levá (resp. pravá), pokud při pohledu proti hrotu jednoduché srdcovky je delší levá (resp. pravá) větev. U křižovatkových výhybek se obloukovou srdcovkou (resp. srdcovkami) poměrové soustavy se uvede směr odbočení v srdcovce (resp. srdcovkách)
Vpravo vpravo dvojitá vyhybka	PP	U dvojitých výhybek se směr odbočení vyznačuje dvěma písmeny v pořadí odpovídajícím sledu odbočujících větví. Křižovatková výhybka a kolejová křižovatka stupňové soustavy se označí jako levá (resp. pravá), pokud při pohledu proti hrotu jednoduché srdcovky je delší levá (resp. pravá) větev. U křižovatkových výhybek se obloukovou srdcovkou (resp. srdcovkami) poměrové soustavy se uvede směr odbočení v srdcovce (resp. srdcovkách)
Vpravo vlevo dvojitá vyhybka	PL	U dvojitých výhybek se směr odbočení vyznačuje dvěma písmeny v pořadí odpovídajícím sledu odbočujících větví. Křižovatková výhybka a kolejová křižovatka stupňové soustavy se označí jako levá (resp. pravá), pokud při pohledu proti hrotu jednoduché srdcovky je delší levá (resp. pravá) větev. U křižovatkových výhybek se obloukovou srdcovkou (resp. srdcovkami) poměrové soustavy se uvede směr odbočení v srdcovce (resp. srdcovkách)

Číselník PrazecDruh

Číselník druhů pražců. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury. Jiné typy pražců se na našem území běžně neupoužívají.

Název	Kód	Popis
Betonove prazce	b	Betonové pražce
Drevene prazce	d	Dřevěné pražce
Ocelove prazce	oc	Ocelové pražce

Číselník UpevneniDruh

Číselník druhů upevnění. Vychází z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Tuhe sverky ZS 4	K	Tuhé svěrky ŽS 4
Pruzne sverky Skl 12(24)	KS	Pružné upevnění se svěrkami Skl 12
Pruzne spony Pandrol	Ke	Pružné upevnění se sponami Pandrol
Tuhe sverky VT 2	VT	Tuhé upevnění se svěrkami VT 2
Tuhe sverky nebo R	RT	Tuhé upevnění převážně se svěrkami T nebo R

Číselník SrdcovkaTyp

Číselník typů srdcovek. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci. Vychází také z předpisů provozovatele infrastruktury.

Název	Kód	Popis
Monoblok nezpevnena	ZPT	Monoblok – srdcovka z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, nezpevněná výbuchem
Monoblok zpevnena	ZPTZ	Monoblok – srdcovka z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, zpevněná výbuchem
Zkraceny monoblok nezpevneny	ZMM	Zkrácený monoblok – srdcovka z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, nezpevněná výbuchem
zkraceny monoblok zpevneny	ZMMZ	Zkrácený monoblok – srdcovka z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, zpevněná výbuchem
Kovany klin s nadvysenim	SK	Srdcovka s kovaným tepelně zpracovaným klínem a nadvýšenými tepelně zpracovanými křídlovými kolejnicemi v oblasti přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot klínu a naopak.

Kovany klin bez nadvyseni	SKI	Srdcovka s kovaným hrotem klínu, s křídlovými kolejnicemi bez nadvýšení, s tepelně zpracovaným klínem a křídlovými kolejnicemi v oblasti přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot klínu a naopak.
Plnoprofil nadvyseni	SPK	Srdcovka s hrotem klínu z plnoprofilové kolejnice s nadvýšeními překovanými zpracovanými křídlovými kolejnicemi, s tepelně opracovaným klínem a křídlovými kolejnicemi v oblasti přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot klínu a naopak.
Plnoprofil bez nadvyseni	SPKI	Srdcovka s hrotem klínu z plnoprofilové kolejnice, s křídlovými kolejnicemi v oblasti přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot klínu a naopak.
Dvojitá srdcovka kovany klin nadvyseni	DSK	Dvojitá srdcovka s kovanými tepelně opracovanými klíny a s nadvýšenou tepelně zpracovanou kolenovou kolejnicí v oblasti přechodu kola z kolenové kolejnice na hrot klínu a naopak.
Dvojitá srdcovka kovany klin bez nadvyseni	DSKI	Dvojitá srdcovka s kovanými tepelně zpracovanými klíny s nenadvýšenou kolenovou kolejnicí tepelně zpracovanou v oblasti přechodu kola z kolenové kolejnice na hrot klínu a naopak (např. u DKS49-1:9-190, C49(60)-1:9-190).
Montova bez nadvyseni	ZP	Montovaná srdcovka z kolejnic bez nadvýšení křídlových kolejnic
Montovana s nadvysenim	ZPN	Montovaná srdcovka z kolejnic s nadvýšenými křídlovými kolejnicemi
Dvojitá montovana bez nadvyseni	DZP	Dvojitá srdcovka montovaná z kolejnic bez nadvýšení kolenové kolejnice
Zkraceny monoblok bainiticka ocel	ZMB	Zkrácený monoblok – srdcovka z odlévané bainitické oceli Lo8CrNiMO
Insert nezpevnena	VA	Srdcovka se střední částí z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, nezpevněná výbuchem. Křídlové kolejnice jsou odlitkem spojeny VP svorníky.
Insert zpevnena	VAZ	Srdcovka se střední částí z odlévané oceli s vysokým obsahem manganu, zpevněná výbuchem. Křídlové kolejnice jsou s odlitkem spojeny VP svorníky.
VARIO	VR	Montovaná srdcovka s klínem svařeným s přípojnými kolejnicemi a nadvýšenými (navářenými) křídlovými kolejnicemi spojenými VP svorníky.
WBG Brandenburg	VRB	Montovaná srdcovka (WBG Brandenburg) s klínem svařeným s přípojnými kolejnicemi a nadvýšenými křídlovými kolejnicemi spojenými VP svorníky.

Číselník VzdalenostOsKol

Číselník vzdáleností os kolejí. Osové vzdání pro kolejové spojky se běžně navrhuji pro staniční osovou vzdálenost 4,75 a 5,00 metů.

Název	Kód	Popis
4,75	4,75	Vzdálenost kolejí ve dvojitě kolejové spojce je 4,75 m.
5,00	5,00	Vzdálenost kolejí ve dvojitě kolejové spojce je 5,00 m.

Číselník AnoNe

Číselník pravda/ nepravda.

Název	Kód	Popis
Ano	0	Ano.
Ne	1	Ne

Číselník DoplnInfo

Číselník doplňujících informací. Tento číselník respektuje označování výhybek běžně užívané v projektové dokumentaci.

Název	Kód	Popis
Jazyk z HSH	JPH	Jazyky z materiálu HSH u výhybek soustavy UIC 60 (dodávané do roku 2001 včetně)
Jazyk a opornice zpevneny	JPP	Jazyky a opornice s pojízdnými plochami zpevněnými tepelným zpracováním (perlitizováním, dodávaná od roku 2002)
(1:40)	K	U výhybek a výhybkových konstrukcí s kalibrovaným profilem hlavy kolejnic do tvaru K(1:40)
konstrukce ve dvojitě kol spojce	komb	U výhybek a výhybkových konstrukcí používaných ve dvojitě kolejové spojce.

Číselník Tvar

Číselník profilu kolejnic dle ČSN EN 13674-1.

Název	Kód	Popis
46 E 1	46E1	Profil 46 E 1
46 E 2	46E2	Profil 46 E 2
46 E 3	46E3	Profil 46 E 3
46 E 4	46E4	Profil 46 E 4
49 E 1	49E1	Profil 49 E 1
49 E 2	49E2	Profil 49 E 2
49 E 5	49E5	Profil 49 E 5
50 E 1	50E1	Profil 50 E 1
50 E 2	50E2	Profil 50 E 2
50 E 3	50E3	Profil 50 E 3
50 E 4	50E4	Profil 50 E 4
50 E 5	50E5	Profil 50 E 5
50 E 6	50E6	Profil 50 E 6
52 E 1	52E1	Profil 52 E 1
54 E 1	54E1	Profil 54 E 1
54 E 2	54E2	Profil 54 E 2
54 E 3	54E3	Profil 54 E 3
54 E 4	54E4	Profil 54 E 4
54 E 5	54E5	Profil 54 E 5
55 E 1	55E1	Profil 55 E 1
56 E 1	56E1	Profil 56 E 1
60 E 1	60E1	Profil 60 E 1
60 E 2	60E2	Profil 60 E 2

Číselník TřídaOcel

Číselník tříd oceli v souladu s EN 10027-1 a EN 10027-2.

Název	Kód	Popis
R200	R200	Třída oceli R200
R220	R220	Třída oceli R220
R260	R260	Třída oceli R260
R260Mn	R260Mn	Třída oceli R260Mn
R320Cr	R320Cr	Třída oceli R320Cr
R350HT	R350HT	Třída oceli R350HT
R350LHT	R350LHT	Třída oceli R350LHT
R370CrHT	R370CrHT	Třída oceli R370CrHT
R400HT	R400HT	Třída oceli R400HT

Číselník KolejnicePas

Číselník polohy kolejnicového pasu v koleji (ve směru staničení).

Název	Kód	Popis
Levy	L	Kolejnicový pás vlevo
Pravy	P	Kolejnicový pás vpravo

3.3 Metodika návrhu systému v prostředí GIS nad datovým modelem

V uplynulých dvaceti letech bylo provedeno mnoho pokusů formalizovat tvorbu informačního systému a zavést univerzální metodiku, která zlepší relativně nepříznivou bilanci jeho tvorby, kdy se ukazuje, že přinejmenším 60% projektů tohoto typu je neúspěšných. Mnoho jich skončí již ve fázi návrhu nebo implementace, mnoho dokončených informačních systémů není přijato managementem nebo uživateli, jedno však mají společné – v každém případě spotřebují velmi mnoho zdrojů ať již lidských nebo technických. Tato práce nemůže být projektem informačního systému pro některé aspekty železniční dopravy, ukazuje spíše koncepční a technologické prvky, které mohou tvorbu systému učinit více univerzální a v konečném důsledku ji zjednodušit a urychlit. Přesto zde uvedu několik důležitých současných poznatků o projektovém řízení tvorby informačních systémů, neboť ovlivňují v práci uváděné návrhy.

Ve všech metodikách se shodně konstatuje, že projekt informačního systému má určité podstatné etapy, které nelze vynechat, a jejichž dopad na výsledek má různou váhu. Posloupnost jednotlivých fází bývá označována jako životní cyklus informačního systému, který obsahuje zejména následující etapy:

- Analýza požadavků
- Plán projektu
- Návrh systému
- Realizační dokumentace
- Plán testování a protokol o provedených testech
- Výsledný kód
- Školení, údržba, reklamace, ...

Jednotlivé návrhy metodik je liší přístupem k možné evoluci systému tak, aby bylo možné provádět dynamické změny jak v procesu návrhu a vývoje, tak při nasazení v ostrém provozu.

Analýza požadavků

- Analýza požadavků se provádí s cílem pochopit problém, který má systém vyřešit (např. problém automatizace stávajícího manuálního procesu). Důraz je kladen na určení, *co* musí systému splňovat, nikoli *jak* dosáhnout cílů. Je zřejmé, že v našem případě se jedná o jednotnou správu dat a možnosti jejich interpretace v grafickém prostředí.
- V této fázi je třeba vyřešit všechny problémy nekompatibility uživatelů a vývojářů. Komunikační propast mezi zadavateli kvalifikovanými v oblasti potřebných informací a technickými tvůrci systému je třeba překlenout již v této fázi. Vzájemné nepochopení obou skupin je obvykle fatální.

- Výstupem této fáze je obvykle dokument popisující všechny požadavky. Osobou odpovědnou za analýzu požadavků je systémový analytik, který musí pochopit problematiku a její kontext, formalizuje a zobecňuje požadavky kladené na systém. Moderování sběru požadavků zahrnuje také vyřazení irelevantních nebo příliš nákladných požadavků, které vybočují z celkové koncepce.
- Výsledný dokument musí uvádět všechny funkční a výkonnostní požadavky, formáty vstupů, výstupů a veškeré požadované standardy a všechna omezení, která vystupují v důsledku politického, ekonomického a bezpečnostního prostředí.
- Fáze končí auditem výstupního dokumentu. Základním účelem tohoto ověření je zajistit, že požadavky uvedené v dokumentu odrážejí skutečné požadavky a potřeby a že jsou specifikovány všechny a úplně. Audit provádí nezávislá skupina, v níž je obvykle zastoupen i zadavatel, resp. klient.

Fáze návrhu

- De facto plán řešení problému specifikovaného dokumentem požadavků.
- Výstupem této fáze je návrh dokumentu, který je používán později v průběhu implementace, testování a údržby.
- Projektová činnost je často rozdělena do dvou samostatných fází – návrh systému a prováděcí projekt.
- V průběhu návrhu (top-level design) se specifikují moduly, z nichž se systém bude skládat a popíše se jejich vzájemné působení.
- Detailní návrh (prováděcí projekt) určí vnitřní logiku jednotlivých modulů uvedených v návrhu systému, hlavní datové struktury a algoritmické konstrukce jednotlivých modulů.
- Logika modulu je obvykle popsána schematicky (high-level design description language) a je nezávislá na cílovém jazyce, ve kterém bude systém nakonec realizován.
- V rámci systematického přístupu k tvorbě návrhu se používají dva základní principy – rozdělení problému na relativně samostatné části a abstrakce. Velký systém nelze řešit jako celek, a tak je pro účely návrhu rozdělen na menší systémy. Projektová činnost se pak zaměřuje na jednu část systému, která však spolupracuje s ostatními částmi systému. Jasná představa o vzájemném působení všech částí je zásadní a proto definujeme celkové chování na abstraktní úrovni, aniž bychom se zabývali interními detaily.
- Při návrhu části systému musíme pochopit pouze abstrakci ostatních částí, s nimiž daná část komunikuje. Použití abstrakce umožňuje praxi "rozděl a panuj".
- Stejně jako každá jiná fáze, i fáze návrhu by měla končit auditem (ověřovacím procesem). Pokud návrh není přímo spustitelný (většinou), musí být provedeno

posouzení projektové dokumentace. Obvykle se vyžadují alespoň dva nezávislí auditoři – jeden pro top-level návrh systému a jeden pro detailní návrh.

