

Multivariační analýzy v prostorových aplikacích – shlukování

Geoinformatika a doprava

ÚKOL Z MINULA

- Lai, S., Erbach-Schoenberg, E.z., Pezzulo, C. et al. Exploring the use of mobile phone data for national migration statistics. Palgrave Commun 5, 34 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0242-9>
- Dostupné zde: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0242-9>
- **Otázky:**
 - Data:
 - Jaký typ dat z mobilních telefonů byl použit?
 - Jaká další data byla použita?
 - Metodika:
 - Jak byla data zpracovávána?
 - Jaká byla přesnost modelů?
 - Diskuze:
 - Jaké jsou limity použitých metod?

SHLUKOVÁNÍ – APLIKACE

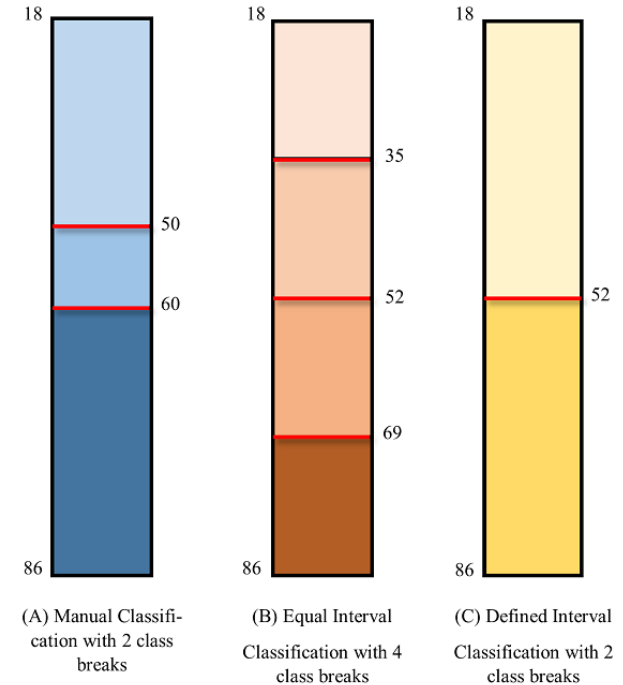
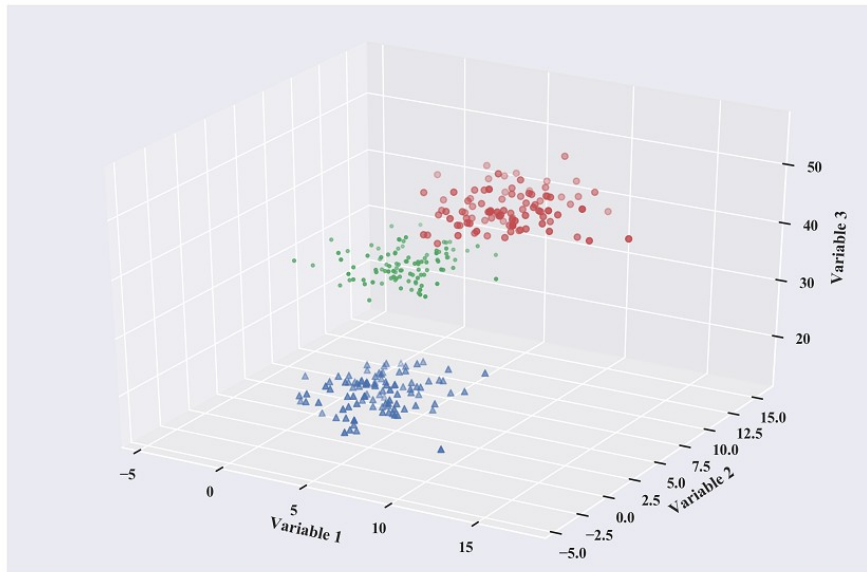
- **Redukce množství dat a průzkumu multidimenzionálního atributového prostoru** s cílem identifikovat malý počet zajímavých subdimenzí (resp. kombinací atributů), které pak mohou být zkoumány z prostorového hlediska (uplatnění klasických multivariačních metod a následně vizualizace výsledků a jejich interpretace).
- **Průzkumu prostorových vzorů) a vztahů.**
- **Prostorová klasifikace a diskriminace („rozdělování“).**

