



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta Dopravní  
Ústav dopravní telematiky**

**Nástroje a analýzy vývoje dostupnosti veřejné hromadné dopravy v  
časoprostoru**

**Development analyses and tools of public transportation availability**

Bakalářská práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích  
Studijní obor: Inteligentní dopravní systémy

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.

**Václav Kroupar**

---

**Praha 2015**



**K620..... Ústav dopravní telematiky**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Václav Kroupar**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Nástroje a analýzy vývoje dostupnosti veřejné hromadné dopravy v časoprostoru**

Název tématu (anglicky): Development analyses and tools of public transportation availability

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Zpracujte řešersní studii ohledně nástrojů a posuzování dopravní obslužnosti.
- Navrhněte koncept aplikačního prostředí pro analýzu dopravní obslužnosti ve vybraném prostoru a čase.
- Realizujte modelový příklad analýzy.
- Diskutujte výsledky a závěry.
- Představte návrh dalšího rozvoje vaší práce.

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího BP

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Developments in Transport Modelling, Ben-Akiva, M., Van de Voorde, E. and Meersman, H.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2014**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky

  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Václav Kroupar  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 16. října 2014

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

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

V Praze dne 7.6 2015

---

Václav Kroupar

## **Poděkování**

Zde bych chtěl vyjádřit své díky všem lidem, kteří mne během mého snažení podporovali a umožnili mi přivést tuto práci do finální podoby. Obzvláště pak vedoucímu práce Doc. Ing. Pavlovi Hruběšovy Ph.D. který mi ukázal možnosti, kudy se může tato práce ubírat. Také Judovi Kaletovi za pomoc s gramatickou korekturou a mojí rodině, která mne podporovala v tomto studiu.

## **Abstrakt**

Autor:	Václav Kroupar
Název:	Nástroje a analýzy vývoje dostupnosti veřejné hromadné dopravy v časoprostoru
Škola:	České vysoké učení technické v Praze
Fakulta:	Fakulta dopravní
Rok vydání:	2015
Počet stran:	49
Klíčová slova:	Prostorová dopravní síť, dopravní obslužnost, nástroje vyhodnocování dopravní obslužnosti

Tato bakalářská práce se zabývá způsoby analýzy dopravní obslužnosti a nástroji, kterými lze tyto analýzy provádět. Dále probírá možnosti její prezentace a vizualizace. Dále rozebírá samotnou tvorbu těchto systémů.

## **Abstract**

Author: Václav Kroupar

Title: Development analyses and tools of public transportation availability

University: Czech Technical University in Prague

Faculty: Faculty of transportation sciences

Year of publication: 2015

Number of pages: 49

Key words: Spatial transportation network, transportation availability, transportation accessibility, analysing tools

This bachelor's thesis focuses on the ways how to analyse transportation availability and accessibility. It also targets on the tools analysing and visualising these characteristics. Moreover analyses methods of creating these tools and systems.

## Obsah

Prohlášení .....	3
Poděkování .....	4
Abstrakt .....	5
Abstract .....	6
Obsah .....	7
Seznam použitých zkratk.....	9
Úvod .....	10
1 Rešerše dopravní obslužnosti.....	11
1.1 Definice dopravní obslužnosti .....	11
1.2 Způsoby výpočtu obslužnosti .....	12
1.3 Nástroje dopravní obslužnosti.....	14
2 Navrhování konceptu aplikačního prostředí .....	19
2.1 Funkce systému .....	20
2.2 Datová základna.....	21
2.3 Zpracování dat.....	24
2.4 Výstupy .....	26
2.5 Architektura systému.....	31
3 Praktická demonstrace.....	36
3.1 Architektura.....	37
3.2 Workflow .....	37
3.3 Výstupy .....	40
Závěr .....	43
Použité zdroje.....	45



Literatura .....	45
Seznam obrázků .....	48
Seznam tabulek .....	49

## Seznam použitých zkratk

CIS	Celostátní informační systém o jízdních řádech
CSCT	Continuous space, continuous time – spojitý prostor, spojitý čas
CSDT	Continuous space, discrete time – spojitý prostor, diskrétní čas
CSV	Comma separated values – typ souboru s daty oddělenými čárkou
ČR	Česká Republika
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DPCHJ	Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova
DSCT	Discrete space, continuous time – diskrétní prostor, spojitý čas
DSDT	Discrete space, discrete time – diskrétní prostor, diskrétní čas
DSS-STSG	Decision support system for analysing transit service gap – Podpůrný systém rozhodování analyzující dopravní dostupnost
JSP	JavaServer Pages
MVC	Model view controller – architektura typu model pohled řadič
MVP	Model view presenter – architektura typu model pohled prezentér
OGC	Open Geospatial Consortium
PID	Pražská integrovaná doprava
RFID	Radio Frequency Identification – identifikace na rádiové frekvenci
VHD	Veřejná hromadná doprava

## Úvod

V dnešní době existuje mnoho možností přepravy, od vodní, přes pozemní, po leteckou. A veškerá doprava procházela vývojem několik stovek let. Jak individuální, tak hromadná doprava je nedílnou součástí našich životů. Stejně jako každý jiný obor, tak se i doprava snaží neustále zlepšovat, zrychlovat, zkvalitňovat, celkově zlepšovat a přinášet větší užitek.

Dalším velikým oborem, který ovlivňuje naši každodenní společnost, jsou informační systémy a technologie. Jedná se sice o mladší obor, který je ale o poznání dynamičtější. Během několika let opustil utajovaný vojenský sektor a začal se integrovat do všech oblastí společnosti a dnes neexistuje část života, kde by informační technologie nenašly využití.

Propojením dopravy a informačních technologií vznikla dopravní telematika, která se zabývá zpracováváním informací z dopravy a jejím řízením. Osobně se zaměřuji na chytré využití map a geografických informačních systémů v dopravě.

V této práci se zaměřuji na rozbor pojmů, výpočtů a metod zobrazení spojených s dopravní obslužností. Obslužnost, neboli akcesibilita, je spolu s konektivitou, hustotou komunikací a klikatostí jednou z hlavních vlastností dopravní sítě (1), a proto by jí měla být věnována náležitá pozornost.

Cíle práce této práce jsou následující: seznámit čtenáře s možnostmi analýzy dopravní obsluhy a jejich výpočty. Představit způsoby promítání těchto výsledků do mapových podkladů. Probrat požadavky na tvorbu informačních systémů, jejich architekturu a funkce. Provést rešerši, návrh a demonstraci systému již existujících systémů vyhodnocujících dopravní obslužnost. Dále pak zhodnotit pozitiva a negativa a naznačit směr dalšího vývoje.

Rád bych v rámci zpracovávání diplomové práce vytvořil funkční, veřejně přístupnou internetovou aplikaci, která by inovativním způsobem řešila dopravní obslužnost libovolné oblasti a byla by přínosem pro uživatele.

# 1 Rešerše dopravní obslužnosti

## 1.1 Definice dopravní obslužnosti

Ze začátku bych chtěl uvést několik možných definic dopravní obslužnosti z různých pohledů, začal bych právním.

Dopravní obslužnost v České republice definuje zákon 194/2010. Hlavním důvodem jeho zavedení bylo nařízení Evropského parlamentu (ES) č. 1370/2007. Dle tohoto zákona by měly postupovat všechny státní orgány a zabezpečovat dostupnost. Z našeho technicky orientovaného hlediska jsou zajímavé obzvláště §2 až §4.

§2 definuje dopravní obslužnost jako: *“zabezpečení dopravy po všechny dny v týdnu především do škol a školských zařízení, k orgánům veřejné moci, do zaměstnání, do zdravotnických zařízení poskytujících základní zdravotní péči a k uspokojení kulturních, rekreačních a společenských potřeb, včetně dopravy zpět, přispívající k trvale udržitelnému rozvoji územního obvodu.“*

V §3 je řečeno, že rozsah dopravní obslužnosti si určují samy obce a kraje. Dle §4 stát zajišťuje nadregionální či mezinárodní obslužnost, ale používá k tomuto účelu pouze vlakovou dopravu. Díky tomuto zákonu existují dopravní plány obslužnosti (§5) s minimální platností 5 let, které musí být dodržovány. (2)

Následující definice rozebírají obslužnost spíše z technického hlediska.

Jako první obslužnost oficiálně definoval Waster G. Hansen v roce 1959 ve svém článku *Jak dopravní dostupnost mění využívání krajiny* takto: obslužnost je potenciál příležitostí interagovat (potential of opportunities for interaction). Zmiňuje však, že předtím se o pojmu dostupnosti uvažovalo jako o intenzitě možností interakce (intensity of the possibility of interaction). Rozdíl v těchto pojetích je v tom, že přesunul předmět zkoumání z aktuálního stavu do potenciálního. (3)

V. N. Bugromenko definuje dostupnost jako: systematický indikátor prostorových příležitostí společnosti, které jsou uskutečňovány dopravní infrastrukturou a které odráží konkurenceschopnost lokalit (systemic indicator of spatial opportunities of the society which is constituted by the transport infrastructure and which reflects competitiveness of

localities). Touto definicí naznačuje, že primární účel dostupnosti je právě analýza a zkoumání možností dopravy v oblasti. (4)

Obslužnost je svou definicí podobná mobilitě. Mobilita je schopnost být uveden do pohybu v konkrétním prostoru a čase. Na rozdíl od ní je obslužnost kombinací dopravního systému a způsobu, jak se využívá. (5)

Je zde několik důvodů proč vyhodnocovat dostupnost. Lze ji využít pro vyhodnocování změn v dopravě, hledání možností využití stávající dopravní sítě. Pro nalezení podkladů, které pomohou inicializovat změny, až pro samotné obyvatele dané oblasti, kteří mohou zjistit, v jakém prostředí se pohybují. (5)

Dále existuje několik možných pohledů, na to jak měřit dopravní obslužnost. Primární rozdíl se může vyskytnout v místě zachycení obslužnosti, jedná se o dva hlavní pohledy „z“ a „do.“ Dále se pak dělí podle počtu interakcí:

- **1:1** – relativní řeší pouze dostupnost mezi dvěma body. Například zaměstnanec – zaměstnání.
- **1:N** – integrovaný řeší dostupnost více bodů z jednoho. Například osoba – zaměstnání, kulturní zařízení, možnosti nákupu atd. Tento přístup používá např. ve své práci W. Zeng. (6)
- **N:N** – tento přístup se prolíná sezónovým pojetím dostupnosti, která řeší obslužnost oblasti. Této metody využil například J. Su. (7)

## 1.2 Způsoby výpočtu obslužnosti

Dále bych rád představil způsoby, kterými lze vypočítat různá kritéria obslužnosti. Bhat Chandra a kol.(5) porovnává 56 prací různých prací, které jsou převážně zaměřeny na obslužnost individuální dopravu. Dělí metody výpočtu na pět skupin a jednu srovnávací metodu: a) teorie grafů a měření vzdálenosti; b) metoda kumulovaných příležitostí; c) gravitační modely; d) měření užitečnosti; e) časoprostorové modely; f) empirické porovnávání.