Fáze kódování

- Oproti návrhu je většinou již přímočará. Představa, že programování je ústřední činností při vývoji softwaru, panuje do značné míry dodnes (programování bylo a je považováno za obtížný úkol, resp. "umění"). Důsledkem tohoto názoru je podcenění ostatních fází vývoje, což má opět obvykle fatální důsledky. Nevhodný návrh nelze sofistikovanými algoritmy a technikami obvykle vykompenzovat.
- Snížení nákladů v této fázi lze dosáhnout důrazem na maximální transparentnost a jednoduchost. Tomu napomáhají různé techniky – metoda strukturovaného programování, objektově-orientované programování apod.

Testovací fáze

- Cílem testování je odhalit chyby analýzy, návrhu i kódování. Proto probíhá testování obvykle v různých úrovních.
- Nejprve se provádějí testy různých částí modulu pro detekci chyb v kódu. Pak jsou postupně integrovány do subsystémů (integrační testy), které jsou pak dále spouštěny tak, že nakonec tvoří celý systém.
- Součástí testů je ověření, zda jsou splněny všechny požadavky analýzy.
- Pro úspěšné testování je zásadní správný výběr testovacích případů – požívá se přístup funkčního a strukturálního testování. Při funkčním testování se s moduly zachází jako s černou skříňkou. Důraz je kladen na testování vnějšího chování systému. V strukturálním testování jsou testovací příklady vybrány na základě logiky modulů. Strukturální testování se používá pro nižší úroveň testování a funkční testování se používá pro vyšší úroveň.
- Testování je velmi kritická a časově náročná činnost, je nutné řádné plánování celého procesu testování. Výstupem by měl být dokument, který uvádí všechny testované případy spolu s očekávanými výstupy. Během testování je skutečný výsledek porovnáván s očekávaným výstupem.
- Testovací zpráva obsahuje popis testovacích případů a výsledek jejich provedení, chybová zpráva popisuje chyby a opatření přijatá k jejich odstranění.

Náklady v rámci životního cyklu se rozdělují na jednotlivé etapy zhruba takto: analýza – 10%, návrh – 20%, kódování – 20%, testování – 50% (přesná čísla se samozřejmě budou lišit podle organizace a typu projektu). Je tedy efektivnější snížit náklady na testování a údržbu, na úkor zvýšení nákladů na návrh a kódování. Náklady na testování a údržbu mohou být výrazně sníženy, pokud je software dobře navržen a implementován.

Chyby odhalené při testování se přirozeně vyskytují v celém procesu vývoje. Nicméně náklady na opravy jednotlivých fází nejsou stejné a závisí na tom, kdy bude chyba zjištěna a opravena. Lze očekávat, že čím větší zpoždění při odhalování chyb, tím dražší bude

náprava. Chyba, které nastane v průběhu analýzy, je-li opravena až po dokončení kódování, může stát mnohonásobně více, než oprava chyby ve stejné fázi, kde vznikla.

Ve skutečnosti je testování často jediným místem, kde se zjišťují chyby. Pokud kvůli omezení nákladů navíc zredukujeme testování, bude výsledkem nespolehlivý software. Detekce a oprava chyb by měla být kontinuální proces, který probíhá v celém procesu vývoje. Z hlediska životního cyklu to znamená, že bychom se měli pokusit ověřit každou fázi před zahájením další.

Svěření prezentace dat systému GIS automaticky eliminuje chyby, které by mohly vzniknout v kódovací fázi. Za tuto výhodu bude výsledný systém omezen na funkcionalitu poskytovanou zvoleným prostředím, což však nevádí vzhledem k pokročilým vlastnostem zvolené GIS platformy.

3.3.1 Základní moduly návrhu

Navzdory převzetí modulární koncepce z prostředí GIS i zde zůstávají v platnosti zásady životního cyklu. V našem případě je zapotřebí provést dekompozici systému na relativně nezávislé moduly tak, aby vyhovovaly předmětové oblasti a nenarušovaly strukturální koncepci platformy.

Modul správy dat

Pro plnění systému daty je zapotřebí vytvořit rozhraní pro vytváření záznamů v jednotlivých tabulkách s respektováním hodnot v číselnících a vazebních pravidel. Přitom je vhodné vynutit dodržování pravidel již na úrovni SRBD – pomocí nástrojů pro omezení (constraints), obecná pravidla (business rules) a vazby pomocí cizích klíčů. Pro složitější pravidla je vhodné vytvořit sadu uložených procedur (stored procedures), které na základě datových formulářů zformulují výsledný SQL dotaz typu DML (UPDATE, INSERT, DELETE), kdy zkontrolují potřebné náležitosti. V systému MS SQL jsou primárně uložené procedury tvořeny v jazyce T-SQL, který je tvořen rozšířeným standardem SQL '92 doplněným o konstrukce pro řízení běhu (podmíněný příkaz, cyklus apod.).

Příkladem může být např. zařazení nové přechodnice do soustavy kolejí, kdy je třeba zkontrolovat, zda její parametry vyhovují potřebným normám a zda správně navazuje na stávající úseky.

V některých implementacích informačních systémů je vyžadováno, aby každá změna dat probíhala prostřednictvím uložené procedury v explicitním transakčním režimu. Tento přístup je v případě malé frekvence změny dat opodstatněný. V našem případě je však daleko důležitější, že na počátku provozu systému je nutné provést import dat z heterogenních stávajících datových zdrojů, kde omezení na vstup dat spíše brání jejich rychlému naplnění (podle mediálních indicií je toto jedním z hlavních problémů současného registru vozidel).

Je zřejmé, že naplnění tabulek směrových poměrů tvoří inicializační část systému. Jedná se spíše o jednorázovou úlohu, která není triviální. Kromě dat ze stávajících datových skladů lze použít i data z mapových podkladů a ortofotomap. Dále lze s výhodou využít editační nástroje systému GIS:

1. Na mapovém podkladu lze označit počáteční a koncový bod vkládané entity.
2. Systém GIS transformuje geometrický výběr na souřadnice ve zvoleném systému.
3. Zobrazí se formulář pro zadání dat popisujících další atributy entity.
4. Odeslání formuláře spustí uloženou proceduru, která správně začlení nová data do stávajících topografických struktur (může například opravit počáteční a koncový bod nebo směrnice v těchto bodech na přesné hodnoty již verifikovaných sousedních úseků, nebo naopak vynutit opravu sousedních entit podle nově vkládaných dat).

Lze také využít vestavěné vektorizační nástroje, které automaticky rastrový podklad analyzují a transformují na systém navazujících úsečků a oblouků. Lze přitom konfigurovat stupeň vyrovnání těchto částí tak, aby šum v rastrových datech nezpůsobil vložení falešných oblouků do směrových poměrů. Takto získané záznamy směrových poměrů lze posléze doladit ručně se zvolenou přesností.

Data získaná přímým dynamickým měřením na pohybujícím se vozidle na trati lze obdobným způsobem upravit také, odpadá pouze fáze ztenčování, která z rastrové předlohy extrahuje jednorozměrnou křivku.

Systém oprávnění

Moderní systém SŘBD používá vlastní systém oprávnění, který umožňuje vloženým uživatelům přidělit práva k manipulaci s daty, čtení dat, resp. odmítnou přístup. Tato oprávnění lze flexibilně škálovat: na celou databázi, na jednotlivé tabulky nebo pouze vybranou množinu atributů, pomocí pohledů a uložených funkcí lze přidělovat selektivně oprávnění i k záznamům splňujícím předepsané podmínky (restrikce).

Navzdory uvedenému propracovanému přístupovému systému se však v informačních systémech příliš nevyužívá. Je tomu tak proto, že obvykle potřebujeme systém oprávnění odvozovat přímo z dat, s nimiž systém pracuje. Jinými slovy hierarchie oprávnění je součástí dat a navíc se často mění.

Například při vložení nového uzlu je jedním z jeho atributů správce, který má následně automaticky nejen oprávnění měnit data spadajícího do spravovaného uzlu, ale i delegovat další oprávnění pro vybrané části svěřených entit jiným uživatelům systému. Technika řízení oprávnění daty vyžaduje, aby systém GIS komunikoval se SŘBD privilegovaně a teprve na jeho úrovni se přijímaly, resp. zamítaly požadované operace. Komunikační kanál mezi těmito vrstvami bývá častým terčem útoků a je ho třeba chránit zabezpečeným komunikačním protokolem s tím, že jiný přístup k datům než prostřednictvím GIS není možný. Naštěstí je však tento mechanismus v moderních produktech vesměs k dispozici.

Oprávnění pro čtení a analýzu dat nejsou tak citlivá, často jsou údaje přístupné široké veřejnosti. I zde však existuje možnost v případě potřeby odmítnutí požadavku. Znamená to však velmi úzkou vazbu mezi nástroji GIS a samotnými relačními daty a následné zpomalení odezvy. Datové restrikce je třeba provádět s rozvahou tak, aby neměly negativní dopad na propustnost systému.

Prezentace a analýzy dat

Systém GIS disponuje sadou prostředků pro filtraci dat podle různých kritérií. Je jednoduché zobrazit si v podkladu vybranou trať a v jejím rámci například všechny výhybky jednoho typu. Lze zobrazit také všechny oblouky s větším než je stanovený poloměr a revidovat povolenou maximální rychlost v úsecích. Lze také například změřit příčné rázy při simulované rychlosti a zpětně zobrazit místa na přechodnicích, kde k nim dochází. Podle měření otřesů lze dynamicky nalézt místa vyžadující úpravy, kdy systém může dokonce vytipovat jejich prioritu. Identifikace porušeného místa je pak velmi rychlá buď prostřednictvím GPS navigace nebo určením blízkého bodu staničení, který je součástí systému. Postupně lze dospět ke koncepci revize tratě. Je zřejmé, že otevřené možnosti systému GIS poskytují v součinnosti s daty velmi komplexní nástroj pro manažerské rozhodování na taktické i strategické úrovni.

Zvolená koncepce je velmi otevřená – umožňuje velmi jednoduše vkládat do databáze nové typy entit, rozšiřovat je o nové atributy, měnit uživatele, aniž by to mělo vliv na funkčnost systému. Relativně nezávislá data pak lze poskytovat do nadnárodních datových center nebo vyvinout aplikační rozhraní (obvykle na bázi XML), kdy jsou data vyměňována on-line až při přijetí požadavku.

K systému lze přidat i registr kolejových vozidel a využívat možnost logistické analýzy a okamžité identifikace polohy vozidla v systému.

Zvolené technologie a datový model poskytují dobrý základ pro velmi účinný systém řízení železniční infrastruktury.

3.3.2 Vytvoření datového modelu

Datový model je nutné převést do prostředí GIS. Každé prostředí může mít rozdílný přístup ke správě dat, často je tak nutné při tvorbě datového modelu použít přímo rozhraní zvolené platformy či nástroje pro převod datových struktur. V případě ESRI je možné datový model vytvořit:

- v prostředí aplikace (ArcCatalog),
- speciální programů (ArcGIS Diagrammer),
- v prostředí pro správu databáze (MS Access).

Jednotlivé vazby vytvořené mimo prostředí nemusí být při načtení databáze zachovány, proto jsem v tomto případě použil ArcGIS Diagrammer. Tento program umožňuje následný export ve formátu XML datového modelu do aplikace ArcGIS včetně navržených vazeb. Při exportu je nutné dbát na jednotnost souřadných systémů.

```

- <WorkspaceDefinition xsi:type="esri:WorkspaceDefinition">
  <WorkspaceType>esriLocalDatabaseWorkspace</WorkspaceType>
  <Version/>
  - <Domains xsi:type="esri:ArrayOfDomain">
    - <Domain xsi:type="esri:CodedValueDomain">
      <DomainName>DoplňInfo</DomainName>
      <FieldType>esriFieldTypeString</FieldType>
      <MergePolicy>esriMPTDefaultValue</MergePolicy>
      <SplitPolicy>esriSPTDefaultValue</SplitPolicy>
      <Description/>
      <Owner/>
    - <CodedValues xsi:type="esri:ArrayOfCodedValue">
      - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
        <Name>jazyk z HSH</Name>
        <Code xsi:type="xs:string">JPH</Code>
      </CodedValue>
      - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
        <Name>jazyky a opornice zpevněny</Name>
        <Code xsi:type="xs:string">JPP</Code>
      </CodedValue>
      - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
        <Name>(1:40)</Name>
        <Code xsi:type="xs:string">K</Code>
      </CodedValue>
      - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
        <Name>konstrukce ve dvojité kol spojce</Name>
        <Code xsi:type="xs:string">komb</Code>
      </CodedValue>
    </CodedValues>
    </Domain>
  - <Domain xsi:type="esri:CodedValueDomain">
    <DomainName>DruhKonstrukce</DomainName>
    <FieldType>esriFieldTypeString</FieldType>
    <MergePolicy>esriMPTDefaultValue</MergePolicy>
    <SplitPolicy>esriSPTDefaultValue</SplitPolicy>
    <Description/>
    <Owner/>
  - <CodedValues xsi:type="esri:ArrayOfCodedValue">
    - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
      <Name>jednoduchá vyhybka v základním tvaru</Name>
      <Code xsi:type="xs:string">J</Code>
    </CodedValue>
    - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
      <Name>jednoduchá oboustranná vyhybka (stup)</Name>
      <Code xsi:type="xs:string">O</Code>
    </CodedValue>
    - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
      <Name>jednoduchá oblouková vyhybka jednostranná</Name>
      <Code xsi:type="xs:string">Obl-j</Code>
    </CodedValue>
  </CodedValues>
</Domain>

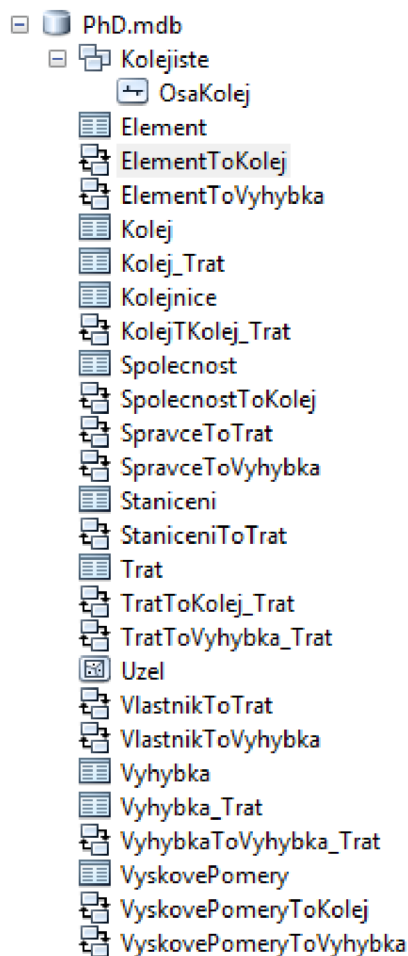
```

Obr. 28 Fragment importovaného souboru .xml do prostředí ArcGIS.