SHLUKOVÁNÍ

- **Shluková analýza** je společný název pro celou řadu metod, jejichž cílem je využití informací z analýzy vícerozměrných dat k roztrídění množiny objektů do několika relativně homogenních podsouborů, označených jako shluky (**clustery**).
- Objekty uvnitř shluků mají být co nejvíce podobné a objekty patřících do různých shluků co nejvíce rozdílné. Podobnost mezi objekty je uplatněna jako kritérium pro tvorbu shluků objektů.
- Podobnost se měří různými prostředky:
 - míry korelace – korelační koeficienty (Pearsonův, Spearmanův)
 - míry vzdálenosti – euklidovská vzdálenost, Manhanattanská vz., ...
 - míry asociace – *nominální (kvalitativní) data* – Sokalův-Michenerův koeficient asociace, Russelův-Raoův koeficient asociace, ...
 - Korelační a vzdálenostní míry jsou míry metrických dat

ROZDĚLENÍ METOD – počet proměnných

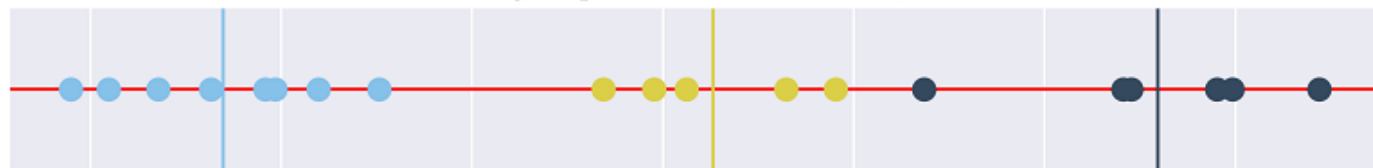
– UNIVARIATE versus MULTIVARIATE



Assign point to the closest cluster (A)



Assign all points to the closest cluster (B)



ROZDĚLENÍ METOD II. – princip

Tab. 17-1 Základní rozdělení metod shlukové analýzy

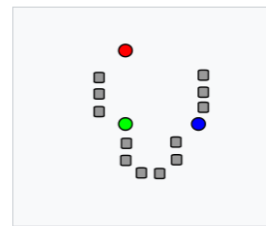
Skupina	Metoda	Poznámka
Hierarchické	aglomerační (sdružovací)	Postupným seskupováním vytváří stromovou strukturu od jednotlivých objektů až po 1 shluk
	divizní (rozdělovací)	rozdělují počáteční celkový shluk do hierarchického systému dílčích skupin či objektů
Nehierarchické	optimalizační	
	analýzy modů	

ROZDĚLENÍ METOD IIO. – „prostorovost“

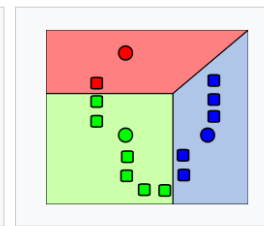
- Lze pracovat jen s atributy! (bez prostorové složky) → Statistika apod.
- „Soft“ prostorové
 - K-means
 - DBSCAN
- „Hard“ prostorové
 - SKATER = Spatial `K`luster Analysis by Tree Edge Removal,
 - REDCAP = REgionalization with Dynamically Constrained Agglomerative clustering and Partitioning

K-means

- Metoda „k průměrů“
- algoritmus **nehierarchické** shlukové analýzy.
- Předpokládá, že shlukované objekty lze chápat jako body v nějakém eukleidovském prostoru a že počet shluků k je předem dán (případně lze vyzkoušet různá k , pro každé spustit algoritmus znovu a výsledky porovnat).
- Shluky jsou definovány svými centroidy
- Objekty se zařazují do toho shluku, jehož centroidu jsou nejbližší.
- Algoritmus postupuje iterativně tak, že se vyjde z nějakých (obvykle náhodně zvolených) centroidů, přiřadí do nich body, přepočítá centroidy tak, aby šlo o těžiště shluku bodů, pak opět přiřadí body k nově stanoveným centroidům a tak dál, až dokud se poloha centroidů neustálí.