### a) *Měření vzdálenosti*

První, nejjednodušší měřicí metodou je měření vzdálenosti, prostorového oddělení, která využívá poznatky teorie grafů. Tento přístup se příliš neliší do výpočtu mobility, protože

počítá pouze se vzdáleností, ale na rozdíl od té využívá váženou vzdálenost mezi uvažovanými zónami. Lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$A_{ij} = \frac{\sum_j d_{ij}}{b}$$

Kde  $A_{ij}$  je dostupnost mezi zónami  $i, j$ ;  $d_{ij}$  je vzdálenost mezi zónami  $i, j$ ;  $b$  je obecný parametr. Tato metoda byla využita například pro makro analýzu dostupností měst, meter, dopravních systémů. Tento přístup je také kritizován za přílišné zjednodušení reálné situace.(5)

#### *b) Metoda kumulovaných příležitostí*

Metoda kumulovaných příležitostí je nejjednodušší metoda, která bere v potaz jak vzdálenost, tak i cíl cesty. Pro účely této metody se definuje mezní hodnota vzdálenosti, nebo času, která omezuje potenciální možnosti. Může být zapsána následovně:

$$A_t = \sum_t O_t$$

Kde  $t$  je mezní vzdálenost a  $O_t$  je příležitost, která může být dosažena. Tato metoda se používá pro zjištění dostupnosti zaměstnání, nebo nemocnic v oblasti. Největším nedostatkem tohoto přístupu je shodná váha jednotlivých možností. (5)

#### *c) Gravitační model*

Gravitační model je založen na myšlence možnosti interakce, která se snižuje se vzdáleností. Při výpočtu se používá stejného principu jako u předchozí metody, s tím rozdílem, že oddělení možností je spojitě a nikoli diskrétní. Lze popsat tímto vzorcem:

$$A_j = \sum_j \frac{O_j}{t_{ij}^\alpha}$$

Kde  $t$  je vzdálenost, nebo čas. Důležité je, že  $\alpha$  se může velmi lišit pro různé aktivity, lidé jsou ochotni jezdit dále do zaměstnání, než na nákupy. Tato metoda se využívá opět pro zjištění dostupnosti nemocnic, zaměstnání, obchodů. (5)

#### *d) Měření užitečnosti*

Měření užitečnosti je dalším způsobem, jak měřit dostupnost. Místo prostorových veličin zjišťuje užitečnost cíle cesty každého jedince. Obecně lze vyjádřit takto:

$$A_n = E \left[ \max_{i \in C} U_{in} \right] = \ln \sum_{i \in C} \exp(V_{in})$$

Kde  $A_n$  je dostupnost jednotlivých cílů cesty  $i$  jedince  $n$  v prostoru  $C$ .  $U_{in}; V_{in}$  je užitečnost dosažení cíle. Výhodou tohoto přístupu je přesnější zařazení pohybujících se osob do socioekonomických a jiných skupin. Nevýhodou je to, že se zpravidla pracuje pouze s výběrovým souborem, při jehož vytváření je důležité se vyhnout extrémním stavům. A že pouze analyzuje momentální stav, tudíž není schopen predikce změn. (5)

#### e) Časoprostorové měření

Další možností je časoprostorový přístup, který přidává do konceptu obslužnosti další rozměr. Jeho hlavním myšlenkou je to, že cestující má jen omezené časové možnosti a s narůstajícím cestovním časem se zmenšuje velikost prostoru, kam se ještě může dopravit.

Existují tři hlavní druhy omezení:

- Omezení schopnostmi – ty se vztahují na lidské možnosti (spánek, jídlo atd.)
- Omezení propojení – kdy se potřebuje osoba dostavit na dané místo (práce, škola atd.) v přesný okamžik
- Omezení autoritou – zakázání pohybu v daném prostoru (pěší zóny)

K samotnému výpočtu je možno využít některou výše uvedených možností a) – d). Tento přístup bere v úvahu kombinaci cest a jejich řetězení a byl využit například pro vyhodnocování změn v dopravním systému. Při použití této metody může být obtížné určit časové limity pro jednotlivce. (5)

#### f) Empirické porovnávání

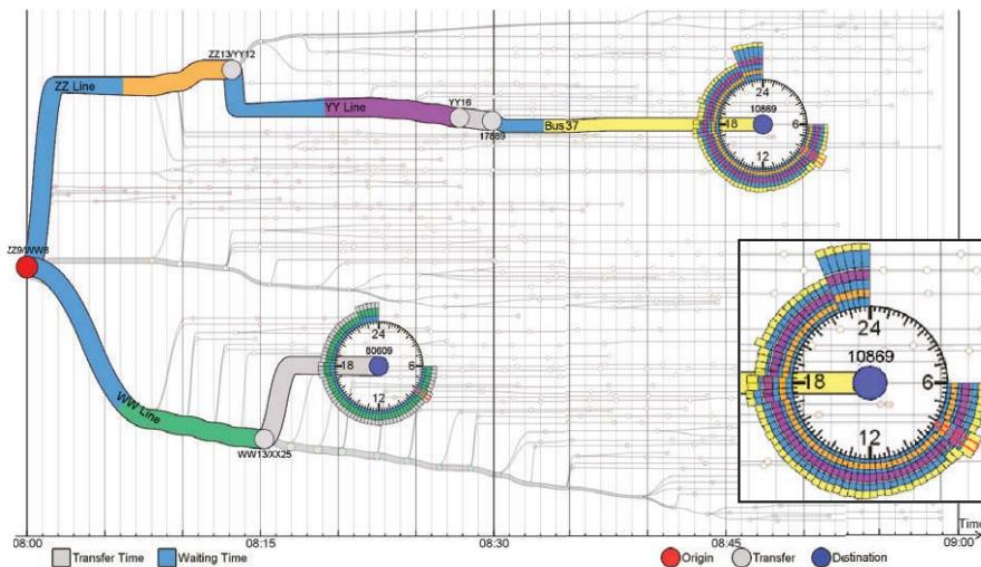
Empirické porovnávání není další inovující přístup, ale pouze srovnání výsledků výše uvedených metod. Jelikož různé přístupy, přinášejí rozdílné výsledky, tak tyto odchylky lze zmírnit právě kombinovaným přístupem.(5)

### 1.3 Nástroje dopravní obslužnosti

Ačkoliv bylo vytvořeno mnoho rozmanitých prací zabývajících se dopravní obslužností, tak situace s automatickými, univerzálními, interaktivními nástroji je skromnější. Mnoho autorů pro vizuální výstup zvolilo isochrony na mapovém podkladu. Nyní proberu některé z těchto existujících systémů.

### *Analýza singapurského dopravního systému*

Wei Zeng, Chi-Wing Fu, Stefan Mülle, Alexander Erath a Huamin Qu vytvořili rozsáhlý systém analýzy a vizualizace hromadné Singapurské dopravy, který mi byl velikou inspirací. Umožňuje pracovat jak s přístupem 1:1, tak i 1:N. Tento systém je neveřejný, určen pro profesionální použití. Analyzuje účinnost využití dopravního systému, potenciální dostupnost z jednoho bodu, vyhledává nejlepší cestu z jednoho místa do druhého, porovnává alternativní cesty a kondici dopravy v průběhu dne. Také umožňuje vícero způsobů vizualizace, které zmíním později. (6)



*Obrázek 1 Singapurský analyzační systém(6)*

### *Podpůrný systém rozhodování analyzující dopravní dostupnost*

Anglicky Decision support system for analysing transit service gap (DSS-STSG) je tchajwanský projekt vyhodnocující obslužnost jednotlivých oblastí, jedná se o typ N:N a není veřejně přístupný. Zaměřuje se na hledání nedostatků dopravní obsluhy z pohledu poptávky a kvality jejího uspokojení. V potaz bere jak dopravní, tak i socioekonomická data. Poté přiřadí každé oblasti hodnocení: A (nejlepší), až E (nejhorší). Tento výsledek je graficky zobrazen různými odstíny barev oblastí. (7)

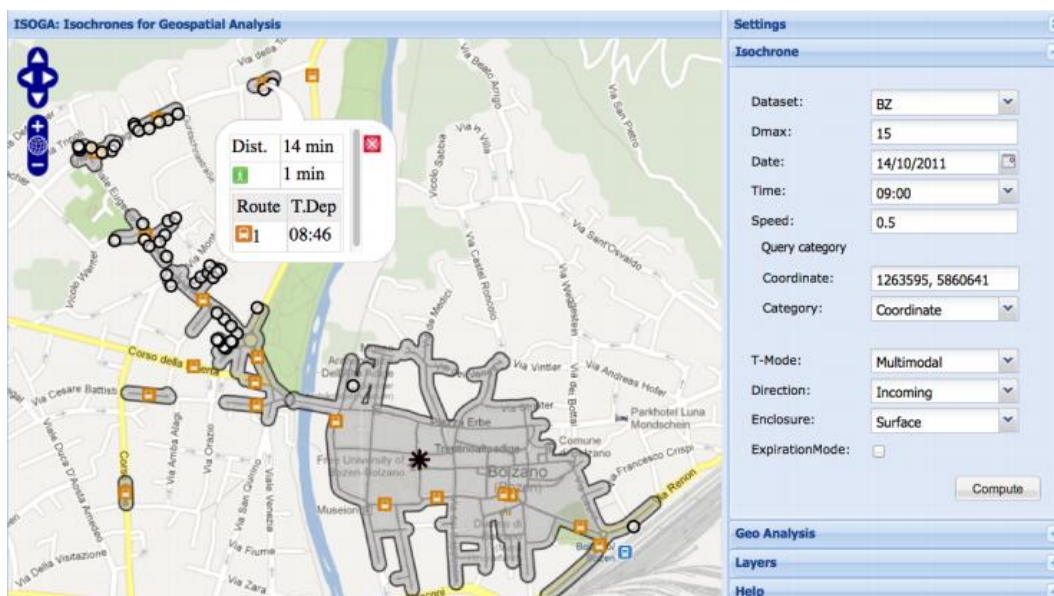




Obrázek 2 Vstupní dialogové okno DSS-STSG(7)

## ISODA

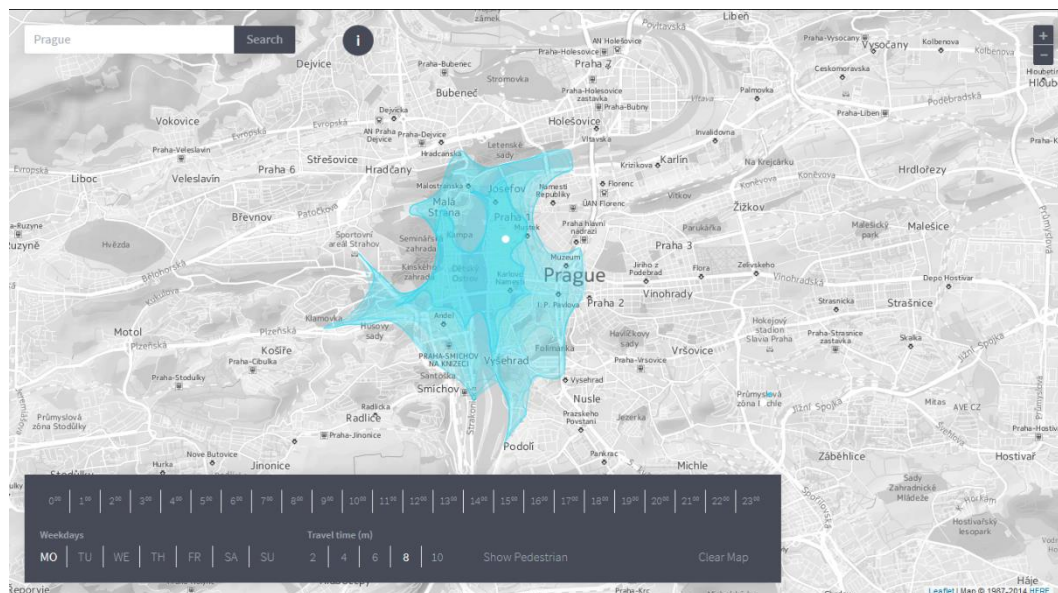
ISODA je projekt Italské univerzity v Bozen-Bolzano, jmenovitě Markuse Innerebnera, Michaela Bohlena a Johanna Gampera. Používá přístup 1:N a jeho primární funkcí je generování isochron na mapovém podkladu z dat jízdních řádů. Program byl přístupný z [www.isochrones.inf.unibz.it/isoga](http://www.isochrones.inf.unibz.it/isoga) ale je momentálně neaktivní.



Obrázek 3 ISOGA - uživatelské rozhraní (8)

## Isoscope

Isoscope<sup>1</sup> je webová aplikace tří studentů německé University aplikovaných věd v Postupimi, která se spíše zaměřuje na design, než na precizní analýzu dopravních dat. Rozlišuje stupeň dopravy během dne v týdnu a vytváří 24 organických vrstev isochron, jednu pro každou denní hodinu. Jedná se tedy o přístup 1:N.