Nejdříve bylo zapotřebí v prostředí ArcGIS založit geodatabázi. Tento krok je nutný s ohledem na vnitřní vazby, které jsou pro jednotlivé aplikace různé. Následně se do této geodatabáze mohl importovat XML soubor s navrženým datovým modelem.

Při vytváření datového modelu lze v prostředí GIS také definovat datové typy a geodatabáze je ihned po vytvoření připravena k plnění daty. Technologie pro plnění dat je v tomto případě zcela otevřená všem možnostem, které lze použít v závislosti na zvolené platformě. Jednou

z možností je přístup do geodatabáze prostřednictvím funkcí ArcGIS či data spravovat pomocí externích aplikací pro správu dat.

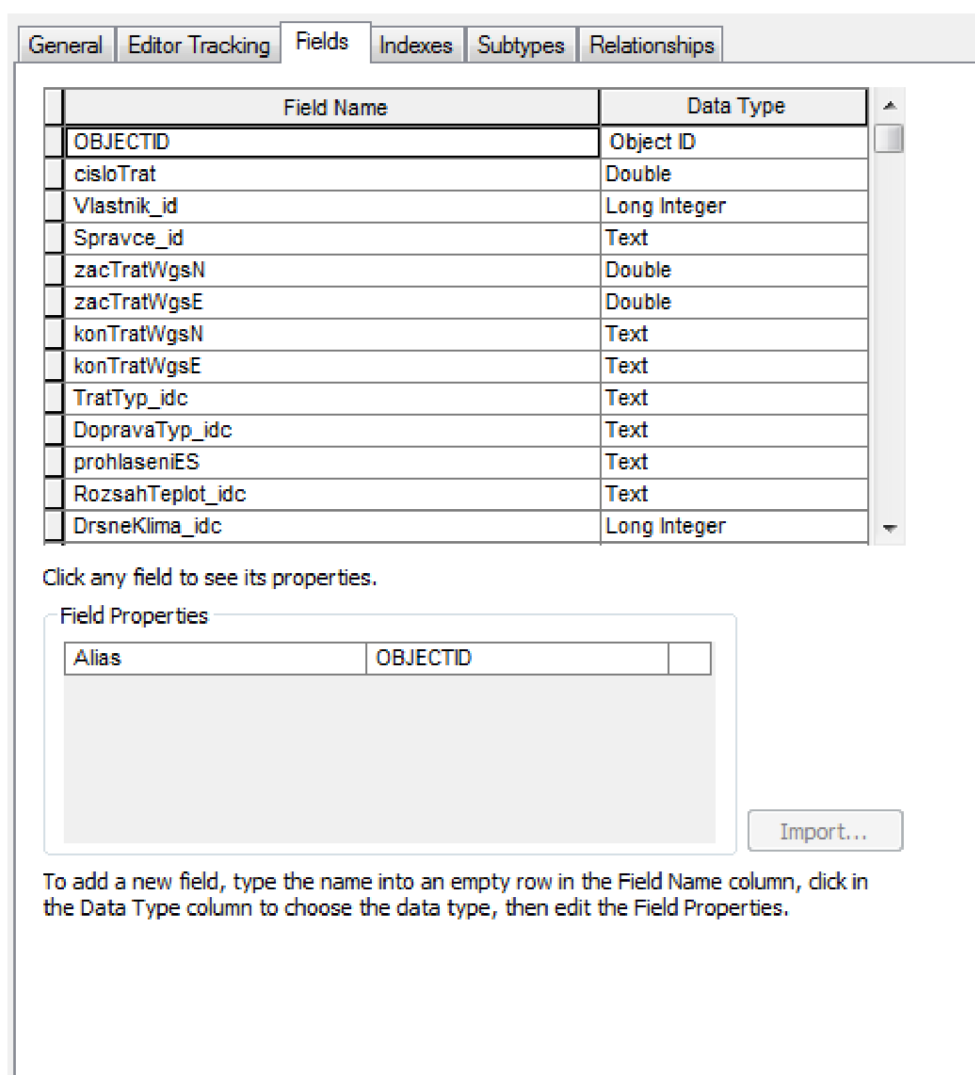


Obr. 29 Výsledek importu datového modelu.

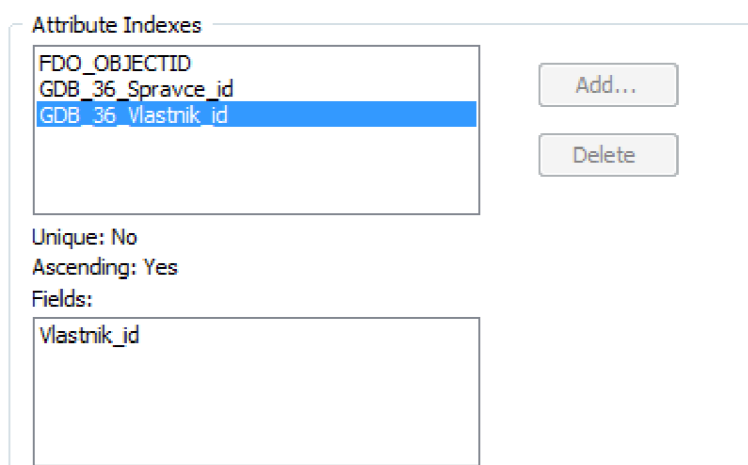
Relationship	Label	Related To	Role
SpravceToTrat	OriginTable	Spolecnost	Destination
StaniceniToTrat	DestTable	Staniceni	Origin
TratToKolej_Trat	DestTable	Kolej_Trat	Origin
VlastnikToTrat	OriginTable	Spolecnost	Destination

Properties...

Obr. 30 Zobrazení vazeb entity Trat v prostředí ArcCatalog



Obr. 31 Entita Trat s definovanými datovými typy.



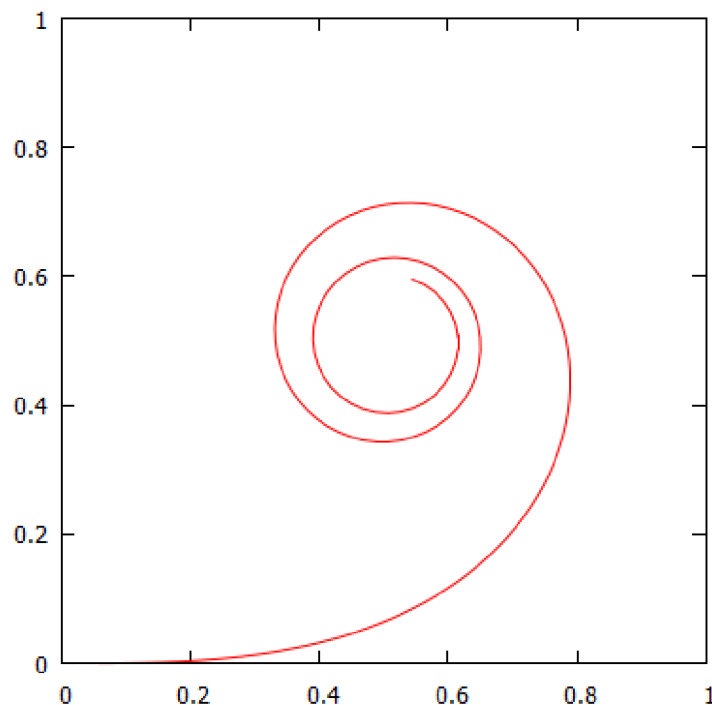
Obr. 32 Zobrazení vazeb entity Trat v prostředí ArcCatalog

3.3.3 Aproximace přechodnice

Přechodnice je prvek, který je z konstrukčního hlediska nezbytný, avšak v grafických entitách GIS nemá svůj analogon. Nemá smysl ho na datové úrovni nahrazovat sérií jiných prvků. Základním pravidlem správného modelu je, že odpovídá realitě a potřebám do nejvyššího únosného stupně. Obecně je problém prezentace oblouků způsoben tím, že pro různý stupeň zvětšení (přiblížení) je potřebný počet dekomponovaných subelementů různý. Je tedy nutné nahradit tuto křivku podporovanými grafickými primitivy – lomenou čarou (polyline) či složeným obloukem.

Pro demonstraci jsem si vybral typ přechodnice, který se běžně používá v převážné většině případů. Jedná se o křivku s lineárním nárůstem křivosti zvaná klotoida.

Při aproximaci je žádoucí dosáhnout rovnoměrného dojmu. Lze tedy použít aproximaci založenou na velikosti středového úhlu přechodnice, potažmo její části.



Obr. 33 Klotoida - křivky s lineárním nárůstem křivosti

Parametr klotoidy A vypočítáme podle vzorce.

$$A^2 = LR \quad (3.1)$$

Souřadnice x , y bodu, lze získat použitím.

$$X_i = l_i - \frac{l_i^5}{40R^2L^2} + \frac{l_i^9}{3456R^4L^4} \quad (3.2)$$

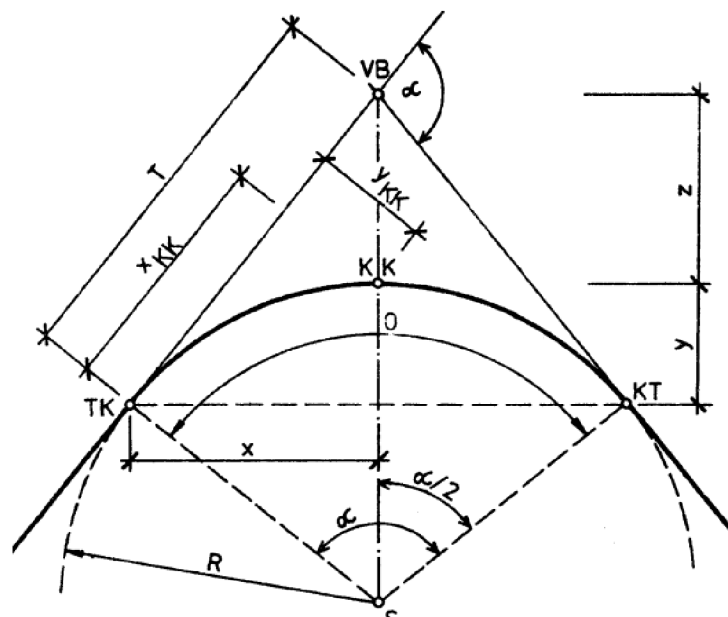
$$Y_i = \frac{l_i^3}{6RL} - \frac{l_i^7}{336R^3L^3} + \frac{l_i^{11}}{42240R^5L^5} \quad (3.3)$$

Úhel tečny v libovolném bodě přechodnice.

$$\tau_i = \frac{l_i^2}{2RL} \quad (3.4)$$

Aproximace klotoidy lomenou čarou (polyline)

Volba velikosti úhlu se může řídit například velikostí vzepětí nad tětvou oblouku o křivosti rovnající se velikosti koncové křivosti přechodnice.



Obr. 34 Vytýčovací parametry kružnicového oblouku (<http://www.fce.vutbr.cz/PKO/SaD/pdf/pko-pr.pdf>)

$$y = R(1 - \cos \frac{\alpha}{2}) \quad (3.5)$$

Určíme hodnotu středového úhlu.

$$\frac{\alpha}{2} = \cos^{-1} \frac{R - y}{R} \quad (3.6)$$

Získaný úhel α bude sloužit pro rozdělení přechodnice na n částí.

$$n = \frac{\tau}{\alpha} \quad (3.7)$$

Zaokrouhlíme nahoru, potom úhel β je roven.

$$\beta = \frac{\tau}{n} \quad (3.8)$$

Úhel β budiž jednotkový úhel, který bude tvořit krok aproximace.