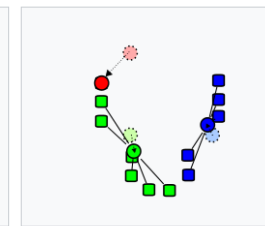


1. k výchozích centroidů (zde je $k=3$) se náhodně umístí v prostoru dat (shlukované objekty šedé, centroidy barevné)



2. Objekty se přiřadí nejbližším centroidům, čímž vznikne k shluků. Centroidy tak definují **Voroného teselaci** prostoru.

Demonstrace algoritmu



3. Přepočítou se centroidy shluků tak, aby šlo o těžiště shluků objektů, jež patří do těchto shluků.



4. Kroky 2 a 3 se opakují, dokud nedojde k ustálení (**konvergence**).

K-means

KMeans Clustering Settings

Input:

Select Variables

- COUNT
- AVE_ID_
- dept
- Crms_prs**
- Crms_prp**
- Litercy**
- Donatns**
- Infants**
- Suicids**
- MainCty
- Wealth
- Commerc

Use geometric centroids: Auto Weighting
Weighting: 0 — 1 1

Select Spatial Weights:

Parameters:

Number of Clusters: 5

Minimum Bound: const 1
10%

Transformation: Standardize (Z)

Initialization Method: KMeans++

Initialization Re-runs: 150

Use Specified Seed: Change Seed

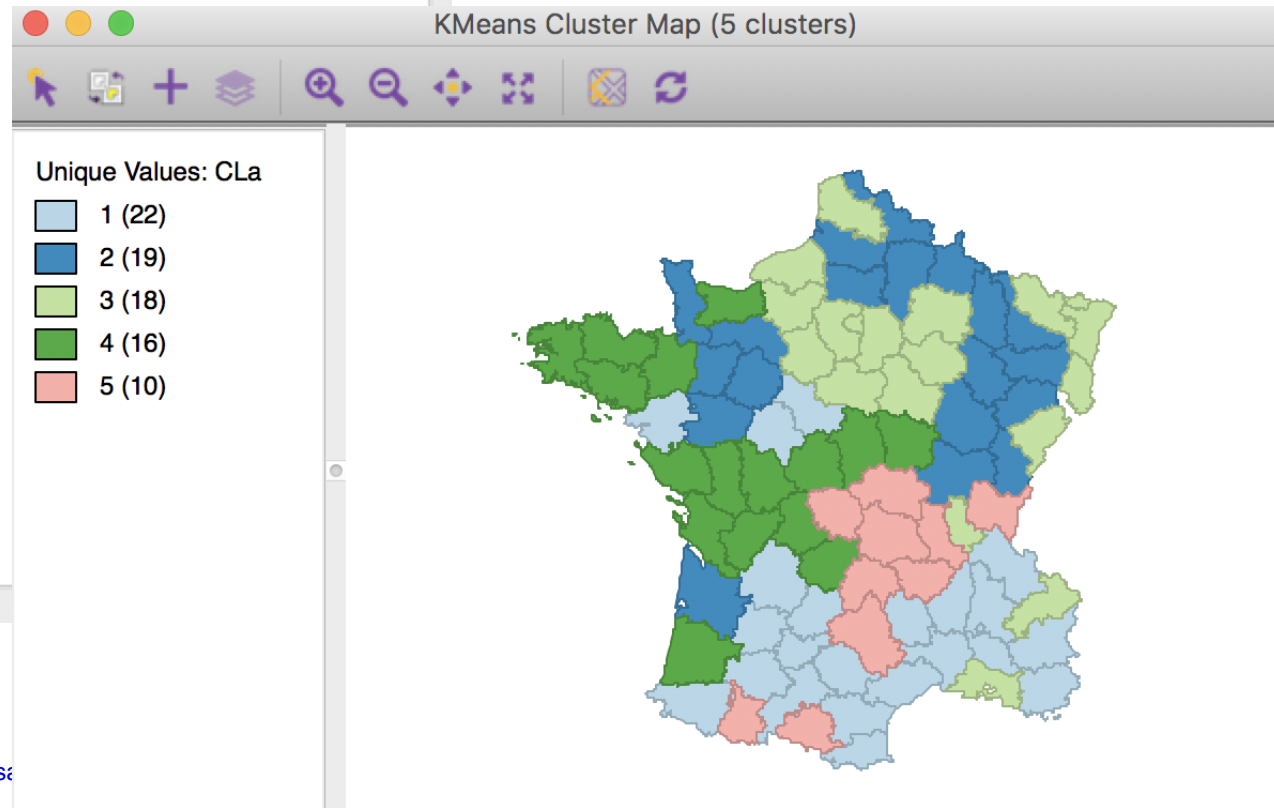
Maximum Iterations: 1000

Distance Function: Euclidean

Output:

Save Cluster in Field: CLa

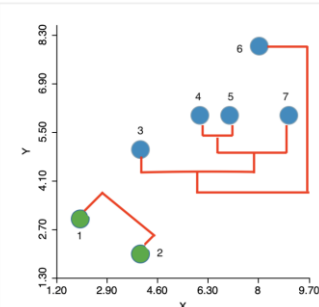
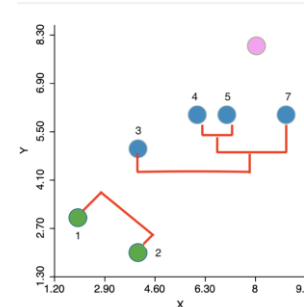
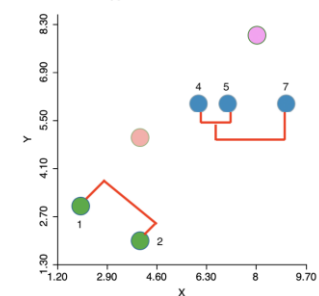
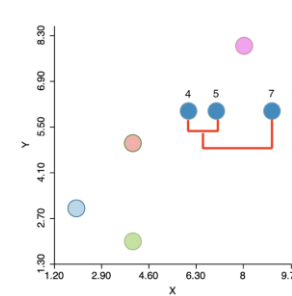
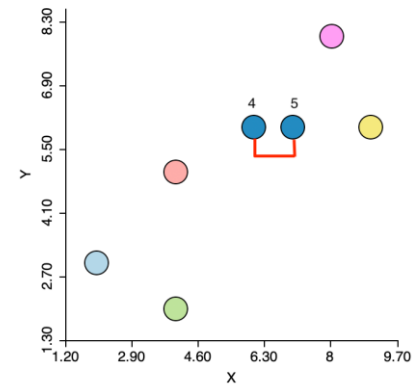
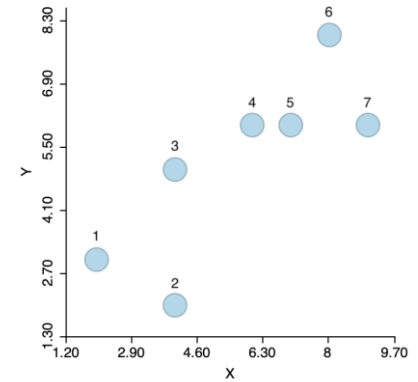
Run Close



#obs=85

Hierarchické shlukování

- Např.: metoda nejbližšího souseda, Wardova metoda, ...
- **aglomerační** = opakované spojování dvou shluků až do jednoho počínaje jednotlivými objekty jako jednoprvkovými shluky
- **divizivní** = opakované rozdělování nějakého shluku až na jednotlivé prvky počínaje jedním shlukem se všemi objekty
- Grafické zobrazení: **dendrogramu** = stromový diagram
- Vhodné pro aplikace vyžadující hierarchii shluků, např. taxonomie tříd objektů



K Means
K Medians
K Medoids
Spectral

Hierarchical

Input:

Select Variables

- COUNT
- AVE_ID_
- dept
- Crm_prs
- Crm_prp
- Litercy
- Donatns
- Infants
- Suicids
- MainCty
- Wealth
- Commerc

Use geometric centroids Auto Weighting

Weighting: 0 1 1

Select Spatial Weights:

Parameters:

Number of Clusters: 2

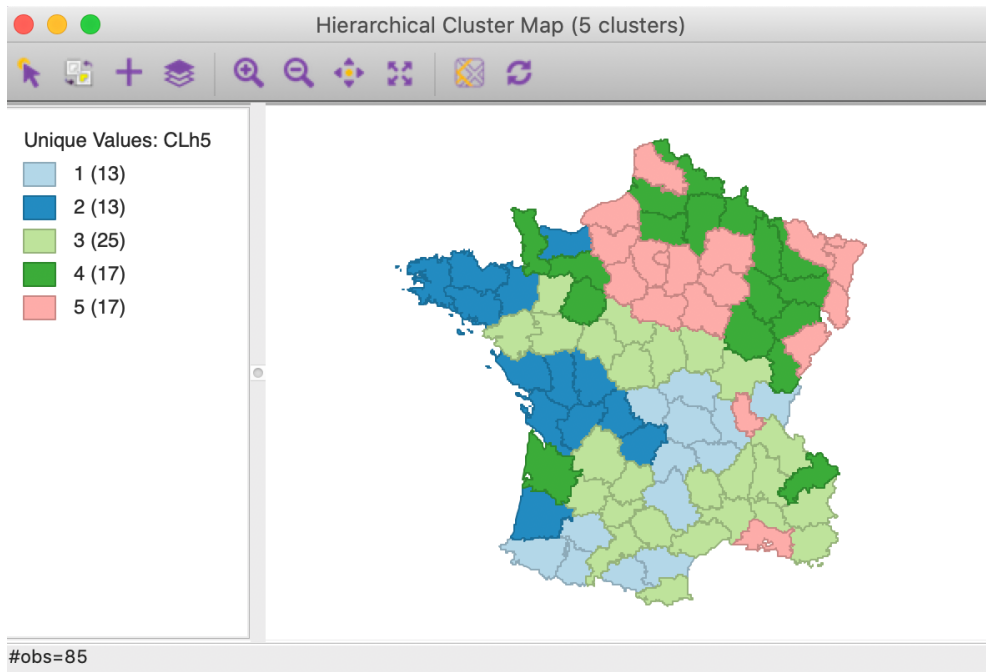
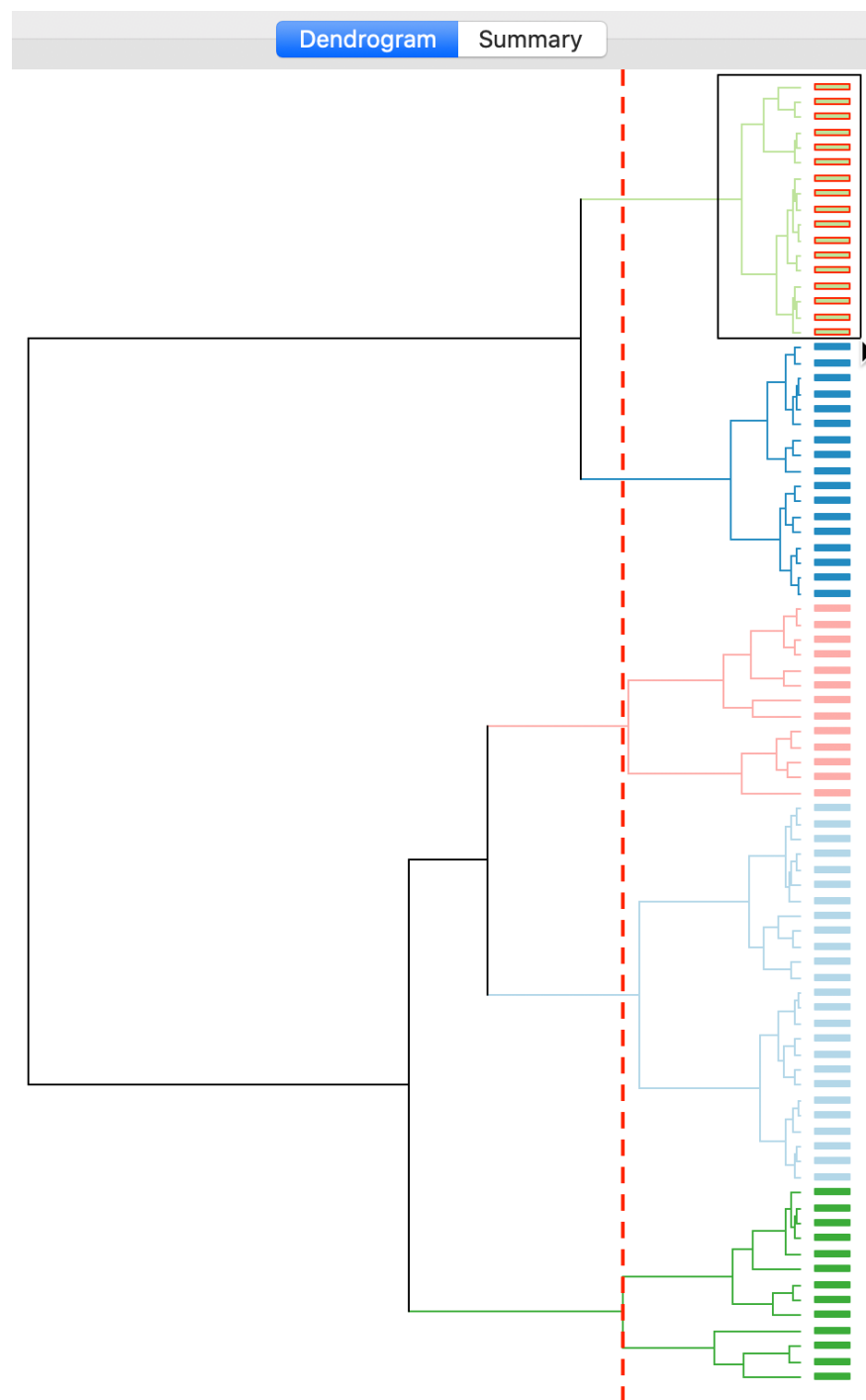
Transformation: Standardize (Z)