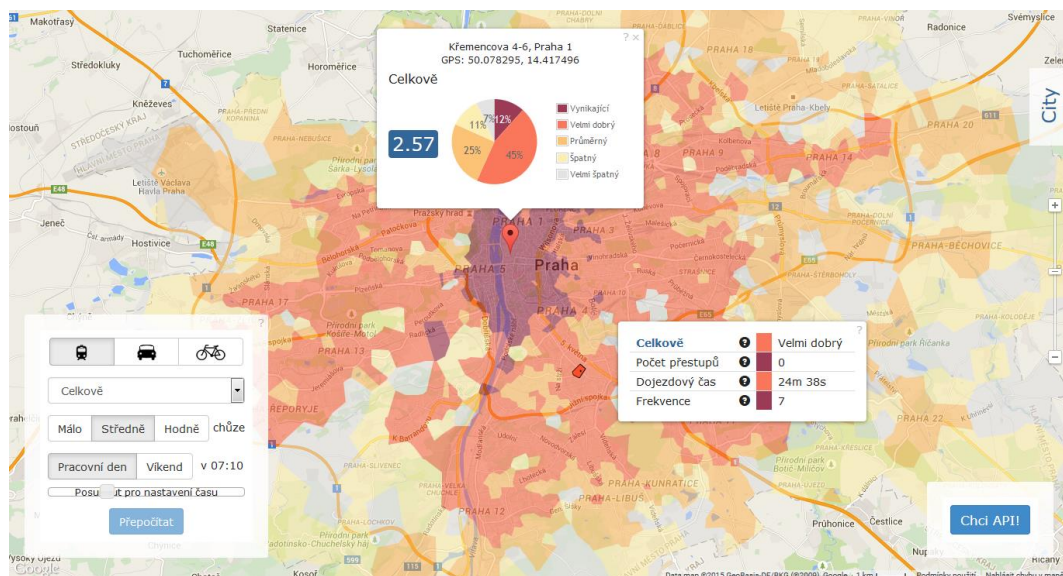
Obrázek 4 Isoscope

## Transport analyzer

Systém analýzy pražské dopravy Transport analyzer<sup>2</sup> je projekt studentů ČVUT – fakulty elektrotechnické Jana Nykla, Jana Hrnčíře a Michala Jakoba. Zpracovává území Prahy a Milána. Jde o přístup 1:N, kdy rozděluje území na menší celky, ke kterým vypočítává dostupnost od počátečních souřadnic pomocí PID, automobilu, či kola. Při výpočtu hodnotí počet přestupů, dojezdové času a frekvenci možných spojení.

<sup>1</sup>[www.flaviogortana.com/isoscope](http://www.flaviogortana.com/isoscope); [www.isoscope.martinvonlupin.de](http://www.isoscope.martinvonlupin.de)

<sup>2</sup> [www.transport.felk.cvut.cz/TransportAnalyser](http://www.transport.felk.cvut.cz/TransportAnalyser)

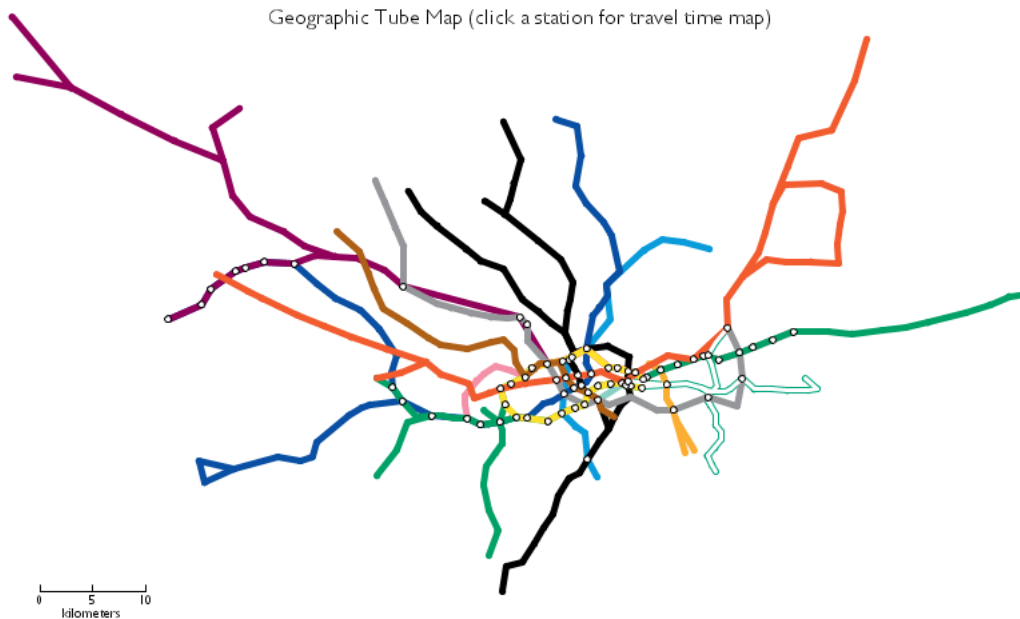


Obrázek 5 Transport analyzer

### Mapa cestovních časů Londýnského metra

Mapa cestovních časů Londýnského metra (Travel time tube map)<sup>3</sup> je veřejně dostupný projekt Toma Cardena, který se zaměřil na zobrazení Londýnského systému metra. Jeho práce mi byla oporou při tvorbě praktické ukázky.

<sup>3</sup> [www.tom-carden.co.uk/p5/tube\\_map\\_travel\\_times/applet](http://www.tom-carden.co.uk/p5/tube_map_travel_times/applet)



Obrázek 6 Mapa cestovních časů Londýnského metra

## 2 Navrhování konceptu aplikačního prostředí

V této části proberu, jakým způsobem se obvykle vytváří informační systém a jaké by měl splňovat požadavky. Při formování jakéhokoli počítačového systému by neměly být zanedbány tyto části:

Měla by proběhnout analýza problematiky

- určit způsob a metody řešení úkolu
- ujasnit způsob, jak znalosti o problému budou reprezentovány

Při návrhu by se mělo specifikovat následující:

- funkcionalitu programu
- datová základna (vstupní údaje a data)
- způsob zpracování dat
- výstupy programu

Návrh datové struktury

- brát ohled na existující datové typy

- matematizace nenumernických problémů

V oboru softwarového inženýrství existuje mnoho postupů, metodologií, procesních vzorů či metamodelů jak vytvořit funkční systém. R. Ramsim(9) zmiňuje následující:

- Metodologie:
  - Kaskádové: Shalear-Mellor, Coad-Yourdon, RDD, Booch, OMT, OSA, OOSE, BON, Hodge-Mock, Syntropy, Fusion;
  - Integrované: OPM, Catalysis, OPEN, RUP/USDP, EUP, FOOM
  - Agilní: DSDM, Scrum, XP, ASD, dX, Crystal, FDD
- Procesní vzory: Ambler
- Procesní Metamodely: OPF, SPEM

Tyto metodologie sledují různé cíle. Například Scrum klade důraz na získání potřebných informací od nerozhodného zákazníka. RUP je velmi masivní a komplexní nástroj pro velké vývojové týmy. XP se snaží použít všechny osvědčené metody a přivést je do extrému (9).

Zde uvedené postupy jsou však vhodné pro větší projekty, než mnou navrhovaný nástroj pro analýzu dopravní obslužnosti.

V následujících kapitolách proberu a podrobněji přiblížím jednotlivé problémy.

## 2.1 Funkce systému

Systém vyhodnocující dopravní obslužnost by měl zvládat následující funkce: měl by být odolný vůči anomáliím a nepřipustným hodnotám; umět načítat datové podklady; vypočítat teoretickou dopravní obslužnost a porovnat ji s reálnými hodnotami; vytvořit uživatelsky přívětivé grafické i numerické výstupy; zobrazovat dosažitelná místa v závislosti na omezeném čase; prezentovat samotné trasy bez mapy; vyhodnocovat vícero možných cest z A do B; poskytovat podrobnější informace o cestě – časová náročnost; vyhodnocovat vliv jednotlivých osobních faktorů na dojezd – docházka, ochota čekat.

Dalším aspektem je uživatelské rozhraní a jeho přívětivost, z tohoto pohledu by měl být brán zřetel zejména na:

- **Přehlednost** – aplikace by se měla držet zaběhlého a intuitivního rozvržení, aby se v ní uživatelé snadno vyznali.
- **Orientace** – všechny běžně používané možnosti by měly být dostupné maximálně na třetí kliknutí.
- **Grafické zpracování** – celkové grafické pojetí aplikace by mělo budit ucelený dojem a usnadňovat práci se systémem. (10)

## 2.2 Datová základna

Datová základna je soubor informací, které má program k dispozici. Je důležité vyřešit jaká data a jakým způsobem budou uložena.

### Dopravní síť

Dopravní síť je soustava dopravních komunikací a uzlů, na které se uskutečňuje přeprava. Dopravní síť může být dělena na disktrétní nebo spojitou a to v čase či v prostoru. Po síti spojitě v čase se může cestovat v jakékoliv chvíli. Po síti disktrétní v čase se pohybuje jen za pevně daných jízdních řádů. Síť spojitá v prostoru je dostupná v jakémkoliv bodě, zatímco nespojitá v prostoru je přístupná pouze z definovaného místa. Všechny tyto módy se mohou najednou vyskytovat, a obvykle se vyskytují, v jedné síti. (8)

Chtěl bych zde představit matematizovanou multimodální prostorovou síť, jak ji definoval M. Innerebener a kol. Představuje ji jako vektor o sedmi členech:  $N = (G, R, S, \rho, \mu, \lambda, \tau)$ , kde  $G = (V, E)$  je graf s množinou vrcholů  $V$  a množinou hran  $E$ .  $R$  je množina dopravních systémů.  $S = (R, TID, W, \sigma_a, \sigma_d)$  je vektor jízdních řádů, kde  $TID$  jsou identifikátory jednotlivých cest,  $W \subseteq V$ ,  $\sigma_a: R \times TID \times W \mapsto \mathbb{T}$  a  $\sigma_d: R \times TID \times W \mapsto \mathbb{T}$  určují příjezdový a odjezdový čas,  $\mathbb{T}$  je časová doména. Funkce  $\mu: R \mapsto \{\text{'csct'}, \text{'csdt'}, \text{'dsct'}, \text{'dsdt'}\}$  přiřazuje každému dopravnímu systému jeho mód. A funkce  $\rho: E \mapsto R$ ,  $\lambda: E \mapsto \mathbb{R}^+$ , a  $\tau: E \times \mathbb{T} \mapsto \mathbb{R}^+$  přiřazují každé hraně systému prostorovou vzdálenost a přepravní čas.

Tato definice stačí na reprezentaci a modelování dopravní sítě. Vrcholy  $V$  jsou místa dopravního křížení. Hrany  $E$  představují ulice, dráhu metra nebo koleje samostatných tratí. Vektor jízdních řádů (schedule)  $S$  zaznamenává časy příjezdů  $\sigma_a$  a odjezdů  $\sigma_d$  pro každý disktrétní systém v čase (csdt, dsdt) Definice přiřazuje všem dopravním systémy  $R$  různé módy spojitě/disktrétní (continous/discrete); v čase/prostoru (time/space), z těchto

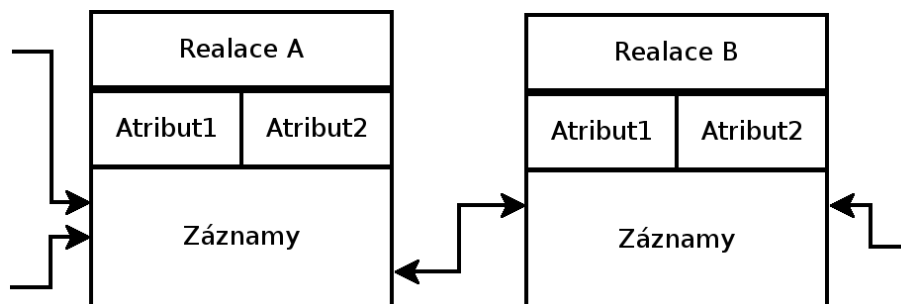
anglických výrazů jsou odvozeny zkratky csct, csdt, dsct, dsdt. Síť spojitá v čase i prostoru jsou například ulice pro pěší, zatímco síť diskretní v čase i prostoru je síť linek veřejné dopravy. Nakonec pro každou hranu  $E$  funkce  $\tau$  přiřazuje časovou náročnost pro její zdolání, její hodnota se může měnit v průběhu dne v závislosti na dopravních podmínkách, například na ranních kongescích (8)

## Databázové systémy

K uchování dat se v informačních systémech využívá databází, kterých je několik druhů. Chtěl bych zde zmínit relační a grafové databáze.