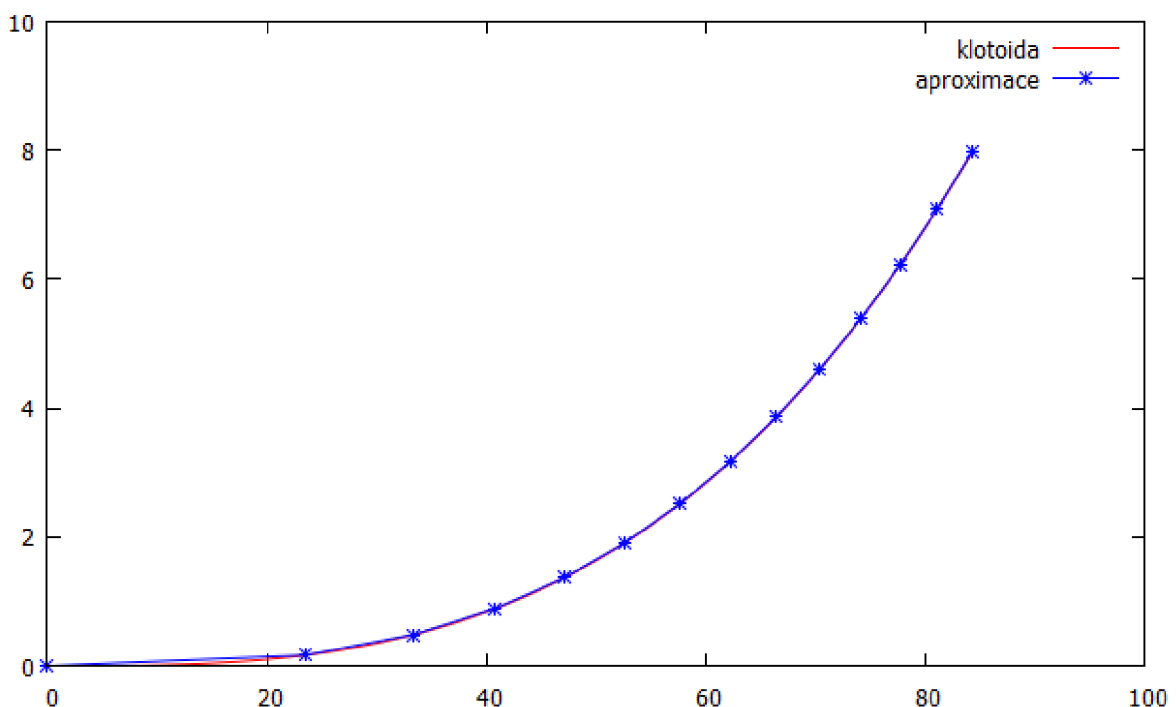
$$l_i = \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} \beta_i 2RL} \quad (3.9)$$

Dosazením do (3.2) a (3.3) získáme rovnice pro výpočet souřadnic X, Y pro libovolný úhel.

$$X_i = \sqrt{\sum_{i=0}^{i=n} \beta_i 2RL} - \frac{\sqrt{32RL}}{40} \sum_{i=0}^{i=n} \beta_i^{\frac{5}{2}} + \frac{\sqrt{512RL}}{3456} \sum_{i=0}^{i=n} \beta_i^{\frac{9}{2}} \quad (3.10)$$

$$Y_i = \frac{\sqrt{8RL}}{6} \beta_i^{\frac{3}{2}} - \frac{\sqrt{128RL}}{336} \beta_i^{\frac{7}{2}} + \frac{\sqrt{2048RL}}{42240} \beta_i^{\frac{11}{2}} \quad (3.11)$$

V případě železničního stavitelství je možné uvažovat s křivostí $1/\infty \rightarrow 1/150$. Pro aproximaci lomenou čarou je možné vycházet ze stanovení maximální hodnoty vzepětí nad tětivou oblouku s křivostí $1/150$. Pro aproximaci se jako dostatečná hodnota vzepětí nad tětivou jeví hodnota $y = 0,01$ m.



Obr. 35 Aproximace klotoidy lomenou čarou (L= 85 m, R = 150 m)

Tato hodnota by měla zaručovat dostatečnou přesnost v rámci odchylek dosažitelných např. při měření GPS.

Aproximace klotoidy složeným obloukem

Druhou možností aproximace přechodnice, v našem případě klotoidy je aproximace složeným kružnicovým obloukem. Jelikož se jedná o značně přesnější aproximaci, je možné dovolit si při výpočtu jisté zjednodušení. Opět se vyjde z výpočtu středového úhlu přechodnice τ . Úhel τ se rozdělí v závislosti na jeho velikosti. Při řešení oblouků používaných v železničním stavitelství, jako limitní hodnota poloměru se uvažuje $R = 150$ m. Délka přechodnice musí být dle normy [39] větší než:

$$L = 0,7\sqrt{R} \quad (3.12)$$

Z výpočtu vychází limitní délka přechodnice po zaokrouhlení 9 m.

$$\tau = \frac{L}{2R} \quad (3.13)$$

Hodnota úhlu je v tomto případě $\tau = 0,03$ úhel by se tedy měl aproximovat minimálně na tři části ($n = 3$). Vyplývá tedy, že zvolený úhel pro tento typ aproximace je roven.

$$\beta = \frac{\tau}{n} = \frac{0,03}{3} = 0,01 \quad (3.14)$$

Pro určení poloměru oblouku musíme nejdříve stanovit body, kterými má oblouk procházet. Souřadnice bodů zjistíme dosazením do vzorce (3.2) a (3.3), přičemž délka přechodnice je dána vzorcem.

$$l_i = \sqrt{2\tau_i RL} \quad (3.15)$$

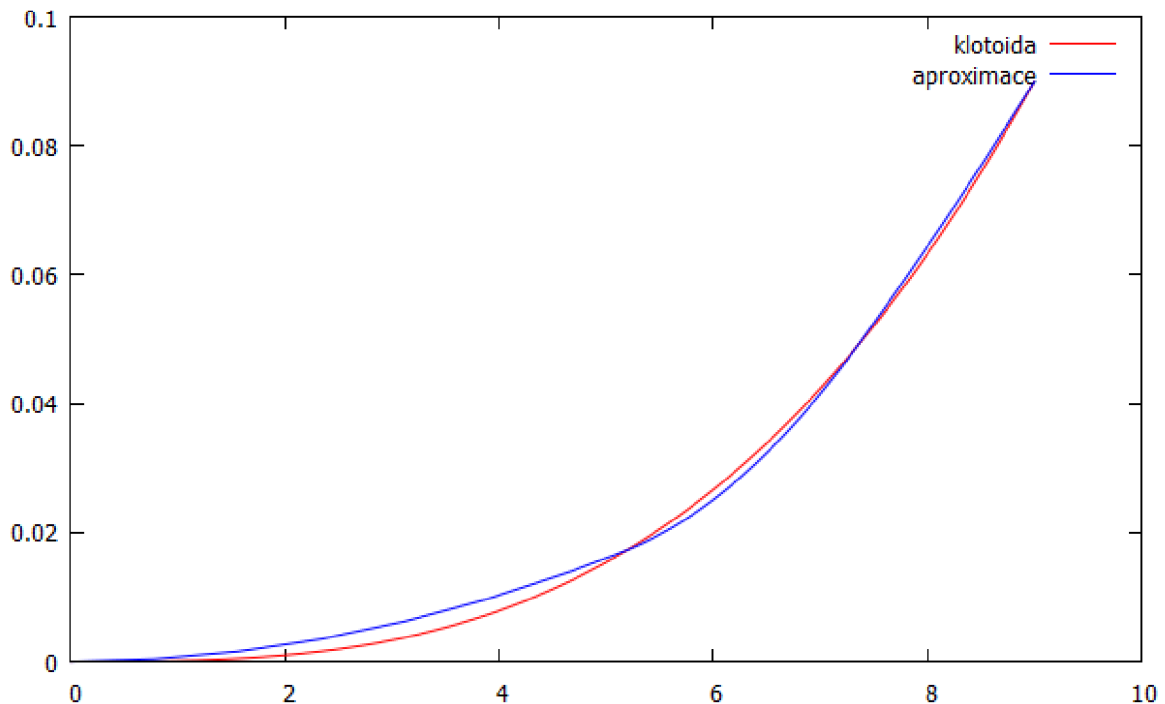
Při odvození poloměru oblouku využijeme postup pro polární vytyčení. Potřebujeme tedy zjistit úhel, který svírá tečna na počátku oblouku se směrnicí počátečního a koncového bodu tětivy oblouku.

$$\gamma_i = \tan^{-1} \frac{Y_i - Y_{i-1}}{X_i - X_{i-1}} - \alpha_{i-1} \quad (3.16)$$

Poloměr oblouku určíme dosazením do vzorce.

$$R_i = \frac{\sqrt{(X_i - X_{i-1})^2 + (Y_i - Y_{i-1})^2}}{\sin \gamma_i} \quad (3.17)$$

$$\alpha_i = \sin^{-1} \frac{X_i - X_{i-1}}{R_i} \quad (3.18)$$



Obr. 36 Aproximace klotoidy složeným kružnicovým obloukem ($L = 9 \text{ m}$, $R = 150 \text{ m}$)

3.3.4 Aproximace kružnice lomenou čarou

V případě, že není možné provést aproximaci kružnicovým obloukem, je nutné provést přepočítání na pravoúhlé souřadnice. Pravoúhlé souřadnice pro kružnicový oblouk se získají. Stanovení úhlu β je stejný jako pro aproximaci přechodnice lomenou čarou.

$$X_i = R_i \sin \beta_i \quad (3.19)$$

$$Y_i = R_i(1 - \cos \beta_i) \quad (3.20)$$

Takto vypočítané souřadnice platí pouze, pokud úhel, který svírá počáteční tečna s osou X, je nulový. V opačném případě se použije vzorec pro posunutí a otočení kartézské soustavy.

$$x = x' \cos \varphi - y' \sin \varphi + c \quad (3.21)$$

$$y = y' \sin \varphi + x' \cos \varphi + d \quad (3.22)$$

Po dosazení a úpravě získáme tyto rovnice.

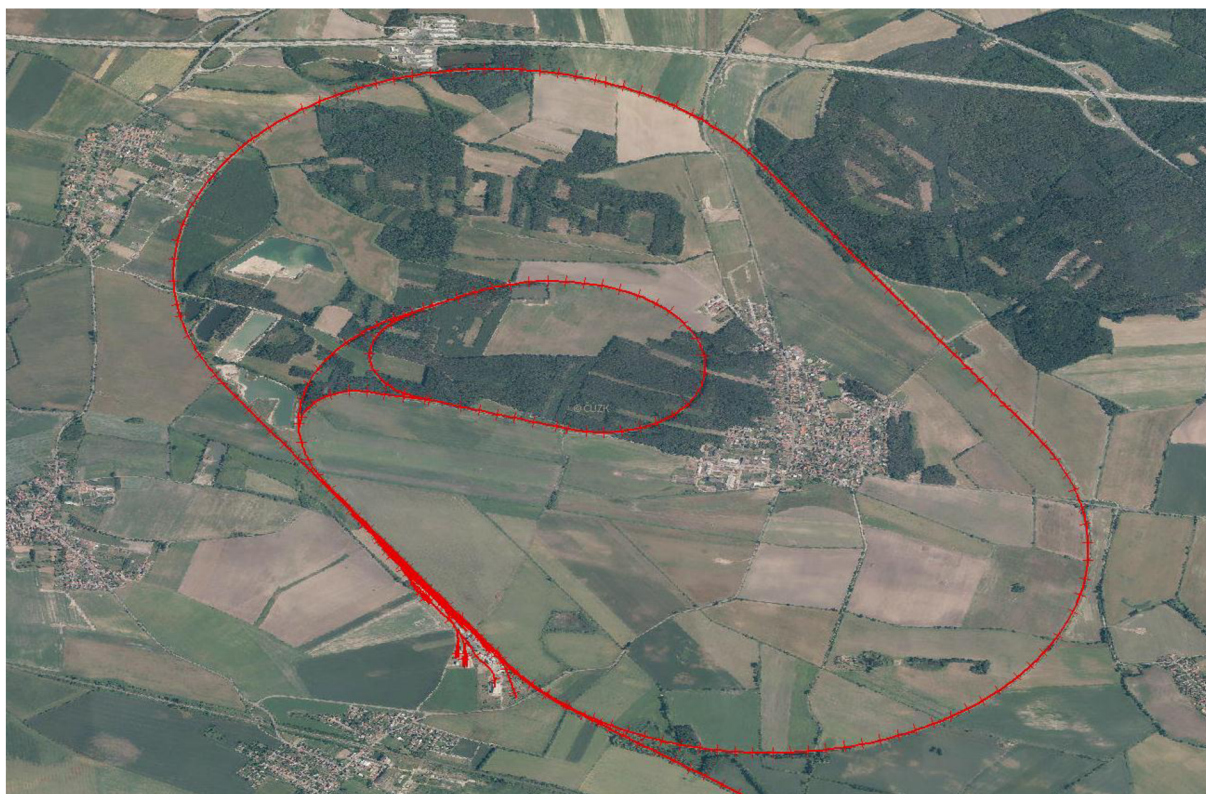
$$X_i = X_{i-1} + R_i(\sin \beta_i \cos \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_{i-1} - \sin \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_{i-1}(1 - \cos \beta_i)) \quad (3.23)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + R_i(\sin \beta_i \sin \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_{i-1} + \cos \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_{i-1}(1 - \cos \beta_i)) \quad (3.24)$$

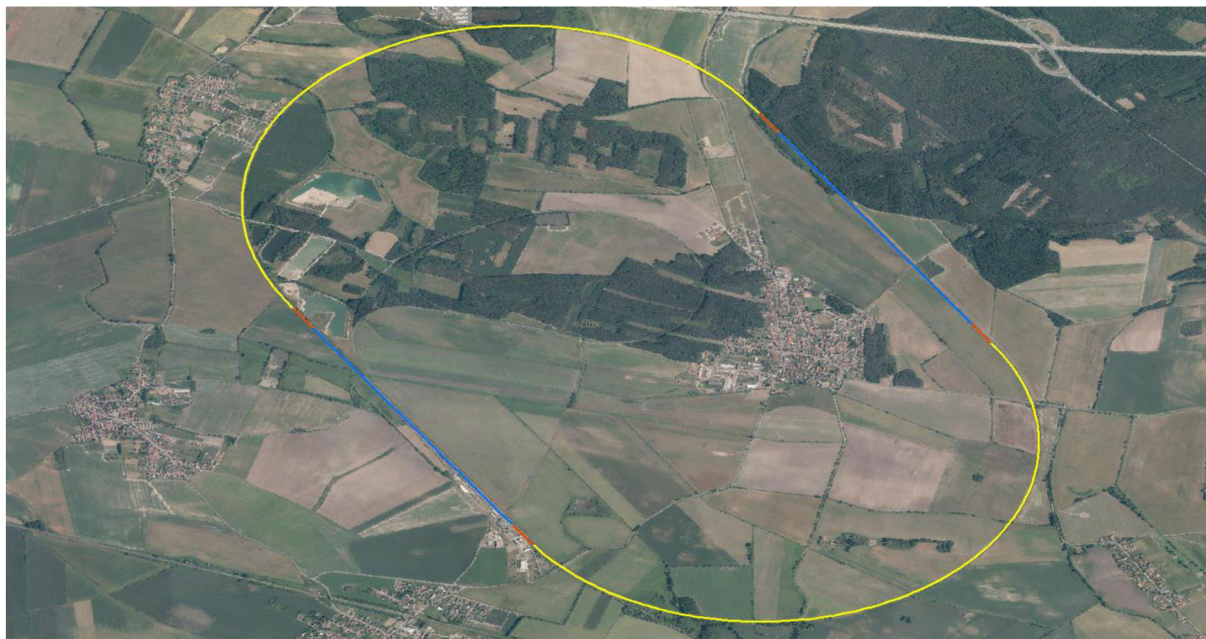
3.3.5 Zobrazení dat v prostředí ArcGIS

Data obsažená v prostředí GIS je možné pochopitelně také vizualizovat. Pro ilustraci je dále uvedeno zobrazení geografických dat nad ortofotomapou. Následují obrázky zobrazení typů entity element *ElementTyp_idc*.

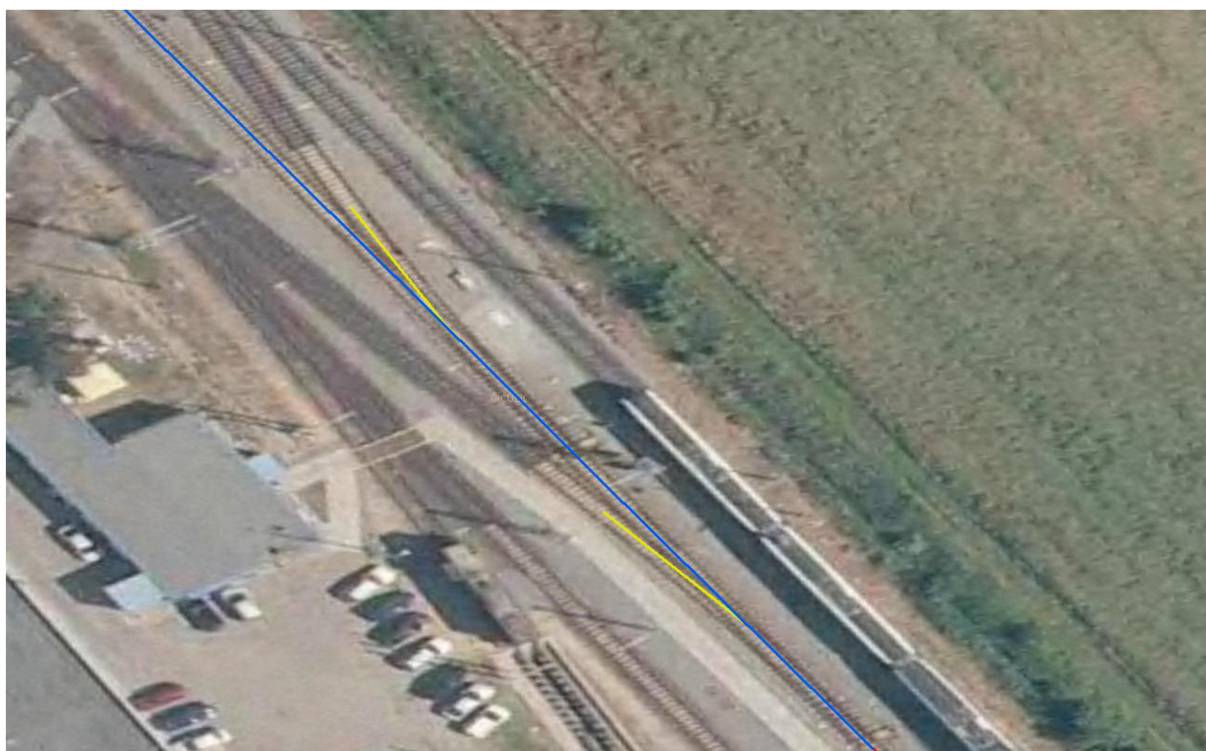
Prostředí nejen ArcGIS nabízí celou řadu možných vizualizací, přehledových grafů a statického zpracování dat.



Obr. 37 Zobrazení osy koleje - celkový pohled.



Obr. 38 Zobrazení typů elementů (přímá, přechodnice a oblouk)



Obr. 39 Zobrazení typů elementů ve výhybkových konstrukcích

4 Měření

Určení parametrů trajektorie vozidla přímo z akcelerace je problematické. Obvykle neznáme přesnou prostorovou orientaci senzorů, jejich kalibrace je určena s určitou chybou a vlastní měření je zatíženo šumem (např. tepelným). V zjednodušeném případě jednoosého lineárního akcelerometru můžeme naměřené zrychlení vyjádřit vztahem:

$$a(t) = C_1 + C_2[u(t) + w(t)] \quad (4.1)$$

kde C_1 a C_2 jsou kalibrační konstanty, $u + w$ je naměřená digitální hodnota, w je superponovaný šum.

Rychlost pak určíme vztahem

$$v(t) = \int_{t_0}^t a(t) dt \quad (4.2)$$

kde t_0 je čas počátku měření – obvykle $a(t_0) = 0$. Po dosazení dostáváme

$$v(t) = C_1(t - t_0) + C_2 \int_{t_0}^t [u(t) + w(t)] dt \quad (4.3)$$

V optimálním případě můžeme předpokládat, že šumové vlastnosti akcelerometru nejsou závislé na velikosti zrychlení, a tedy pro dostatečně velký interval platí:

$$\int_{t_0}^t w(t) dt = 0 \quad (4.4)$$

I v tomto případě se však chyba stanovení konstanty C_1 projeví při stanovení rychlosti odchylkou rostoucí lineárně s délkou měřeného intervalu a po dostatečně dlouhé době měření znehodnotí. Ještě složitější situace nastane samozřejmě při určování polohy vozidla z akcelerometrického měření, kde chyba uvedených konstant způsobí odchylku rostoucí dokonce kvadraticky s časem.

Při doplňujícím měření pomocí GPS přijímače lze však získat určité výhody z obou měření. Profesionální řešení vychází z aplikace Kalmanova filtru, resp. Kalmanova vyrovnání, které je však značně algoritmicky náročné a vyžaduje poměrně přísné předpoklady o statistických charakteristikách všech vstupů.

K dispozici máme však jednodušší přístup, který demonstruje citlivost a stabilitu metod výpočtu charakteristik trajektorie z naměřených akcelerometrických dat.

4.1.1 Kalibrace akcelerometru

Použili jsme trojosý, osmibitový akcelerometr s nastaveným rozsahem 0–3g. Kalibrační vztah (4.1) jsme určili za předpokladu linearit akcelerometru takto:

Pro každou osu akcelerometru nalezneme klidovou polohu minimální a maximální naměřené hodnoty odpovídající zřejmě gravitačnímu zrychlení $-g$ a g . Po dosazení do vztahu (4.1) dostaneme dvě lineární rovnice o dvou neznámých, z nichž určíme konstanty C_1 a C_2 pro každou osu akcelerometru. Rozptyl naměřených hodnot při klidové poloze senzoru dosahuje až několik bitů. Je to dáno jednak konstrukčními vlastnostmi kondenzátorového senzoru, jednak mikrootřesy v místě měření. Navzdory určení konstant z měření velkého množství hodnot akcelerace, jsou tyto zatíženy relativně velkou chybou. Vlivem šumu je totiž obtížné stanovit přesnou polohu akcelerometru pro maximální a minimální hodnotu zrychlení v dané ose. Následující tabulka shrnuje kalibraci konstant akcelerometru při daném rozsahu:

Osa	C_1 [ms^{-2}]	C_2 [$\text{ms}^{-2}/\text{bit}$]
X	$-22,34 \pm 0,02$	$0,156 \pm 0,001$
Y	$-21,58 \pm 0,04$	$0,158 \pm 0,002$
Z	$-19,83 \pm 0,04$	$0,152 \pm 0,002$

Tab. 7 Kalibrační konstanty jednotlivých os akcelerometru

4.1.2 Nalezení složek zrychlení

Při upevnění měřicí desky do vozidla nebylo možné přesně určit polohu jednotlivých os akcelerometru. Tento problém však bylo možné řešit pomocí předpokládaných hodnot, resp. směrů zrychlení. Pro vozidlo v klidu je zřejmě velikost naměřeného vektoru zrychlení (prostřednictvím kalibračního vztahu) rovna gravitačnímu zrychlení a jeho směr je *vertikální* k zemskému povrchu. Odečtením tohoto vektoru od všech změřených hodnot dostaneme *vektor horizontálního zrychlení*. Jeho *tečnou* složku lze určit pomocí předpokladu ryze podélného (tečného) zrychlení při rozjezdu vozidla na dlouhé startovací rovině. Z naměřených hodnot zrychlení v této oblasti získáme průměrný vektor rovnoběžný s podélnou osou vozidla. Jednotkový vektor v tomto směru pak získáme normováním pomocí velikosti průměrného vektoru. *Příčnou* složku zrychlení (normálový jednotkový vektor) získáme vektorovým součinem jednotkového vertikálního a tečného vektoru.

Získaná trojice jednotkových vektorů zrychlení v definovaných osách vozidla je v Tab. 8. Velikost uvedených vektorů je rovna jedné. Skalární součin každé dvojice vektorů je s tolerancí chyb ve složkách zrychlení roven nule.

Požadovanou složku zrychlení pak určíme z naměřené hodnoty pomocí skalárního součinu změřeného vektoru s jednotkovým vektorem v dané ose.

složky zrychlení	vertikální vektor	tečný vektor	normálový vektor
X	-0.610	0.175	0.775
Y	0.751	-0.210	0.631
Z	-0.250	-0.961	0.003

Tab. 8 Určení souřadných os obecně umístěného akcelerometru

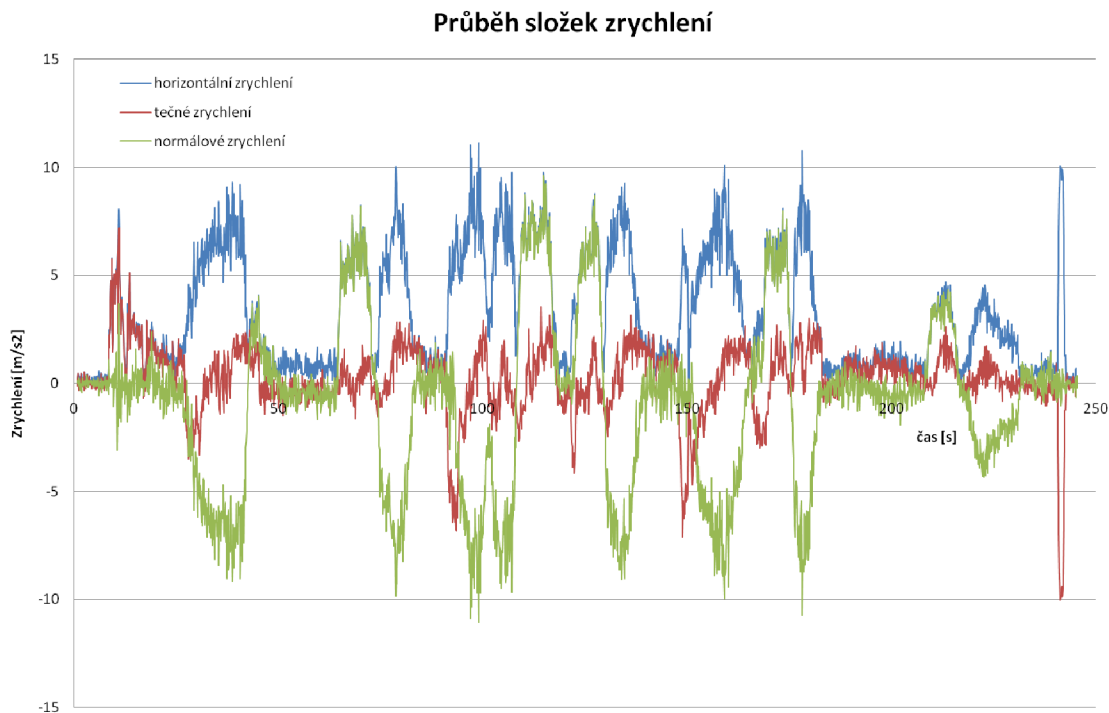
4.1.3 Výsledky měření

Na Obr. 40 je průběh zrychlení velmi ostré jízdy na Masarykově okruhu (délka závodní dráhy je 5,394 km a má 14 zatáček). Z celkové doby jízdy – cca 240 s lze stanovit průměrnou rychlost testovací jízdy 22,5 m/s, tj. 81 km/h.

Tečná složka zrychlení (červená) ukazuje obvyklý, přibližně exponenciální průběh akcelerace, při zobrazení podrobností je patrný pokles akcelerace na nulu v okamžicích řazení rychlostních stupňů. V případě decelerace je výrazná zejména poslední fáze jízdy, kdy vozidlo brzdilo za použití systému ABS. Decelerace v takovém případě dosahuje hodnot až jednoho g.

Příčná (odstředivá) složka zrychlení (zeleně) je opět velmi výrazná ve všech 14 zatáčkách, vozidlo projíždělo oblouky na hranici možností. Před zahájením oblouku (téměř bez přechodnicové fáze) je patrná decelerace v podélné složce.

Celková hodnota horizontálního zrychlení (modře) je vždy kladná a kromě počátečního klidu není téměř nikdy nulová. Z obrázku (Obr. 40) je dobře patrný šum naměřeného zrychlení způsobený dílem vibracemi vozidla, dílem vlastním šumem měřicího zařízení.