### a) Relační databáze

Relační databáze jsou nejstarším databázovým řešením, které pochází ze 70. let minulého století. Jedná se o známý, ověřený, masivní přístup. Uchovává data stejného typu v relacích (tabulkách), kde každému záznamu (řádku) přiřazuje atributy (sloupce). V jedné relaci může být teoreticky nekonečno záznamů. Jednotlivé záznamy jsou propojovány vztahy.

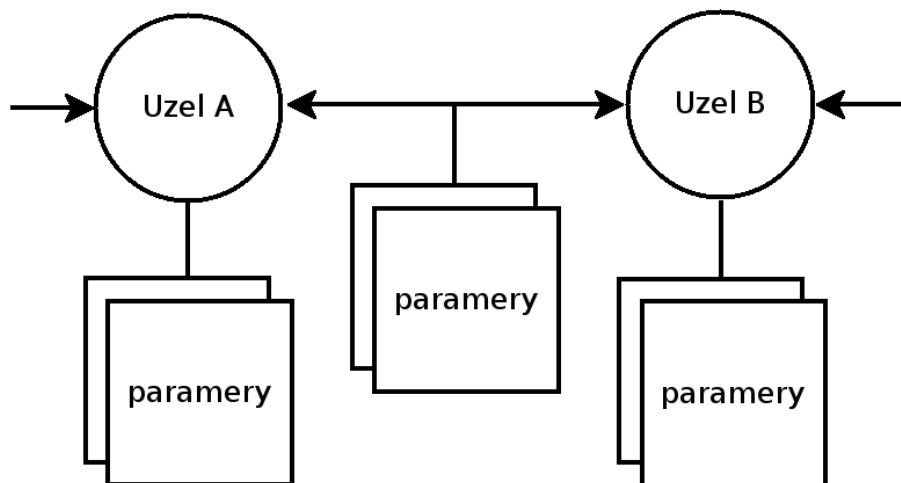


Obrázek 7 Struktura relační databáze

### b) Grafové databáze

Grafové databáze se mnohem více podobají pojetí z teorie grafů. Vývojově jsou mnohem mladší a využívají se převážně k propojení uživatelů sociálních sítí. Každý záznam (vrchol/vertex) je samostatný objekt, který může být propojen s libovolným množstvím

dalších záznamů pomocí hran (edges), které také mohou uchovávat informace. Příkladem konkrétní databáze mohou být Neo4j<sup>4</sup>, OrientDB<sup>5</sup>, AllegroGraph<sup>6</sup>. (11, 12)



Obrázek 8 Struktura grafové databáze

Zatímco relační databáze jsou vhodné pro data s předvídatelnou strukturou a získávání statistických informací o záznamech, tak grafové databáze jsou výhodnější pro hledání cest a vlastností spojení v databázi. Protože časová složitost přechodu v grafové databázi je mnohem nižší než v relační, ale je vyvažována časovou složitostí vytváření záznamu. (11)

### Sběr dat

Kvalita výsledku závisí na tom, jak kvalitní data máme k dispozici. Například Zeng (6) se největší měrou opíral o data z RFID čipů, kterými je vybaven každý cestující městskou hromadnou dopravou v Singapuru. Tento přístup však není možný třeba v případě Prahy, jelikož PID je otevřený systém a podobná data nejsou k dispozici. Na druhou stranu existují v ČR i dopravci s uzavřeným systémem, jako např. Dopravní podnik měst Chomutova a Jirkova (DPCHJ).

---

<sup>4</sup> [www.neo4j.org](http://www.neo4j.org)

<sup>5</sup> [www.orientdb.org](http://www.orientdb.org)

<sup>6</sup> [www.franz.com/agraph](http://www.franz.com/agraph)



Z geoprostorových dat jsou důležitá data o poloze zastávek, případně trasy linek. Časové údaje jízdních řádů jsou v ČR shromažďovány pomocí celostátního informačního systému o jízdních řádech (CIS)<sup>7</sup> Ještě do nedávna byl problém, že jeho provozovatel - firma Chaps - bránila zveřejnění surových dat, se kterými pracuje. Nicméně od 1. září 2015 vejde v platnost vyhláška ministerstva dopravy č. 122/2014 Sb. která udává v §9, odst. 8 povinnost zveřejňovat jízdní řády neprodleně po jejich vstupu do systému v podobě umožňující automatizované zpracování. (13, 14)

Další z možností je analyzovat data mobilních operátorů o poloze a pohybu lidí a porovnat je se současným stavem dopravní sítě.

## Vstupy

Kromě dat o dopravní síti v databázi je potřeba přijímat a interpretovat data uživatelů. Ze vstupů systému by mělo být patrné, co chce uživatel vykonat a zobrazit. Z jakého místa má provést analýzu, pro jakou denní dobu, jestli má porovnat více datových souborů a v jakém rozsahu, jaký má zobrazit mapový podklad. A také zaregistrovat požadavky na export dat.

## 2.3 Zpracování dat

Jelikož se zaměřuji na určení obslužnosti pomocí časoprostorové vzdálenosti, tak zde uvádím standardní postupy výpočtu nejkratší cesty.

OrientDB mimo jiné umožňuje naprogramovat uživatelské funkce prozkoumávání grafu, tudíž se do ní dají následující metody lehce implementovat.

### Minimální cesty v hranově ohodnocené síti

Minimální časovou náročnost zdolání cesty  $m^*$  v multimodální prostorové síti mezi dvojicí vrcholů  $v_1, v_2 \in V$  lze definovat jako:

$$\sum_{E \in m^*(v_1, v_2)} \tau(E) = \min_{m(v_1, v_2) \in M} \left\{ \sum_{E \in m(v_1, v_2)} \tau(E) \right\}$$

---

<sup>7</sup> [www.cisjr.cz](http://www.cisjr.cz); [www.idos.cz](http://www.idos.cz)

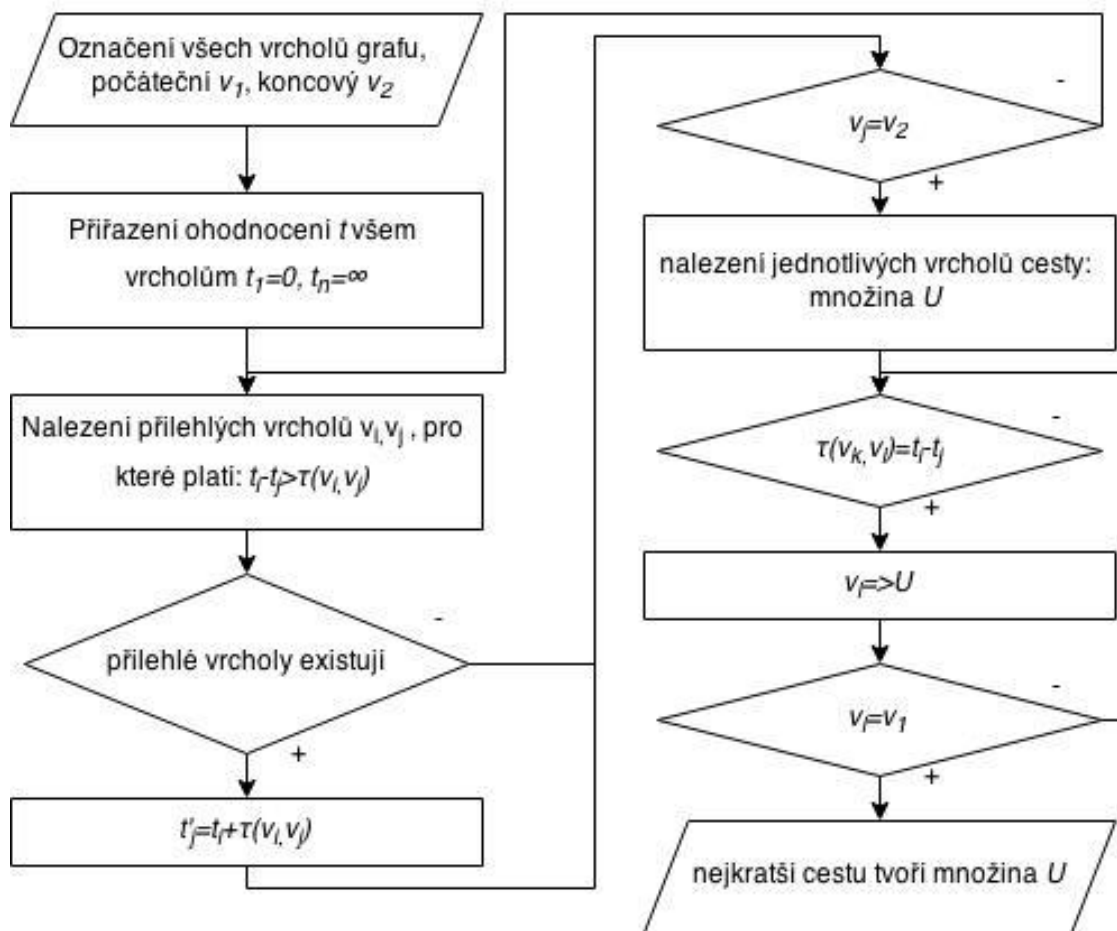
Kde  $M$  je množina všech cest  $m(v_1, v_2 \in V)$  v grafu  $G$ .

Existuje několik přístupů k nalezení nejkratší cesty, které se dají využít pro řešení mého problému. V této práci bych chtěl zmínit Fordovu metodu, Dijkstrův algoritmus a  $A^*$  algoritmus. (15)

a) *Fordova metoda*

Fordova metoda postupně přiřazuje hodnotu minimální cesty z vrcholu  $v_1$  každému jinému vrcholu, dokud se nedostane do koncového vrcholu  $v_2$ . Poté zpětně zjistí, přes které hrany minimální cesta vede.

Konkrétní postup je znázorněn následujícím diagramem:(15)



Obrázek 9 Fordova metoda (15)

### b) Dijkstrův algoritmus

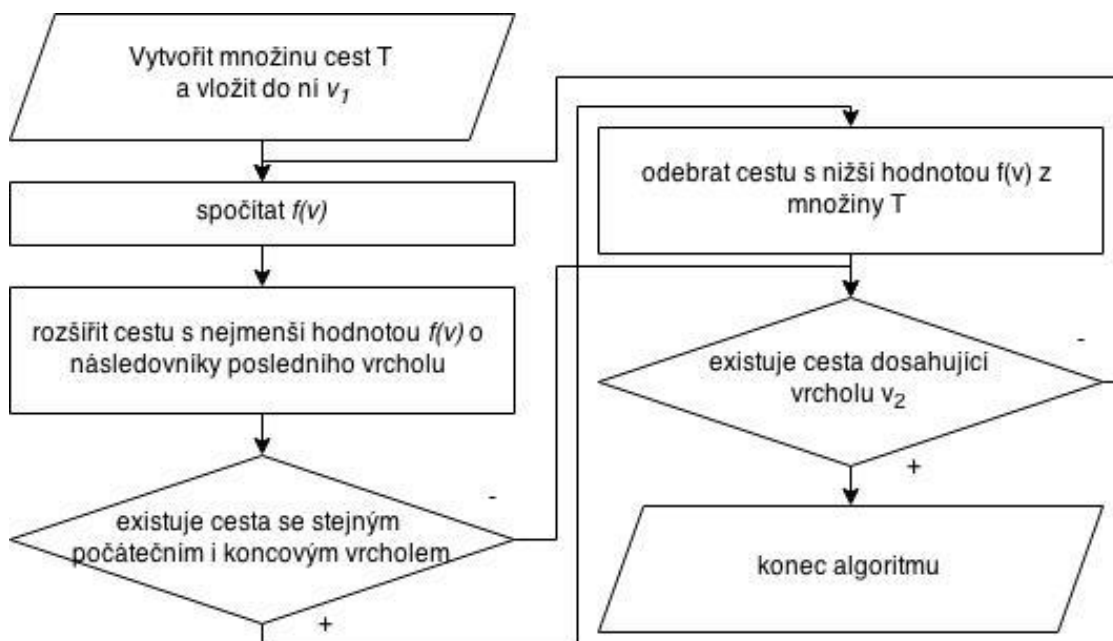
Dijkstrův algoritmus se od Fordova liší především v tom, že vrcholům kromě nejkratší cesty přiřazuje i předchozí vrchol, ze kterého bylo této hodnoty dosaženo. To především usnadňuje její pozdější rekonstrukci a snižuje výpočetní náročnost. (15)

### c) A\* algoritmus

A\* (A star) algoritmus vychází z Dijkstrova algoritmu, avšak s přidáním heuristiky, která snižuje náročnost výpočtů. Aby bylo dosaženo optimální cesty, A\* ohodnocuje vrcholy funkcí  $f(v)$  předpokládanou vzdáleností, aby se určilo pořadí jejich vyhodnocení.

$$f(v) = g(v) + h(v)$$

Kde  $g(v)$  je délka funkce a  $h(v)$  je hodnota heuristická funkce, které musí splňovat podmínku  $h(v) > 0$ . Pro geografické aplikace lze jako heuristiku použít například vzdušnou vzdálenost k cíli. (16)



Obrázek 10 A\*(16)

## 2.4 Výstupy

M.L Pack tvrdí, že značná část odborných i laických uživatelů má zájem získané data tisknout nebo je exportovat do tabulek, aby nad nimi mohly snadno provést další výpočty. Zde se nesmí opomenout zpětná kompatibilita se staršími formáty.