Obr. 40 Průběh složek zrychlení

4.1.4 Stanovení rychlosti vozidla z akcelerometrického měření

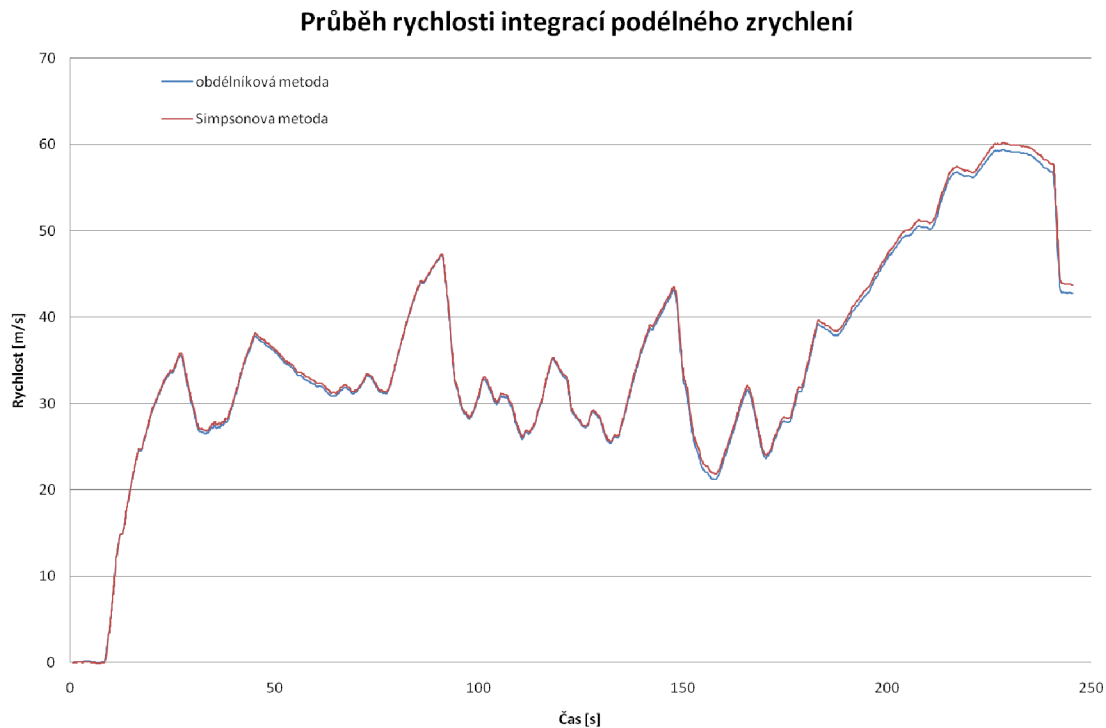
Podélnou rychlost získáme integrací podélné akcelerace. Pro srovnání byla provedena numerická integrace prostou obdélníkovou

$$v(n) = h \sum_{i=0}^{i=n} a_i \quad (4.5)$$

a Simpsonovou metodou

$$v(n) = \frac{h}{3} [a_0 + a_n + 4(a_1 + a_3 + \dots + a_{n-1}) + 2(a_2 + a_4 + \dots + a_{n-2})] \quad (4.6)$$

kde h je délka kroku – 0,1s a a_i jsou příslušné hodnoty podélné akcelerace. Počet integračních kroků n musí být v případě Simpsonovy metody sudý.



Obr. 41 Průběh rychlosti podélného zrychlení

Z obrázku (Obr. 41) je patrné, že rozdíl integračních metod je vlivem hustého vzorkování prakticky zanedbatelný. V počáteční fázi je opět dobře viditelné řazení rychlostních stupňů, kdy je rychlost zhruba konstantní. Na druhé straně je zřejmé, že po určitém časovém intervalu rychlost nabývá nereálných hodnot a po konečné deceleraci, která uvedla vozidlo opět do klidu, dosáhla hodnoty více než 40m/s. Je zřejmé, že drift rychlosti je způsoben integrací počáteční malé chyby při kalibraci a určování polohy akcelerometru. Podrobnější analýzu poskytne srovnání s rychlostí získanou pomocí GPS přijímače.

4.1.5 Synchronizace akcelerometrického a satelitního měření rychlosti

Měření pomocí akcelerometru poskytuje soubor dat s počátečním určením času pomocí hodin v počítači a další určení zlomků sekund od počátku měření, které je přiřazeno ke každému vzorku dat:

```
Start: Thu Jul 30 20:07:57 2009
t=0.740;x=104;y=185;z=114
t=0.850;x=104;y=184;z=112
t=0.960;x=103;y=185;z=110
t=1.070;x=102;y=185;z=115
t=1.180;x=105;y=185;z=113
t=1.240;x=103;y=186;z=114
t=1.350;x=103;y=184;z=112
...
```

Tab. 9 Formát dat poskytovaných digitálním akcelerometrem

Přijímač GPS na druhé straně poskytuje soubor v tzv. formátu NMEA, přičemž některé NMEA zprávy jsou opatřeny satelitním časem. Frekvence vzorkování přijímače GPS je obvykle 1Hz:

```
$GPGGA,180756.00,4912.16613,N,01626.75199,E,1,07,1.1,452.31,M,43.8,M,,*55
$GPGSA,A,3,30,29,16,31,24,21,10,,,,,02.2,01.1,01.9*03
$GPGSV,3,1,11,30,27,136,41,12,03,130,26,29,64,066,39,06,04,266,32*78
$GPGSV,3,2,11,16,34,304,41,31,39,237,41,24,63,086,42,21,56,181,41*77
$GPGSV,3,3,11,10,21,057,34,13,03,348,,23,02,314,*45
$GPRMC,180756.00,A,4912.1661,N,01626.7520,E,00.0,000.0,300709,03,E,A*25
$GPGGA,180757.00,4912.16611,N,01626.75192,E,1,07,1.1,452.56,M,43.8,M,,*5C
$GPGSA,A,3,30,29,16,31,24,21,10,,,,,02.2,01.1,01.9*03
$GPGSV,3,1,11,30,27,136,40,12,02,131,25,29,64,066,40,06,04,266,33*75
$GPGSV,3,2,11,16,34,304,40,31,39,237,41,24,63,086,42,21,56,181,41*76
$GPGSV,3,3,11,10,21,057,32,13,03,347,,23,02,313,*4B
$GPRMC,180757.00,A,4912.1661,N,01626.7519,E,00.0,000.0,300709,03,E,A*2E
$GPGGA,180758.00,4912.16610,N,01626.75188,E,1,07,1.1,452.72,M,43.8,M,,*5F
$GPGSA,A,3,30,29,16,31,24,21,10,,,,,02.2,01.1,01.9*03
$GPGSV,3,1,11,30,27,136,40,12,02,131,25,29,64,066,39,06,04,266,32*7A
$GPGSV,3,2,11,16,34,304,39,23,02,313,28,31,39,237,39,24,63,086,40*70
$GPGSV,3,3,11,21,56,181,40,10,21,057,32,13,03,347,*45
$GPRMC,180758.00,A,4912.1661,N,01626.7519,E,00.0,000.0,300709,03,E,A*21
...
```

Tab. 10 Formát dat poskytovaných přijímačem DGPS, zvládněny jsou časové údaje

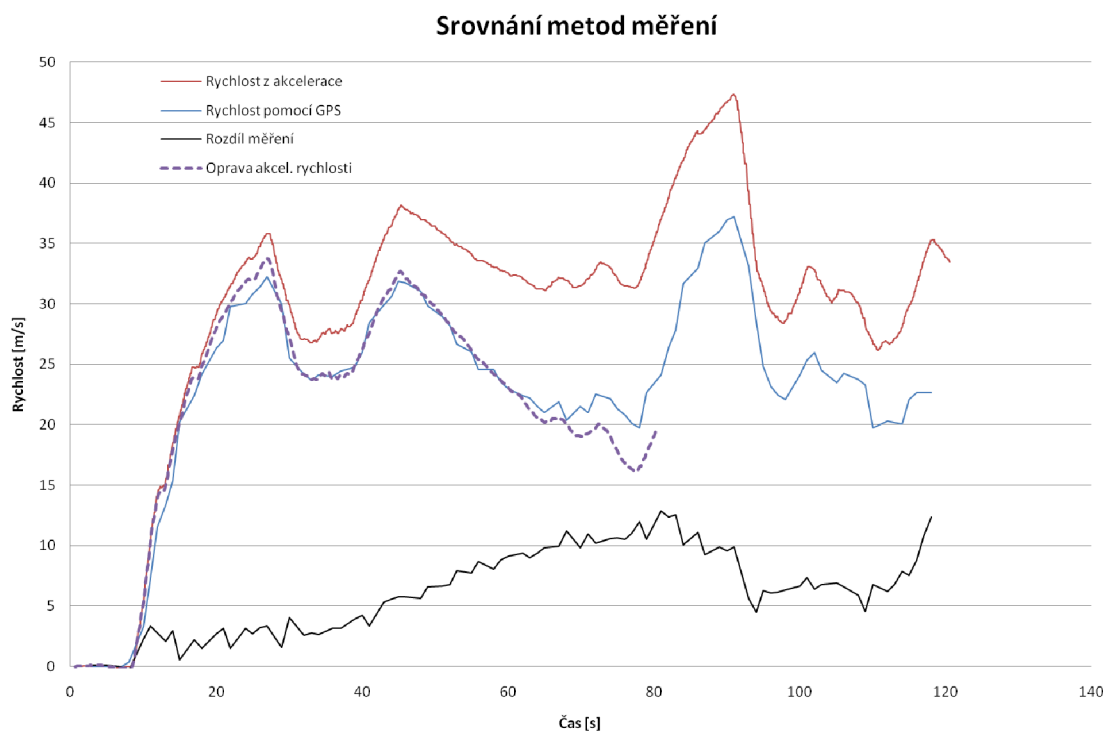
Z poskytnutých zpráv lze použít zprávu *RMC* obsahující údaj o okamžité rychlosti přijímače. Její formát je následující:

```
Příklad:
$GPRMC,180757.00,A,4912.1661,N,01626.7519,E,00.0,000.0,300709,03,E,A*2E
Kde:
RMC           Recommended Min. Sentence C (minimální doporučené údaje)
180757.00     Satelitní čas měření, 18:07:57 UTC
A             Status, A=platný záznam
4912.1661,N   49° 12.1661' - severní šířka
01626.7519,E 16° 26.7519' - východní délka
00.0         Horiz. složka rychlosti v uzlech (1.944 m/s = 1 uzel)
000.0        Okamžitý azimut ve stupních
300709       Datum, 30. 7. 2009
03,E        Úhel magnetické deklinace
```

Tab. 11 Kódování ve zprávě NMEA typu RMC

Pro zpracování dat bylo použito prostředí MS Excel. Data z akcelerometru byla vložena do tabulky, pomocí výše uvedených úvah byly vypočteny jednotkové souřadné vektory a naměřená data byla po kalibraci rozložena na podélnou a příčnou složku.

Dále byl vytvořen krátký program v jazyce Visual Basic, který ze souboru NMEA vybral pouze zprávy RMC a uložil údaje o čase a rychlosti. Podprogram pak vložil naměřené údaje do tabulky měření akcelerometrem podle časových údajů z obou měření.



Obr. 42 Srovnání metod měření

Na obrázku je porovnání průběhu rychlosti získané integrací akcelerometrického měření (červeně) a měření metodou DGPS (modře). Je zřejmé, že měření pomocí akcelerometru je hladší a lokálně přesnější. Na druhé straně je zatíženo chybou, která s časem roste – její vývoj ve srovnání s absolutním měřením GPS vyjadřuje černá křivka, která roste s časem prakticky lineárně až do 80 sekund měření. Nabízí se proto oprava integrační konstanty o malou hodnotu tak, aby obě metody dávaly obdobné výsledky. Čárkovaně je vyznačen průběh rychlosti získané integrací akcelerometrického měření při opravě absolutního členu akcelerace o hodnotu -0.0005 m/s^2 . Opravná hodnota je evidentně o několik řádů nižší, než je rozptyl akcelerometrického měření, přesto postačuje pro výpočet správné rychlosti po dobu více než jedné minuty od počátku měření (cca 1,5 km).

4.1.6 Stanovení azimutu trajektorie

Směr pohybu vozidla (azimut) lze stanovit z normálové složky zrychlení. Pro velikost odstředivého zrychlení totiž platí:

$$a_n = \frac{v_t^2}{R} \quad (4.7)$$

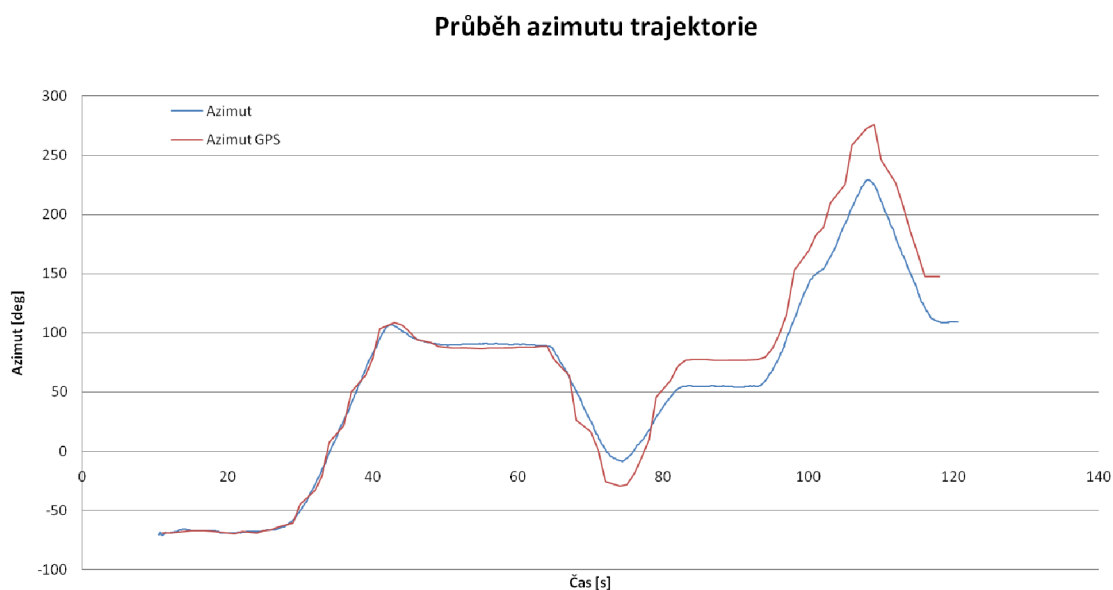
kde v_t je podélná rychlost a R poloměr otáčení. Pro úhel $\Delta\alpha$ změny směru podélné rychlosti mezi dvěma časovými vzorky lze psát:

$$\Delta\alpha = \frac{v_t \Delta t}{R} \quad (4.8)$$

Dosadíme-li ze vztahu (4.7), můžeme vyjádřit změnu úhlu ve stupních takto:

$$\Delta\alpha = \frac{180}{\pi} \frac{a_n \Delta t}{v_t} \quad (4.9)$$

Počáteční směr rychlosti je třeba určit z mapových podkladů nebo azimutem poskytovaným v NMEA zprávě přijímačem GPS (viz Tab. 11). Pokud je vozidlo v klidu je pochopitelně azimut neurčitý, proto je zapotřebí zahájit odečítání azimutu až po startu vozidla.