Pro geoprostorová data existují obecně přijaté standardy Open Geospatial Consortium (OGC)<sup>8</sup>, které se starají například o způsob podávání dotazů SQL, jakým způsobem publikovat geografická data, jak přenášet obrázky, jak filtrovat data atd. V současnosti obsahuje více než 40 standardů. (17)

## **Zobrazení**

Zobrazení je velice důležité pro koncové uživatele. Musí se dbát na to, aby data byla snadno čitelná a byla snížena šance chybné interpretace. Tudiž je nutné se vyhnout přílišnému zjednodušení nebo zobrazování přemíry informací.

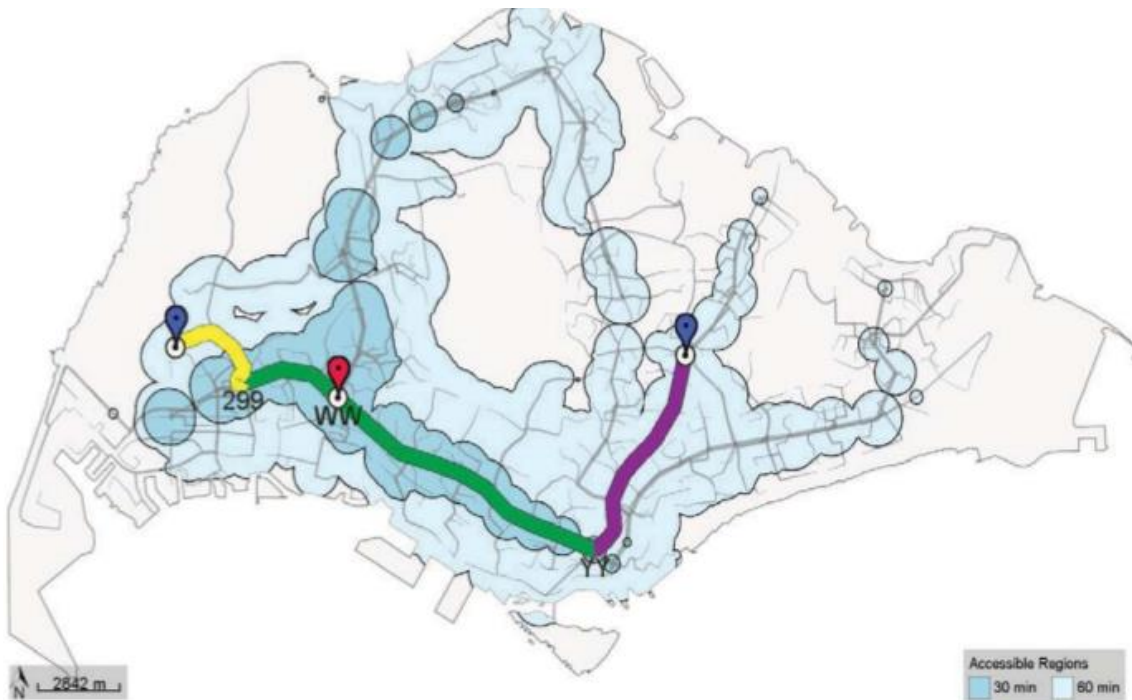
### *Mapa s izochronami*

Toto zobrazení zachovává tvar mapy, dodává izochrony, což jsou obvykle různobarevné pole značící stejnou časovou náročnost např. 10 min, 1 den. Mapu s izochronami jako první použil Francis Galton v roce 1881 pro zobrazení časové dostupnosti světa z Velké Británie v rámci dní.

Je to jedno z nejpůvodnějších zobrazení, které lze nalézt ve velkém množství nejen dopravních aplikací, jeho obdoby se používají například v hydrologii, kde je využíváno při zobrazování rozsahu povodňových oblastí řek. (18)

---

<sup>8</sup> [www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)



Obrázek 11 mapa s izochronami, převzato z (6)

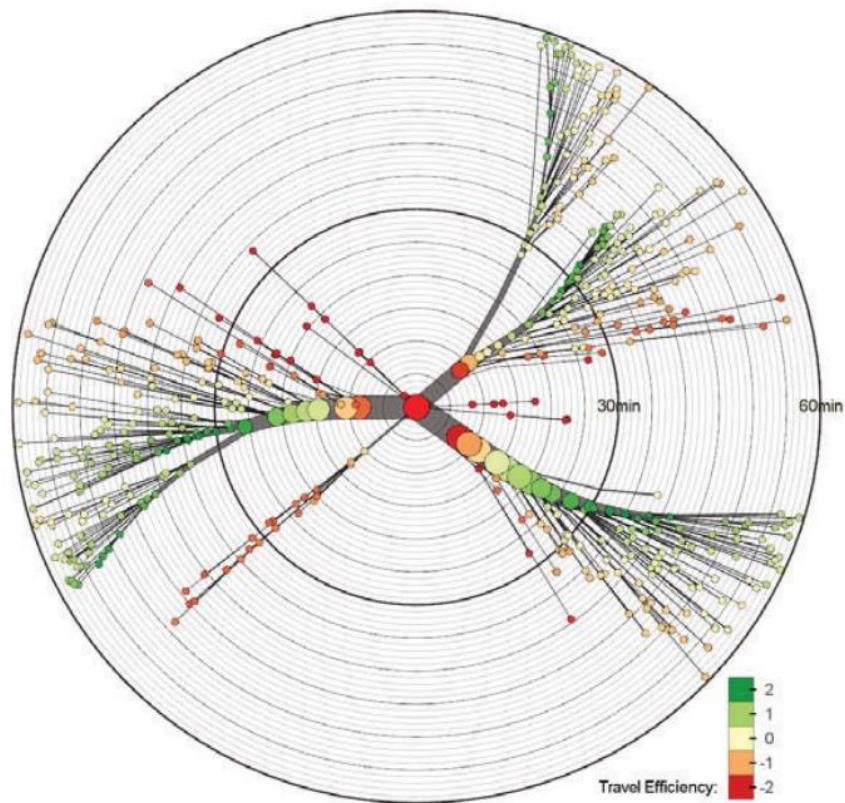
### *Paralelní zobrazení cest za konstantního času*

Paralelní zobrazení cest za konstantního času (Isotime flow map) je zobrazení, které jsem našel pouze v práci W. Zenga. Toto zobrazení linearizuje časový rozměr a umísťuje jej na vodorovnou osu. Zároveň paralelně vykresluje větvení jednotlivých cest z vybrané zastávky do koncových stanic. Na rozdíl od map s izochronami je schopna přesně zachytit jednotlivé cesty a ne pouze zjednodušený dosah. (6)



### *Radiální zobrazení cest za konstantního času*

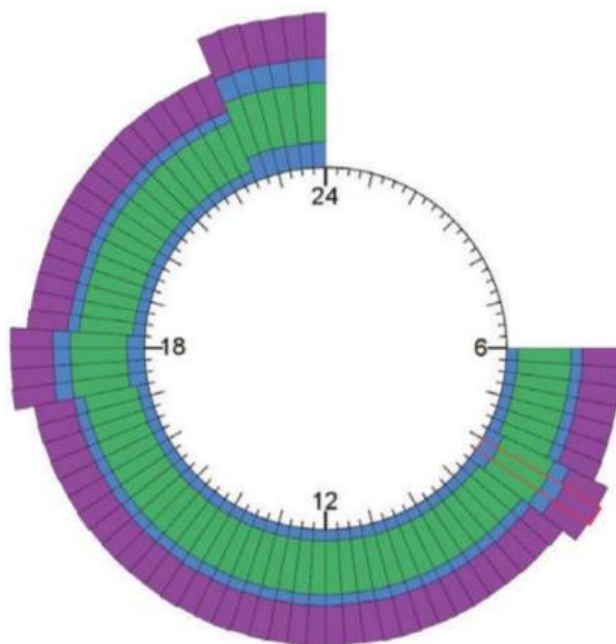
Radiální rozložení konstantního času (Radial isotime layout) je zobrazení velmi podobné paralelnímu zobrazení cest za konstantního času, ale namísto paralelního zobrazení cestovní doby využívá zobrazení radiál směřujících z počátečního bodu.



Obrázek 14 radiální zobrazení cest za konstantního času, převzato z (6)

### *Ciferník mobility*

Ciferník mobility (Mobility wheel) znázorňuje změnu jízdnicích dob, případně délky přestupu v průběhu dne. Po drobné úpravě by se dalo použít pro vizualizaci změny jízdnicích řádů v průběhu let.



Obrázek 15 ciferník mobility, převzato z (6)

## 2.5 Architektura systému

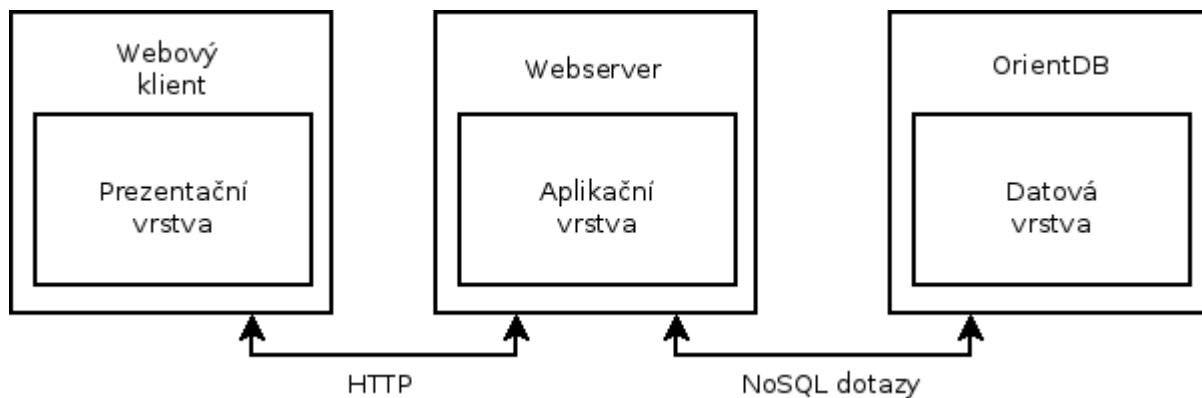
V současné době existuje několik přístupů k architektuře systému a v této podkapitole bych jich chtěl několik představit a ukázat jejich konkrétní využití.

### *Třívrstvý model*

Začal bych klasický třívrstvým modelem, který je obecně přijímaný, a který se vyskytuje v mnohých aplikacích.