Obr. 43 Průběh azimutu trajektorie

Opět je patrná dobrá shoda mezi průběhem azimutu trajektorie vypočteným na základě akcelerometrického měření a azimutem přímo poskytovaným GPS přijímačem (Obr. 43). Po minutě jízdy se však začnou azimuty vzdalovat vlivem malé absolutní chyby při určování normálového zrychlení a podélné rychlosti. Azimut určený akcelerometrickým měřením má hladší průběh a opět lze předpokládat, že jeho lokální hodnota je přesnější než měření metodou DGPS.

4.1.7 Stanovení vlastní trajektorie

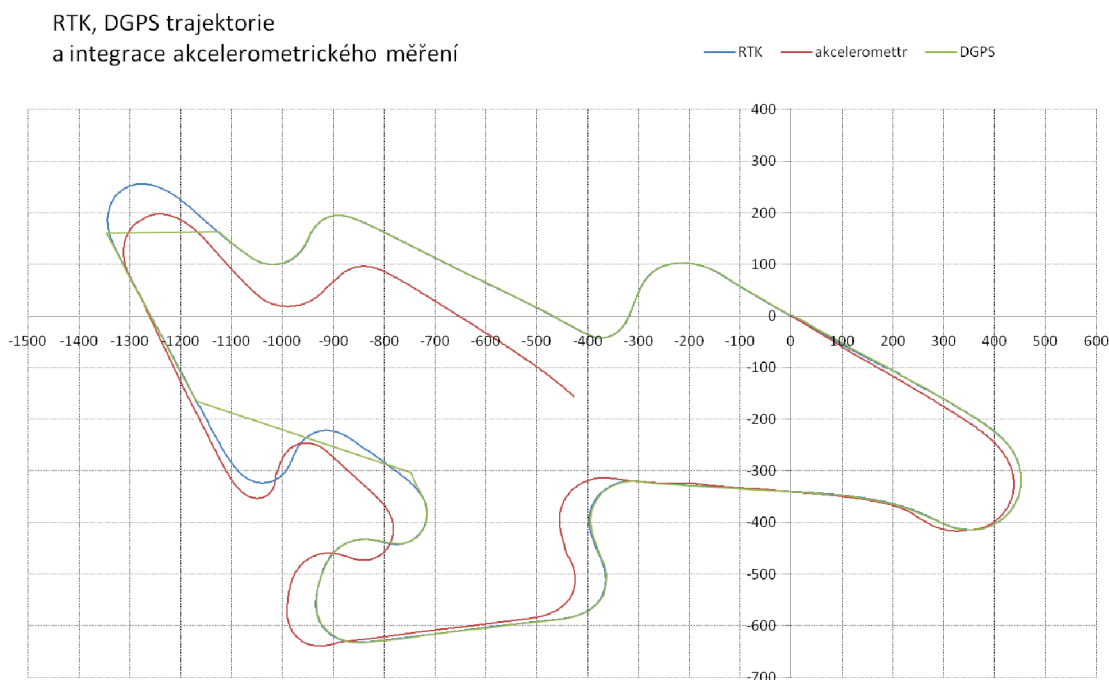
Kinematickou metodou KOF (Kinematic On the Fly) byla pomocí profesionální aparatury založené na přístrojích Leica 1200 zjištěna trajektorie s centimetrovou přesností a hustotou vzorkování 10 Hz. Programové vybavení pro zpracování fázového měření KOF poskytuje souřadnice v systému S-JTSK, zatímco aparatura Magellan využívající jednodušší metodu DGPS poskytuje souřadnice v prostorovém systému WGS-84 s hustotou vzorkování 1 Hz. Proto bylo zapotřebí převést prostorové souřadnice na systém S-JTSK. Tato úloha není triviální, používají se při ní dílčí transformace opírající se o sadu převodních klíčů mapujících dotčené území.

Lze však použít také zjednodušený převod polohových souřadnic mezi oběma systémy pomocí polynomu 3. stupně:

$$\begin{aligned} X = X_0 + A + B\varphi + C\lambda + D\varphi^2 + E\varphi\lambda + F\lambda^2 + G\varphi^3 + H\varphi^2\lambda \\ + I\varphi\lambda^2 + J\lambda^3 \end{aligned} \quad (4.10)$$

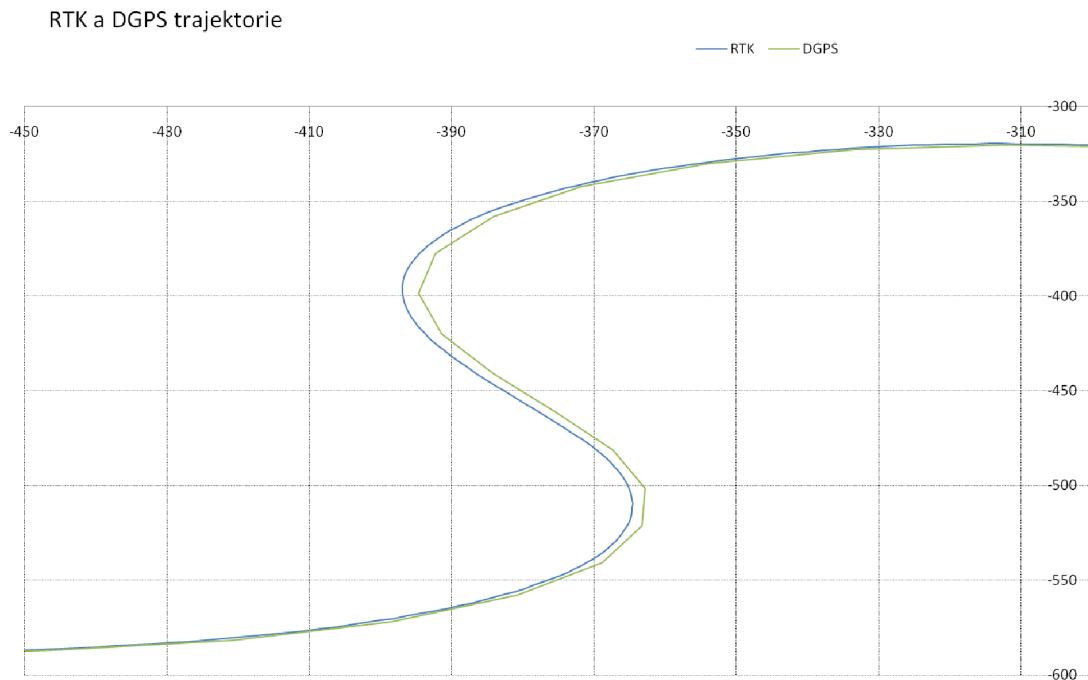
kde A, B, \dots, J jsou vektorové koeficienty, φ a λ jsou zeměpisné souřadnice a X je hledaný vektor v soustavě S-JTSK.

Koeficienty polynomu jsou určeny z transformačního klíče Helmertovy transformace, ke kterému bylo použito 174 identických trigonometrických bodů, rovnoměrně rozložených na území bývalé Československé republiky. Souřadnice těchto bodů jsou známy v obou souřadnicových systémech, jednak z terestrických metod měření československé triangulační sítě a jednak z GPS měření v rámci kampaně DOPNUL. Přesnost polynomického převodu souřadnic ze systému WGS-84 do S-JTSK je dána hodnotou směrodatné polohové odchylky 3 m. V případě převodu ze systému S-JTSK do WGS-84 je uváděna hodnota směrodatné polohové odchylky 1 m.



Obr. 44 RTK, DGPS trajektorie a integrace akcelerometrického měření

Na obrázku Obr. 44 je vynesena trajektorie jízdy získaná metodou KOF (modře) a metodou DGPS pomocí uvedené polynomiální transformace (zeleně). Kromě dvou výpadků měření je zřejmé, že DGPS zařízení včetně transformace do systému JTSK je naprosto postačující pro navigační účely.



Obr. 45 RTK a DGPS trajektorie

Detail esovité zatáčky (Obr. 45) ukazuje, že i při velmi rychlé jízdě 25 m/s je maximální chyba měření metodou DGPS přibližně 1m.

Pro aproximaci zjištění trajektorie z akcelerometrického měření lze snadno odvodit vztahy:

$$\begin{aligned}
 x_{i+1} &= x_i + v_{ti} \Delta t_i \sin \alpha_i \\
 y_{i+1} &= y_i + v_{ti} \Delta t_i \cos \alpha_i \\
 \alpha_{i+1} &= \alpha_i + \Delta t_i \frac{a_{ni}}{v_{ti}}
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$

kde v_t je podélná rychlost získaná integrací tečného zrychlení, a_n je normálová složka změřeného zrychlení.

Z obrázku je patrné, že zhruba po dvou kilometrech jízdy dosahuje chyba určení polohy desítek metrů, což však lze považovat za relativně dobrý výsledek vzhledem k jednoduchosti a nezávislosti použité aparatury.

5 Závěr

Veškeré dosažené výsledky, které předkládá tato práce, měly za cíl poskytnout ucelený pohled na problematiku zavádění a používání GIS v dopravě. Část věnovaná legislativě představuje výčet souvisejících právních předpisů, jež je nutné při návrhu a následné implementaci respektovat. Dalším důležitým vstupem je rozvaha a snaha o nejvyšší možnou míru využitelnosti dat, které jsou v GIS obsažena. Využitelnost je jednou ze základních podmínek pro úspěšné zavedení a následné spravování dat. Lidské zdroje jsou totiž neopomenutelným faktorem celého procesu. Po zohlednění těchto vstupů přichází na řadu návrh datového modelu, jehož fragment je také obsahem práce. Důraz byl kladen na variabilitu systému. Práce pojednává i o problematice pořizování geografických dat. Využitím inerciálních měření, jako doplňku satelitních měření, je možné výrazně snižovat pořizovací náklady těchto dat.

Ideální postup při pořizování dat by umožnil srovnáním akcelerometrického a GPS měření navrhnout opravnou konstantu a extrapolovat její použití i na měření, kde metoda GPS selhává (v zástavbě apod.) Bohužel se ukazuje, že oprava (jakkoli malá) se po relativně dlouhých intervalech skokem mění. Důvod těchto změn může spočívat v zanedbání sklonu vozovky a náklonu vozidla, mohou být však způsobeny i hlubšími mechanizmy vyplývajícími z šumových aspektů měření.

Rozhodně však lze doplnit GPS měření levnou akcelerometrickou metodou, která umožňuje lokální zpřesnění měření, které se však musí periodicky synchronizovat s GPS pro kompenzaci driftu vlivem nepřesného určení integrační konstanty.

Absolutní určení směru i rychlosti z akcelerometrického měření je znehodnoceno v tomto uspořádání zhruba po minutě jízdy, za kterou vozidlo urazilo přibližně 1,5 km.

Na trhu jsou v současnosti k dispozici profesionální měřicí čipy pro inerciální měření (tzv. IMU jednotky), které obsahují tříosý akcelerometr a tříosé gyroskopické zařízení umožňující zjišťovat rotaci a pootočení s integrovaným až 16bitovým převodníkem. Náklady na jejich pořízení (cca \$500) jsou relativně malé a lze očekávat, že při jejich použití by se přesnost akcelerometrického měření ještě podstatně zvýšila. Rekonstrukce trajektorie je totiž velmi citlivá na změnu azimutu, který lze takto měřit přímo – bez nutnosti integrace zatížené značnou integrační chybou.

Inerciální měření má tedy oproti satelitnímu měření několik výhod:

- při ověřování mikroskopických modelů dopravního proudu poskytuje daleko přesnější informace o akceleraci,
- nezávisí na viditelnosti satelitů,
- lze dosáhnout mnohem vyšší frekvence vzorkování, je lokálně přesnější.

Na druhé straně pro dlouhodobé měření ho nelze použít a musí se doplnit satelitními metodami.

Tato práce by mohla být využita při seznámení se s problematikou GIS pro osoby na manažerských postech, projektanty a správce informačního systému včetně technických pracovníků. GIS má obrovské možnosti využití od evidence majetku, přes plánování údržby až optimalizaci využití sítě. Řízení dopravy je jednou z dalších oblastí, kterou by bylo možné data využít a stojí za zmínku, zejména přihlédne-li se k neustálému progresivnímu vývoji satelitních měření a IT.

6 Bibliografie

1. **Žák, Karel.** Historie relačních databází. *Root.cz - informace nejen ze světa Linuxu.* [Online] <http://www.root.cz/clanky/historie-relacnich-databazi/>.
2. **Wikipedie.** Databáze. *Wikipedie - otevřená encyklopedie.* [Online] <http://cs.wikipedia.org/wiki/database>.
3. **Riordan, Rebecca M.** *Vytváříme relační databázové aplikace.* Praha 4 : Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-360-9.
4. **Bartoněk, Dalibor.** Vybrané aplikace z oblasti GIS. Brno : Vutium, 2005. ISSN 1213-418X.
5. **Voženílek, Vít.** *Geografické informační systémy.* Sv. 1. Pojetí, historie, základní komponenty. ISBN 80-7067-802-X.
6. **Smutný, Jaroslav.** *Geografické informační systémy.* Brno : CERM, 1998. ISBN 80-2141-0977-0.
7. ČSN ISO/IEC 2382-1. *Informační technologie - Slovník - Část 1: Základní termíny.* Praha : Český normalizační institut, 1998. třetí.
8. **Rapant, Petr.** *Geoinformatika a geoinformační technologie.* Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. ISBN 80-248-1264-9.
9. Základní definice dopravní telematiky. [Online] http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2001/definice.htm.
10. Základy kartografických projekcí. *Západočeská universita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky.* [Online] <http://geometrie.kma.zcu.cz/>.
11. Nařízení vlády 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání . *Sbírka zákonů a Sbírka mezinárodních smluv.* [Online] <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4984>. 430/2006 Sb..
12. **Vojtek, David.** Přímé vyjádření polohy (souřadnicové systémy a jejich transformace). *VŠB-TU Ostrava, Institut geoinformatiky.* [Online] http://gis.vsb.cz/vojtek/index.php?page=git_c/cviceni05.
13. COMPLETING THE INTERNAL MARKET: WHITE PAPER FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN COUNCIL. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie.* [Online] 29. 6 1985 http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com1985_0310_f_en.pdf.
14. Fair payment for infrastructure use: a phased approach to a common transport infrastructure charging framework in the EU - White Paper. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie.* [Online] COM/98/0466 final.
15. Towards fair and efficient pricing in transport policy- options for internalising the external cost of transport in the European Union - Green Paper. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie.* [Online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1995:0691:FIN:EN:PDF>. COM/95/0691 FINAL.
16. White Paper - European transport policy for 2010: time to decide. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie.* [Online] COM/2001/0370 final.
17. Zelená kniha - TEN-T: přezkum politiky směrem k lépe integrované transevropské dopravní síti ve službách společné dopravní politiky. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie.* [Online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0044:FIN:CS:PDF>. KOM/2009/0044 konečné znění.

18. Sdělení komise Radě a Evropskému parlamentu - Evropa v pohybu - Udržitelná mobilita pro náš kontinent - Přejímání Bílé knihy Evropské komise o dopravě z roku 2001 v polovině období. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0314:FIN:CS:PDF>.
KOM/2006/0314 konečné znění.
19. Zpráva Komise Radě, Evropskému parlamentu, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů o provádění hlavních směrů transevropské dopravní sítě za období 2004 – 2005 podle článku 18 rozhodnutí 1692/96/ES. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0005:FIN:CS:PDF>.
KOM/2009/0005 konečné znění.
20. Mobility and transport. *European Commission*. [Online]
<http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/>.
21. Report from commission to the council, the european parliament, the european economic and social committee and the committee of the regions. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2009:0018:FIN:EN:PDF>.
SEC(2009) 18.
22. Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 661/2010/EU ze dne 7. července 2010 o hlavních směrech Unie pro rozvoj transevropské dopravní sítě. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online] 2010.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:204:0001:0129:CS:PDF>.
23. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/57/ES ze dne 17. června 2008 o interoperabilitě železničního systému ve Společenství. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online] 2008.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:191:0001:0045:CS:PDF>.
24. Rozhodnutí Komise ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému Bezpečnost v železničních tunelech v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:064:0001:0071:CS:PDF>.
2008/163/ES.
25. Rozhodnutí Komise ze dne 21. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu týkající se osob s omezenou schopností pohybu a orientace v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:064:0072:0207:CS:PDF>.
2008/164/ES.
26. Rozhodnutí Komise ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému Infrastruktura transevropského vysokorychlostního železničního systému. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:077:0001:0105:CS:PDF>.
2008/217/ES.
27. Rozhodnutí Komise ze dne 26. dubna 2011 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „infrastruktura“ transevropského konvenčního železničního systému. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:126:0053:0120:CS:PDF>.
2011/275/EU.
28. Prováděcí rozhodnutí Komise ze dne 15. září 2011 o společných specifikacích registru železniční infrastruktury. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online]
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:256:0001:0025:CS:PDF>.
2011/633/EU.

29. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/2/ES ze dne 14. března 2007 o zřízení Infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství (INSPIRE). *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:CS:PDF.2007/2/ES>.
30. O Inspire. *INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe*. [Online] <http://inspire.gov.cz/o-inspire>.
31. Rozhodnutí Komise ze dne 23. července 2012, kterým se mění rozhodnutí 2006/861/ES, 2008/163/ES, 2008/164/ES, 2008/217/ES, 2008/231/ES, 2008/232/ES, 2008/284/ES, 2011/229/EU, 2011/274/EU, 2011/275/EU, 2011/291/EU a 2011/314/EU o TSI. *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie*. [Online] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:217:0020:0045:CS:PDF.2012/464/EU>.
32. Úplné znění zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, s účinností od 1. ledna 2012. *Ministerstvo dopravy - drážní doprava*. [Online] http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/3AD42FB3-62DC-4358-877F-D39E5B1D50C3/0/26694k_112012uplzneni.pdf. 266/1994 Sb..
33. Úplné znění nařízení vlády č. 133/2005 Sb., o technických požadavcích na provozní a technickou propojenost evropského železničního systému, ve znění nařízení vlády č. 371/2007 Sb., nařízení vlády č. 289/2010 Sb., a nařízení vlády č. 88/2012 Sb. *Ministerstvo dopravy - Drážní doprava*. [Online] <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/E8F4E5DA-D94C-4D85-B209-4671D428EB46/0/1332005NVinteroperabilitaUZ7042012.pdf>. 133/2005 Sb..
34. Vyhláška MD č. 177/1995 Sb. *Ministerstvo dopravy - Drážní doprava*. [Online] <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/0F2BAE4D-F8D0-4B0D-B7AA-FBF533EAE19D/0/v17795uplnezneni.rtf>. 177/1995 Sb..
35. Vyhláška č. 352/2004 Sb. *Ministerstvo dopravy - Drážní doprava*. [Online] <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/0D9EA128-72D6-4C16-9192-4B78B75674D0/0/3522004uplzn2012.pdf>. 352/2004 Sb..
36. Sdělení MD č. 111/2004 Sb. *Ministerstvo dopravy - Drážní doprava*. [Online] <http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/E3EAB380-85B5-480A-85DF-1E6CC1695572/0/s11104.rtf>. 111/2004 Sb..
37. Novela zákona 123/1998 Sb. *INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe*. [Online] http://inspire.gov.cz/sites/default/files/documents/380_2009.pdf. 380/2009 Sb..
38. Služební rukověť. *Pasportní evidence železničního svršku*. Sv. třetí, Pasport železničního svršku. ČD SR 103/7 (S) - 3.
39. ČSN 73 6360-1. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - Část 1: Projektování*. místo neznámé : Český normalizační institut, 2008.
40. **Soave, Piero**. Dopravní politika: obecné zásady. *Evropský parlament*. [Online] 2011. http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU_4.6.1.pdf.
41. Předpis SŽDC S3. *Železniční svršek*. místo neznámé : Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. SŽDC S3.
42. **Bitterer, Ladislav**. *Základy fotogrametrie*. Žilina : Žilinská univerzita v Žilině, 2005.
43. ESRI. [Online] www.esri.com.
44. **Butler, Allison J**. *Designing Geodatabases for Transportation*. místo neznámé : ESRI Press, 2008. ISBN: 9781589481640.
45. **Sodomka, Petr a Klčová, Hana**. *Informační systémy v podnikové praxi*. místo neznámé : Computer Press, 2010. ISBN: 978-80-251-2878-7.
46. **Pratt, Philip J a Adamski, Joseph J**. *Concepts of Database Management*. místo neznámé : Cengage Learning, 2011. ISBN: 9781111825911.
47. **Crane, Robert a a kol.** *System and method for advanced tight coupling of GPS and inertial navigation sensors*. US 7274504 B2 2007.

48. **Croyle, Steven R a a kol.** *Vehicle navigation system and method using multiple axes accelerometer.* US 6308134 B1 2001.

6.1 Souvisejí publikace autora

Geografické informační systémy v dopravním inženýrství. **Souček, Václav, Radimský, Michal a Apeltauer, Tomáš. 2010.** Ostrava : KONSTRUKCE Media, 2010, Silnice a železnice. ISSN 1801-822X.

Interoperabilita evropského železničního systému z pohledu České republiky. **Souček, Václav, Tomandl, Vladimír a Vukušič, Ivan. 2009.** Brno : VUT v Brně, 2009. Juniorstav. ISBN 978-80-214-3810-1.

Využití moderních metod GPS při sběru dat pro GIS. **Souček, Václav. 2009.** Brno : VUT v Brně, 2009. Juniorstav. ISBN 978-80-214-3810-1.

Projekt zavedení GIS pro potřeby VÚŽ. **Souček, Václav. 2008.** Brno : VUT v Brně, 2008. Juniorstav. ISBN 978-80-86433-45-5.

Grafické a geografické informační systémy používaná v prostředí Českých drah. **Souček, Václav. 2007.** Brno : VUT v Brně, 2007. Juniorstav. ISBN 978-80-214-3337-3.

Optimalizace vizualizovaných dat pro potřeby ČD. **Souček, Václav a Smítal, Petr. 2006.** Brno : VUT v Brně, 2006. Juniorstav. ISBN 80-214-3109-1.

Seznam zkratek a symbolů

AD	analogově digitální
API	Application interface Aplikační rozhraní
Bpv	Výškový systém baltský – po vyrovnání
CAM	Computer-Aided Mapping Systémy pro digitální mapování
CCR	Register of Complementary Certificates Registr doplňkových certifikátů
CCS	Subsystem Command and Controlling Subsystem řízení a zabezpečení
CLR	Common Language Runtime
COBOL	Common Business-Oriented Language
DB	Databáze
DCL	Data Control Language Jazyk pro správu dat
DDL	Data Definition Language Jazyk pro definici datových struktur
DGPS	Diferential Global Positioning System
DML	Data Manipulation Language Jazyk pro manipulaci s daty
DMS	Desktop Mapping System Systémy pro manažerské mapování
DPM	Digitální přehledová mapa
DPZ	Dálkový průzkum Země
ECM	Entity in Charge of Maintenance

	Subjekt odpovědný za údržbu
EFK	Extended Kalaman Filter
ENE	Subsystem Energy Subsystém energie
ERA	European Railway Agency Evropská železniční agentura
ERADIS	European Railway Agency Database of Interoperability and Safety Databáze pro interoperabilitu a bezpečnost Evropské železniční agentury
ERAIL	European Railway Accident Information Links Evropské odkazy železničních nehod
ERTS	European terrestrial reference system Evropský pozemní referenční systém
EST	evidenční systém tunelů
ETA	Estimated Time of Arrival of wagons at the customer side Odhadovaný čas příjezdu vagonů (doručení na kolejiště zákazníka)
ETCS	European Train Control Systems Kontrolní a signalizační železniční systém
ETI	Estimated Time of Interchange of wagons from one RU to another Odhadovaný čas předání
EU	Evropská unie
EVN	European Vehicle Number Evropské číslo vozidla
F	Freight transport Nákladní doprava
GIS	Geografický informační systém
GPS	Global Position System

HDP	Hrubý domácí produkt
HW	Hardware
IBM	International Business Machines
INF	Subsystem Infrastructure Subsystém infrastruktura
IPSEE	Informační systém správy elektrotechniky a energetiky
IRNDB	Infrastructure Restriction Notice Database Databáze upozornění a omezení infrastruktury
IS	Informační systém
ISPD	Informační systém provozuschopnosti dráhy
ISSaZT	Informační systém sdělovací a zabezpečovací techniky
ISŽP	Informační systémy životního prostředí
IT	Information Technology Informační technologie
KJŘ	knižní jízdní řád
KOF	Kinematic On the Fly
LIS	Land Information System Informační systémy o území
M	Mixed transport smíšená doprava
MD	Ministerstvo dopravy
MES	Mostní evidenční systém
NLR	National Register of Train Driving Licences
NMEA	National Marine Electronics Association
NoBo	Notified Body Notifikovaná osoba

OGC	Open Geospatial Consortium
OIS	Oborové informační systémy
OOP	Objektově orientované programování
OTIF	Organisation intergouvernementale pour les Transports Internationaux Ferroviaries Mezivládní organizace pro mezinárodní železniční přepravu
P	Passenger transport osobní doprava
PBaIS	Pasport budov a inženýrských sítí
PIS	Prostorové informační systémy
PK	Primární klíč
PRM	People with reduced mobility Osoby s omezenou schopností pohybu a orientace
PŽSp	Pasport železničního spodku
PŽSv	Pasport železničního svršku
RDD	Reference Document Database Databáze referenčních dokumentů
RINF	Register of Infrastructure Registr infrastruktury
RMC	Recommended minimum data for gps
RST	Subsystem Rolling stock Subsystém kolejová vozidla
RTK	Real Time Kinematic
RU	Railway Undertaking Železniční podnik
S-42/83	Souřadnicový systém 1942

SAP	Systems Applications and Products in Data Processing Systémy, Aplikace a Produkty v oblasti zpracování dat
S-Gr95	Tíhový systém 1995
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
SPKF	Sigma-point Kalman Filter
SQL	Structured Query Language Strukturovaný dotazovací jazyk
SRT	Safety in railway tunnels Bezpečnost v železničních tunelech
SŘBD	System řízení báze dat
SW	Software
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TAF	Telematics applications for Freight telematické aplikace pro nákladní dopravu
TAP	Telematics applications for Passenger Telematické aplikace pro osobní dopravu
TCC	Transaction Control Commands Jazyk pro ovládání transakcí
TEN-T	Trans-European Transport Network Transevropská dopravní síť
TSI	Technical specification for interoperability Technická specifikace pro interoperabilitu
ÚIS	Územní informační systémy
VKM	Vehicle Keeper Marking Označení provozovatelů vozidel

WGS84	World geodetic system 1984 Světový geodetický systém
XML	eXtensible Markup Language Rozšířitelný značkovací jazyk