- **Datová vrstva**, hlavním účelem této vrstvy je uchovávání dat, dále také jejich zaručuje přístup, integritu a konzistenci. Je reprezentována databází, možnosti jednotlivých přístupů jsou podrobněji popsány v kapitole 2.2
- **Aplikační vrstva** je zprostředkovatelem výměny dat datové a prezentační vrstvy. V případě nutnosti pak tyto data transformovat. Také této vrstvě náleží kontrola procesů systému a ošetřování nestandardního chování. Je nejčastěji implementována pomocí C#, Javy, Pythonu.
- **Prezentační vrstva** již zobrazuje data, která obdržela od aplikační vrstvy uživateli. Obvykle bývá v některé verzi HTML, jelikož je od této vrstvy požadováno, aby byla multiplatformní. (22)



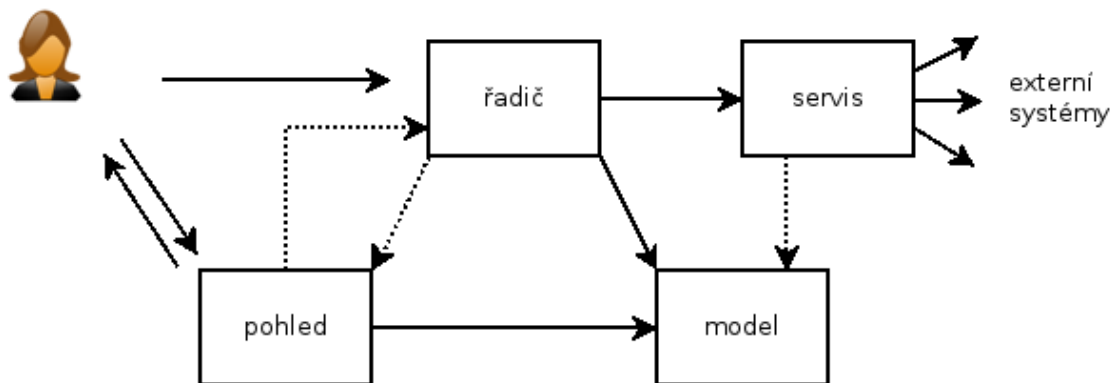


Obrázek 16 Třívrstvý model architektury (22)

### MVC

Další možností je architektura typu model, pohled, řadič – MVC (model view controller) je někdy ještě rozšířena o objekt servis – MVCS (model view controller service layer). Podobně jako třívrstvý model rozděluje části systému na tři (až čtyři) části. Tato architektura je hojně využívána u webových aplikací.

- **Model** zahrnuje datovou strukturu a business/doménovou logiku, která představuje vztahy mezi daty. Tato komponenta nevyžaduje žádné závislosti na ostatních částech systému. Jedná se o obdobu datové vrstvy.
- **Pohled** se stará o získávání a interpretaci dat z modelu do uživatelského rozhraní. Kromě zobrazovacích schopností může zvládat i jednoduchou prezentační logiku například filtrovat a třídit data. Pohledů může být i více a zobrazovat stejná data například graf, tabulku, text. Jelikož je model nezávislý na pohledu, tak pohled musí být schopen sám získávat data, případně znát jejich uspořádání.
- **Řadič** má na starost aktualizování modelu a překreslení, přepínání pohledu, ale sám tyto procesy nevykonává, jen je spouští na základě činnosti uživatele. Každý řadič je závislý jak na modelu, tak i na všech pohledech. Ideálně by každá funkcionální aplikace měla být ošetřena řadičem, avšak často architektura obsahuje pouze jeden řadič, nebo více řadičů hierarchicky seřazených.
- **Servisní vrstva** se využívá k tomu, aby mohly se systémem pracovat i jiné aplikace, nebo aby bylo možno načítat data a nenarušila by se základní myšlenka oddělených komponent. Tato komponenta lze také využít pro testování řadiče, aby se do něj nemusely zadávat data přes pohled. (23, 24)

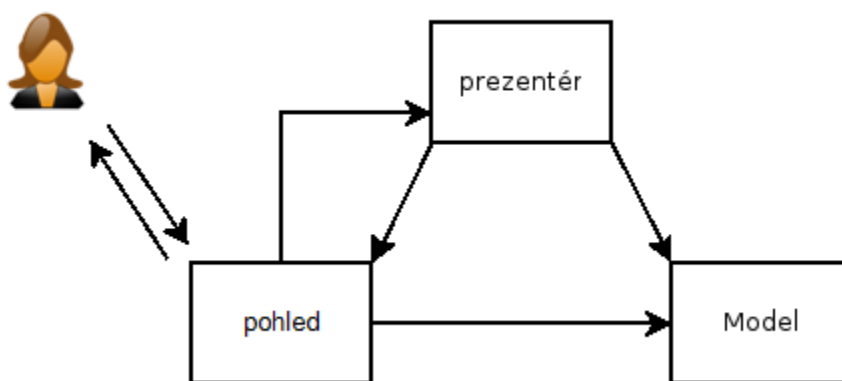


Obrázek 17 Architektura model pohled řadič

### MVP

Velmi podobný předchozí architektuře je přístup model, pohled, prezentér – MVP (model view presenter), který se používá spíše u desktopových aplikací. Jeho odlišnost není pouze v posledním písmenu či slově, ale v přístupu k uživateli, splývají zde komponenty řadič a pohled. Dále se liší síla vazby mezi řadičem a pohledem, v MVP je silnější.

- **Model** opět představuje stejný model jako v předchozím případě.
- **Pohled** je již odlišný od pohledu z MVS, zde kontroluje kromě výstupů i uživatelské vstupy například kliknutí myši volá metodu prezentru. Ještě podle toho, jakou zodpovědnost pohled má se liší jednotlivé mutace MVP.
- **Prezentér** se nyní nestará o vstupy, ale obsahuje aplikační a prezenční logiku. Manipuluje s modelem, což samotné aktualizuje pohled, nebo operuje přímo s ním.(24)



Obrázek 18 Architektura model pohled prezentér

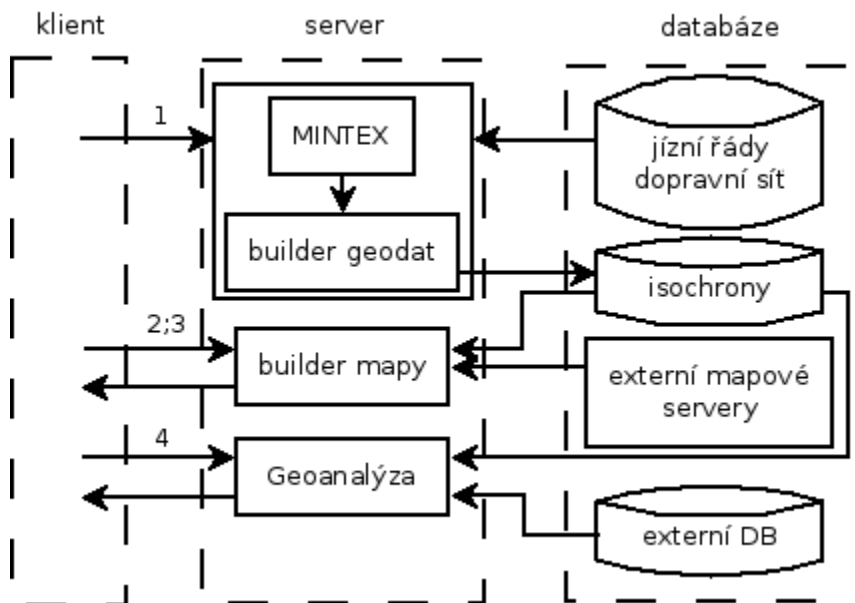
### *Architektury obdobných systémů*

Nyní bych chtěl zmínit architektury, které použili tvůrci některých systémů, které mne inspirovali svým řešením a které jsem zmiňoval v kapitole 1.3 Nástroje dopravní obslužnosti.

M. Innerbner v projektu ISODA, který byl naprogramován převážně v Javě, představuje architekturu svého systému. Jedná se o třívrstvou architekturu popsanou o několik řádků výše. V prezentační vrstvě se nachází WebGIS klient, který je implementovaný v JavaServer Pages (JSP) a JavaScriptem. Hlavním úkolem klienta je interakce s mapou, zadávání dotazů a zobrazování. Klient zaprvé komunikuje se serverem pomocí HTTP a posílá tři druhy požadavků:

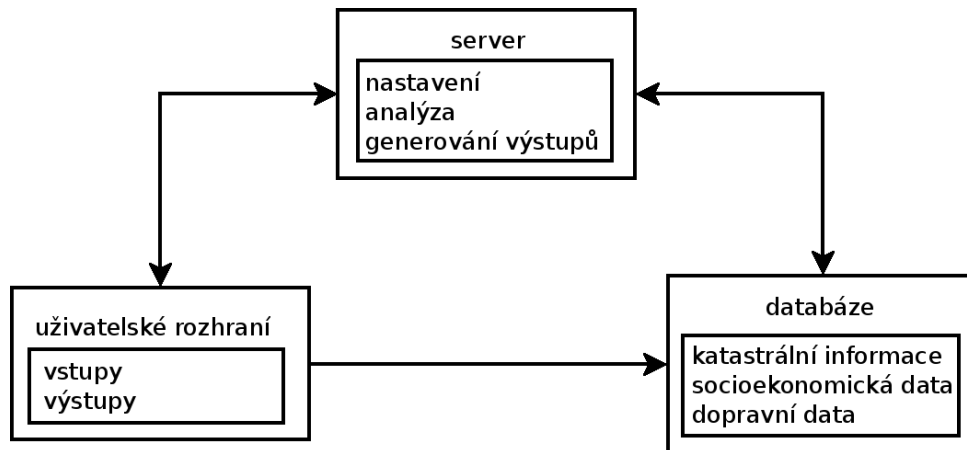
1. požadavek na výpočet isochrony
2. požadavek na mapu – požádá server přidat vrstvu s isochronou na mapový podklad.
3. dotaz na obsah je speciální požadavek a detailní informace ohledně mapy, který se vyvolá kliknutím na mapu.

Aplikační vrstva přijímá požadavky přes Java Servlet, isochronu vypočítá MINEX a pomocí builderu geodat ji přetransformuje z logického objektu na zobrazitelný polygon. Celkový obraz mapy se poté sestaví pomocí builderu mapových podkladů. Druhým důležitým úkolem aplikační vrstvy je poskytnout analýzu dostupnosti. Jakmile je spočtená isochrona, tak si uživatel může vyžádat dodatečná data v dané oblasti. Odešle se požadavek na geoanalýzu 4. ten je zpracován a odpovězen. V datové vrstvě se nachází několik databází. ISOGA využívá relační databázi na uložení dopravní sítě, databázi isochron a databázi sociometrických údajů o území. Dále jsou do této vrstvě mapové podklady třetích stran Google Maps, Bing Maps, nebo OpenStreetMaps. (8)



Obrázek 19 ISODA – architektura (8)

Další systémem, jehož architekturu bych chtěl zmínit je DSS-STG. Jau-Ming Su a jeho spolupracovníci zvolili architekturu typu MVP. Uživatelské rozhraní umožňuje vkládat nová data do databáze, komunikovat s uživateli. Server má tři hlavní části, těmi jsou modul nastavování dat, modul prostorové analýzy a modul generující výstupy. První modul na základě specifikace uživatele zpracovává data z databáze. Specifikované může být, jaká část území se analyzuje, v jakou dobu, jaké dopravní prostředky mají být zahrnuty, jaká je přijatelná docházková vzdálenost a jaké socioekonomické skupiny nás zajímají. Druhý modul prostorové analýzy provede samotné výpočty a modul výstupů z nich připraví tabulky a grafy. Databáze obsahuje kromě dopravní sítě i informace o rezidencích v oblasti včetně jejich GPS polohy a adresy. Databáze socioekonomických údajů zahrnuje počty seniorů, studentů, osob s tělesným postižením a lidí z nízkopříjmových skupin. (7)



Obrázek 20 DSS-STG architektura (7)

### 3 Praktická demonstrace

Rozhodl jsem se vytvořit jednoduchou demonstraci, která by měla ukazovat směr, kterým bych chtěl dále pokračovat. Podařilo se mi získat data jízdních řádů a polohy stanic, které využívá Google (25) a samotné polohy stanic pražského metra (26). Časy přejezdů mezi jednotlivými stanicemi jsem zjistil z dat CIS (Celostátní informační systém o jízdních řádech), která jsou přístupna z idos.cz. Nakonec jsem data Googlu nepoužil pro toto demo, ale rád bych se jim věnoval v budoucnosti pro případné rozšíření systému.

Základ této práce je převzat z práce Toma Cardena, jehož Mapu cestovních časů londýnského metra jsem představoval již v kapitole 1.3. Na svých stránkách zveřejňuje i zdrojový kód, který jsem analyzoval a upravil pro potřeby této demonstrace a implementoval jsem údaje pražského metra. Upravil jsem zobrazování, aby bylo podobnější designu, který používá PID.

Program je naprogramován v programovacím jazyku Processing.<sup>9</sup> Jedná se o open source jazyk, který je vyvíjen od roku 2001, a je primárně určen pro vytváření grafických aplikací pro nová média a design. K tomuto účelu definuje mnoho příkazů pro přímé vytváření obrazců a interakci mezi nimi. Zajímavostí je, že se prakticky jedná o nadstavbu Javy a před kompilací jsou do ní přeloženy všechny příkazy, což umožňuje jednoduchou implementaci příkazů Javy.

---

<sup>9</sup> [www.processing.org](http://www.processing.org)

Po kompilaci se vytvoří aplikace, která není primárně určená pro webové stránky, ale lze umístit na internet ve formě apletu. Toto řešení nepovažuji za uživatelsky nejpřívětivější a chtěl bych mít program plně spolupracující s prohlížečem. Programy naprogramované v Processing, jsou závislé na přítomnosti Javy v počítači. Jelikož programy v Javě mohou poškodit počítač a představují bezpečnostní riziko, chtěl bych při dalším pokračování přejít na jiné programovací prostředí. Jako nejpříjemnější v tuto chvíli zvažuji JavaScript.

### 3.1 Architektura

Protože se jedná o relativně jednoduchou aplikaci, tak i její struktura není ideálně rozdělená, tak jak jsem ji popisoval v kapitole 2.5 Data jsou uložena v CSV (comma separated values) souborech. Jedná se o jednoduchý textový formát, který odděluje sloupce oddělovačem, nejčastěji čárkou. Tyto data lze upravovat pouze manuálně, například poznámkovým blokem, Excelem apod.



Obrázek 21 Demontrace - Architektura

#### Struktura dat

Údaje o dopravní síti jsou uložena ve třech souborech. Jedná se o seznam spojení, linek a stanic. Jejich obsah je popsán následující tabulkou:

spojení			
ze stanice	do stanice	linka	čas
linky			
linka	název	barva	
stanice			
číslo stanice	zeměpisná šířka	zeměpisná délka	název

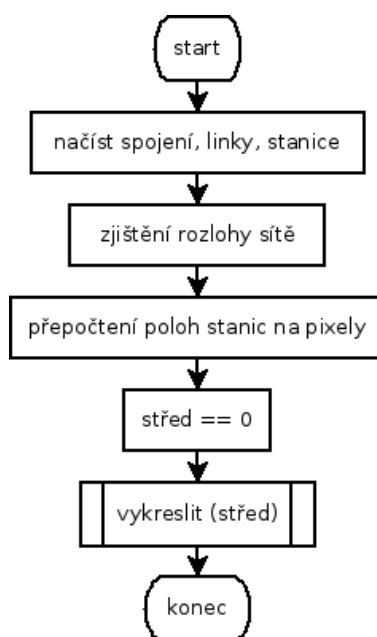
Tabulka 1 Demontrace - struktura dat

### 3.2 Workflow

Jelikož se jedná o objektově orientovanou aplikaci, nelze ji popsat jedním vývojovým diagramem, ale několika, které vystihují reakce na konkrétní podmínky.

### *Inicializace*

Při spouštění se provede počáteční inicializace, což znamená, že se načtou data z CSV souborů a vytvoří se odpovídající model sítě, který se podobá grafovému pojetí, viz kapitola 2.2. Dále se zjistí rozloha sítě z maximálních hodnot zeměpisné šířky a délky, aby se polohy stanic mohly správně přepočíst na pixely. Nakonec se spustí procedura, která provede vykreslení dat.

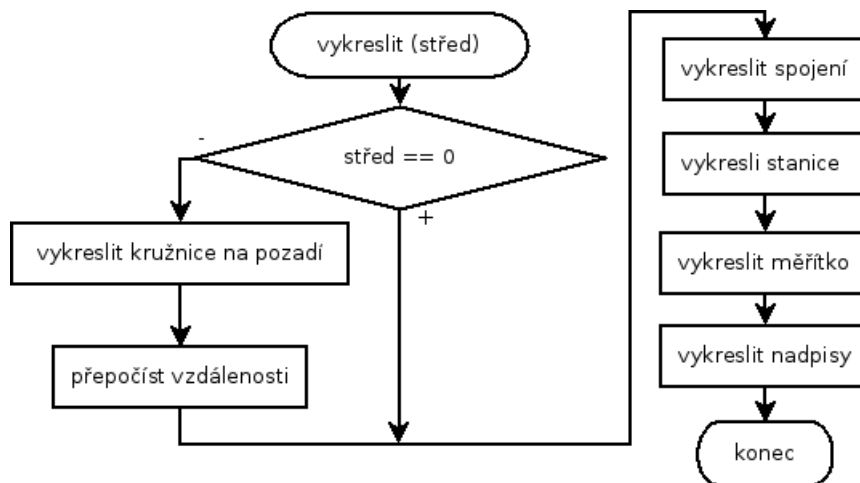


Obrázek 22 Demontrace – inicializace

### *Vykreslování*

Procedura vykreslování provádí samotný grafický výstup na základě toho, jestli je označená nějaká stanice z které má být proveden přepočet vzdáleností, nebo má být zobrazeno základní rozložení.

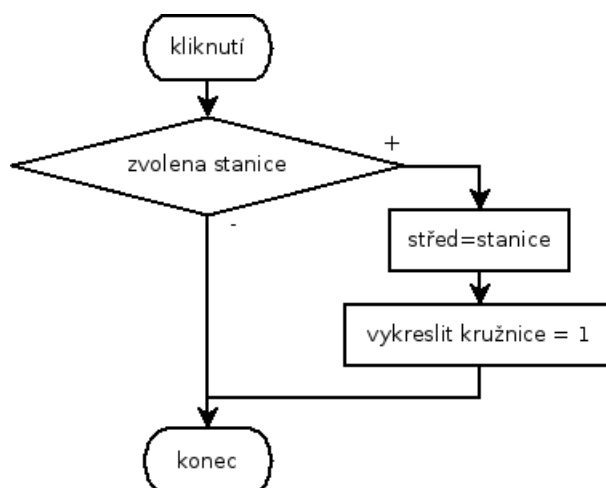
Když mají být vykreslena zdeformovaná mapa, tak se nejdříve vykreslí soustředné kružnice se středem v požadované stanici, pro lepší představu měřítka. Každé další mezikružší představuje časovou vzdálenost deset minut. Poté se pomocí Dijkstroví metody spočítá nejkratší časová vzdálenost všech stanic a provede zobrazení tras, stanic, měřítka a nadpisu. Zobrazená geometrie se chová jako by byla postupně vrstvena, objekty vykreslené poslední zakryjí předchozí. Tato procedura dokáže přeskočit první dva kroky, když se má zobrazovat pouze základní obrazovka.



Obrázek 23 Demonstrace - proces vykreslování

### Kliknutí myši

Při zaznamenání aktivity myši se zjišťuje, jestli uživatel označil nějakou stanici a má se stávající situace překreslit, nebo zdali se nic nemá dít.

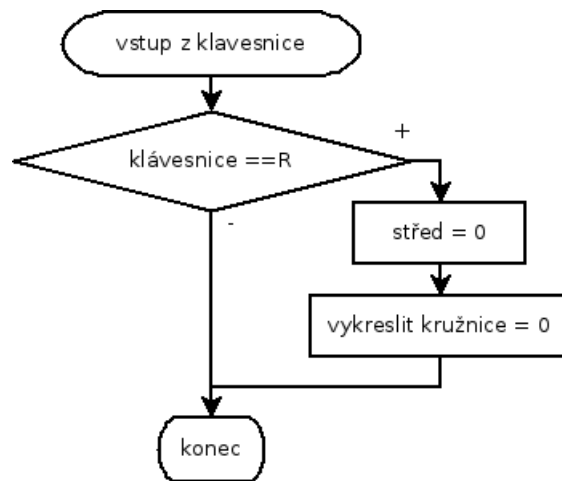


Obrázek 24 Demonstrace - reakce na kliknutí

### Klávesnice

Vstup z klávesnice dokáže pouze resetovat aktuální rozložení do původního. To nastane, když uživatel stiskne klávesu "R" nebo "r". Poté se spustí procedura vykreslení.





Obrázek 25 Demontrace - reakce na klávesnici

### 3.3 Výstupy

Na obrázku 26 můžete vidět úvodní obrazovku, která zobrazuje počáteční, rozloženou mapu metra, které polohou zastávek proporcionalně odpovídá reálné situaci. Od reality se mohou lehce lišit, protože jsem použil souřadnice výstupů a ne geometrické středy stanic.

Další odchylkou je způsob propojení jednotlivých stanic pomocí přímk. Tyto odchylky jsou nejvíce patrné mezi zastávkami Anděl a Smíchovské Nádraží.

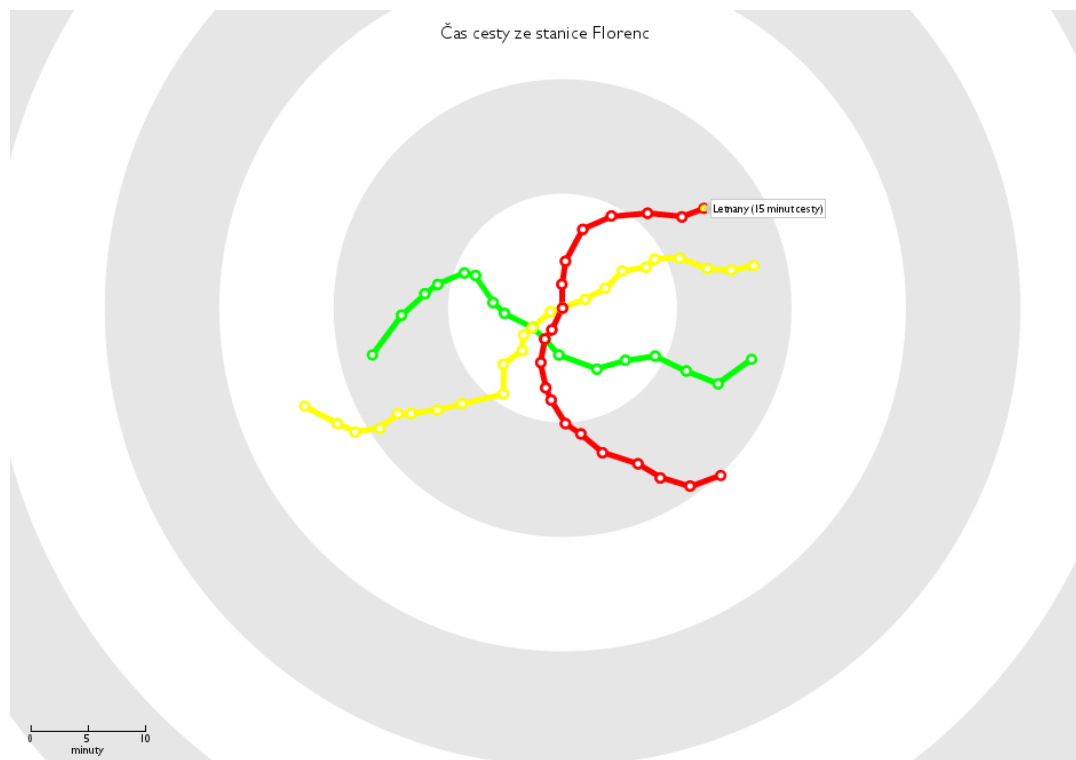
Mapa pražského metra (kliknutím na stanici provedete deformaci)



Obrázek 26 Demontrace - základní obrazovka

Na dalším obrázku 27 je zobrazena deformace mapy ze stanice Florenc. Jelikož se jedná o stanici ve středu města a rychlost metra je přibližně stejná na každé lince, tak zde není vidět žádná dramatická odchylka od původní mapy.

Můžete si ještě povšimnout, že při najetí myší nad jakoukoliv stanici se zobrazí štítek s doprovodnými informacemi o názvu stanice a času cesty ze středové stanice.



Obrázek 27 Demonstrace - deformace ze stanice Florenc

O poznání větší deformaci můžeme vidět ze stanice Strašnická – obrázek č.28. Z tohoto zobrazení je jednoduše patrné, že je nevýhodné používat metro pro cestu z okrajové stanice do okrajové stanice jiné linky, která se nachází relativně blízko.



Obrázek 28 Demonstrace - deformace ze stanice Strašnická

## Závěr

Cílem této práce bylo připravení podkladů pro další tvorbu v podobě diplomové práce. V této práci jsem provedl studii současných možností zkoumání dopravní obslužnosti a zjistil jsem, že přes veliké možnosti neexistuje mnoho systémů zabývajících se tímto problémem. Ze systémů zmíněných v kapitole 1.3 bych chtěl připomenout systém analyzující dopravní obslužnost v Singapuru, který bych osobně hodnotil jako nejkompaktnější a nejzdařilejší.

Protože mnou předvedená aplikace jen jednoduchou demonstrací, tak bych, pokud to bude možné, chtěl nynější základní systém rozšířit o následující vlastnosti a funkce, které bych rozdělil do 3 kategorií a) dopravní síť b) vyhodnocování obslužnosti c) celkové provedení systému.

### *a) dopravní síť*

Nyní aplikace nebere v potaz dobu potřebnou pro přestup, což bych chtěl v příští verzi změnit, protože přestup samotný obvykle zabere několik minut. S tím vzdáleně souvisí implementace jízdnic řádů, které se v průběhu dne mění.

Taký bych chtěl do systému vložit i nekonvenční dopravní prostředky jako například skládací kola a koloběžky, které obyvatelé měst používají na krátké přesuny. Poté vyhodnocovat vliv zkrácení přestupních časů na obslužnost.

Dále bych si přál, aby se mohl model rozšířit na co největší plochu VHD v České republice, aby byla užitečná pro co nejvíce lidí.

Provést validaci dat dopravního systému tak, aby se co nejvíce podobaly skutečnosti. To je možné například porovnáním výsledků modelu s daty telefonních operátorů, ve spolupráci s cestujícími pomocí dotazníků.

### *b) vyhodnocování*

Také bych chtěl přidat hodnocení výhodnosti využití jednotlivých možností přepravy pro konkrétní cestu. Představuji si to jako zvýraznění těchto možností mezi dvěma body na mapě a doporučení různých dopravních prostředků během dne.

Další vyhodnocující faktor, který by tento systém mohl pojmout je porovnání vývoje obslužnosti v průběhu let. Tato funkce by mohla zdvojit zobrazované systémy a pro jednotlivé roky by byla patrná rozdílná deformace a jejich rozdíl.

Poslední kritérium, které bych chtěl vyhodnocovat, a brát v úvahu, jsou čekací časy při přestupech. Ty by se mohly také stát omezujícím kritériem při vyhledávání cest.

### *c) systém*

Momentálně chybí jakákoliv možnost exportu dat, což by se mělo v budoucnu změnit také v souvislosti se zvýšením počtu funkcí.

Jak jsem již zmínil v poslední kapitole, tak bych chtěl celou aplikaci přesunout do online prostoru, aby byla lépe přístupná pro větší množství uživatelů. Takové provedení se snadno aktualizuje a mohlo by reflektovat atypické stavy, například při opravách, výpadcích napájení nebo nehodách. Následně by poté systém mohl vyhodnocovat změnu v obslužnosti, která díky tomu nastala.

V poslední řadě bych zvětšil možnosti uživatele interagovat s mapou. Možnost pohybovat, přibližovat a oddalovat mapu by mělo základní součástí systému.

Jak jsem již naznačil v předchozí práci, tak existuje mnoho oblastí, ve kterých najde systém vyhodnocující dopravní obslužnost a dostupnost uplatnění. Zaprvé je to samotné rozhodování při plánování dopravní sítě a porovnávání jednotlivých variant. Poté zpětné hodnocení těchto změn z pohledu, který leží mimo instituci spravující dopravní systém. Dále by tento nástroj mohl usnadnit rozhodování pro využívání jisté lokality například při nákupu bytu, výběru zaměstnání nebo začínání podnikání.

Ovšem, zda jednotliví lidé naleznou cestu k využívání těchto nástrojů, ukáže pravděpodobně jen čas.

## Použité zdroje

### Literatura

1. HERČÍK, J. *Přednáška Dopravní Síť*. Universita Palackého v Olomouci, 2013.
2. Parlament České Republiky. *Zákon Č. 194/2010 Sb. O Veřejných Službách V Přepravě Cestujících a O Změně Dalších Zákonů*. , 2010.
3. HANSEN, W.G. How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, May 1, 1959, vol. 25, no. 2. pp. 73-76. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944365908978307#.VQLiMyhgz1g> ISSN 0002-8991. DOI 10.1080/01944365908978307.
4. BUGROMENKO, V.N. Modern Transportation Geography and Transportation Accessibility. *Regional Research of Russia*, 2011, vol. 1, no. 1. pp. 27-34. Available from: <http://link.springer.com.ezproxy.techlib.cz/article/10.1134%2FS2079970511010047> ISSN 2079-9705,20799713. DOI 10.1134/S2079970511010047.
5. BHAT, C., et al. *Urban Accessibility Index: Literature Review*. Austin: The University of Texas. , 2000.
6. ZENG, W., et al. Visualizing Mobility of Public Transportation System. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, December, 2014, vol. 20, no. 12. pp. 1833-1842. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.techlib.cz/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6876029&queryText%3DVisualizing+Mobility+of+Public+Transportation+System> ISSN 1077-2626. DOI 10.1109/TVCG.2014.2346893.
7. SU, J., et al. *A Spatial Decision Support System for Analyzing the Spatial-Temporal Transit Service Gap*. , June 2011 Available from: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.techlib.cz/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5969097&queryText%3DA+Spatial+Decision+Support+System+for+Analyzing+the+Spatial-Temporal+Transit+Service+Gap> DOI 10.1109/ICSDM.2011.5969097.
8. INNEREBNER, M., BOHLEN, M. and GAMPER, J. *ISOGA: A System for Geographical Reachability Analysis*. , 2011.
9. RAMSIN, R. and PAIGE, R.F. Process-Centered Review of Object Oriented Software Development Methodologies. *ACM Computing Surveys*, 2008, vol. 40, no. 1. pp. 1-89. Available from: <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.techlib.cz/ehost/detail/detail?sid=fd6a56bc-2cb0-469a-bdeb-bbb7a6e072be%40sessionmgr4002&vid=0&hid=4107&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=bth&AN=31185262> ISSN 0360-0300.

10. ODBÍHAL, P. *Analýza a Návrh Informačního Systému ZŠ Hradec Nad Svitavou*. Masarykova Univerzita, 2008.
11. MITTER, J. *Informatický Večer FIT - Grafové Databáze*. Praha: ČVUT - FIT, 2014 Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=YL1lyWzDvK0>.
12. Jaroslav Ramba. *Grafové Databáze*. , 2013 Available from: <http://www.zdrojak.cz/n/grafova-databaze/>.
13. M. VYLEŤAL. *Tomáš Chlebničan (CHAPS): Data, Která Má Bileto a Seznam, Pocházejí Od Nás*. , 2014 Available from: <http://www.lupa.cz/clanky/tomas-chlebnican-chaps-data-ktera-ma-bileto-a-seznam-pochazeji-od-nas/>.
14. Parlament České Republiky. *Zákon Č. 122/2014 Sb. Vyhláška O Jízdních Řádech Veřejné Linkové Dopravy*. , 2014.
15. VOLEK, J., LINDA, B. and UNIVERZITA, P. *Teorie Grafů - Aplikace V Dopravě a Veřejné Správě*. Vyd. 1 ed. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012 Available from: [https://aleph.cvut.cz/F/KTYHF976ITCUUXQ4E144H6ADVP2B716DKAVBRA4MRX1D8CXIJI-15637?func=full-set-set&set\\_number=010355&set\\_entry=000001&format=999](https://aleph.cvut.cz/F/KTYHF976ITCUUXQ4E144H6ADVP2B716DKAVBRA4MRX1D8CXIJI-15637?func=full-set-set&set_number=010355&set_entry=000001&format=999) ISBN 978-80-7395-225-9.
16. HART, P.E., NILSSON, N.J. and RAPHAEL, B. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, July, 1968, vol. 4, no. 2. pp. 107. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.techlib.cz/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4082128> ISSN 0536-1567. DOI 10.1109/TSSC.1968.300136.
17. PACK, M.L. Visualization in Transportation: Challenges and Opportunities for Everyone. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2010, vol. 30, no. 4. pp. 90-6 ISSN 0272-1716.
18. BELL, V.A. and MOORE, R.J. A Grid-Based Distributed Flood Forecasting Model for use with Weather Radar Data: Part 1. Formulation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 1998, vol. 2, no. 2/3. pp. 265-281. Available from: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/2/265/1998/hess-2-265-1998.html> ISSN 1607-7938. DOI 10.5194/hess-2-265-1998.
19. AXHAUSEN, K.W., et al. Constructing Time-Scaled Maps: Switzerland from 1950 to 2000. *Transport Reviews*, 2008, vol. 28, no. 3. pp. 391-413. Available from: <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.techlib.cz/ehost/detail/detail?sid=1e2ab787-f90c-4676-b84f-e4de38767b2f%40sessionmgr4001&vid=0&hid=4107&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=a9h&AN=31674611> ISSN 0144-1647. DOI 10.1080/01441640701747451.

20. ČERBA, O. *Anamorfované Mapy*. Západočeská universita, 2011 Available from: [http://www.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/anamorfovane\\_mapy.pdf](http://www.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/anamorfovane_mapy.pdf).
21. Kamila Fuchsová. *Co to Je Workflow? Mělo by Přinést Zlevnění a Zrychlení Průběhu Procesů*. March 3, 2014 Available from: <http://probyznysinfo.ihned.cz/c1-61552760-co-to-je-workflow-melo-by-prinest-zlevneni-a-zrychleni-prubehu-procesu>.
22. VÝMOLA, P. *Návrh Informačního Systému*. Vysoké učení technické v Brně, 2010.
23. DANĚK, A. and STEJKAL, J. *Model-View-Control Vs. Presentation-Abstraction-Control*. ČVUT, 2011.
24. B. BERNARD. *MVC a Další Prezentační Vzory*. , 2009 Available from: <http://www.zdrojak.cz/serialy/mvc-a-dalsi-prezentacni-vzory/>.
25. Gord. *Gord - Geocaching*. Available from: <http://gord.8u.cz/index.html#MHD>.
26. Jan Cibulka. *Aktuální Verze GTFS - Dotaz Vznesený Podle Zákona 106/1999 Sb., O Svobodném Přístupu K Informacím Na Instituci Dopravní Podnik Hlavního Města Prahy*. , 2013 Available from: [http://www.infoprovsechny.cz/request/aktuln\\_verze\\_gtfs#incoming-988](http://www.infoprovsechny.cz/request/aktuln_verze_gtfs#incoming-988).



## Seznam obrázků

Obrázek 1 Singapurský analyzační systém(6).....	15
Obrázek 2 Vstupní dialogové okno DSS-STSG(7).....	16
Obrázek 3 ISOGA - uživatelské rozhraní (8).....	16
Obrázek 4 Isoscope .....	17
Obrázek 5 Transportl analyzer .....	18
Obrázek 6 Mapa cestovních časů Londýnského metra.....	19
Obrázek 7 Struktura relační databáze.....	22
Obrázek 8 Struktura grafové databáze .....	23
Obrázek 9 Fordova metoda (15) .....	25
Obrázek 10 A*(16) .....	26
Obrázek 11 mapa s izochronami, převzato z (6) .....	28
Obrázek 12 paralelní zobrazení cest za konstantního času, převzato z (6).....	29
Obrázek 13 časově orientovaná deformace dopravní sítě, převzato z (6).....	29
Obrázek 14 radiální zobrazení cest za konstantního času, převzato z (6).....	30
Obrázek 15 ciferník mobility, převzato z (6) .....	31
Obrázek 16 Třívrstvý model architektury (22) .....	32
Obrázek 17 Architektura model pohled řadič .....	33
Obrázek 18 Architektura model pohled prezentér.....	33
Obrázek 19 ISODA – architektura (8).....	35
Obrázek 20 DSS-STG architektura (7).....	36
Obrázek 21 Demonstrace - Architektura .....	37
Obrázek 22 Demonstrace – inicializace .....	38
Obrázek 23 Demonstrace - proces vykreslování .....	39
Obrázek 24 Demonstrace - reakce na kliknutí .....	39

Obrázek 25 Demontrace - reakce na klávesnici.....	40
Obrázek 26 Demontrace - základní obrazovka.....	40
Obrázek 27 Demontrace - deformace ze stanice Florenc .....	41
Obrázek 28 Demontrace - deformace ze stanice Strašnická .....	42

### **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Struktura dat.....	37
------------------------------	----