Method: Ward's-linkage

Distance Function: Euclidean

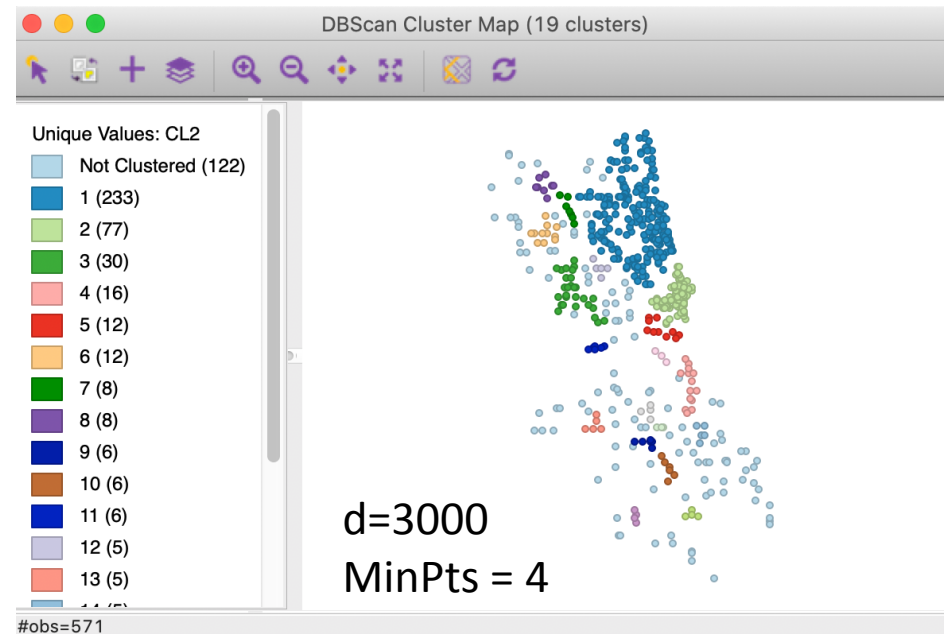
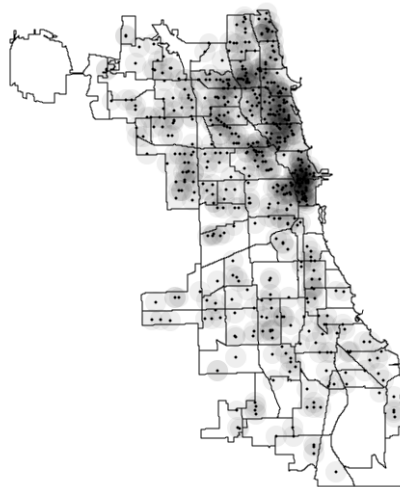
Output:

Save Cluster in Field: CL



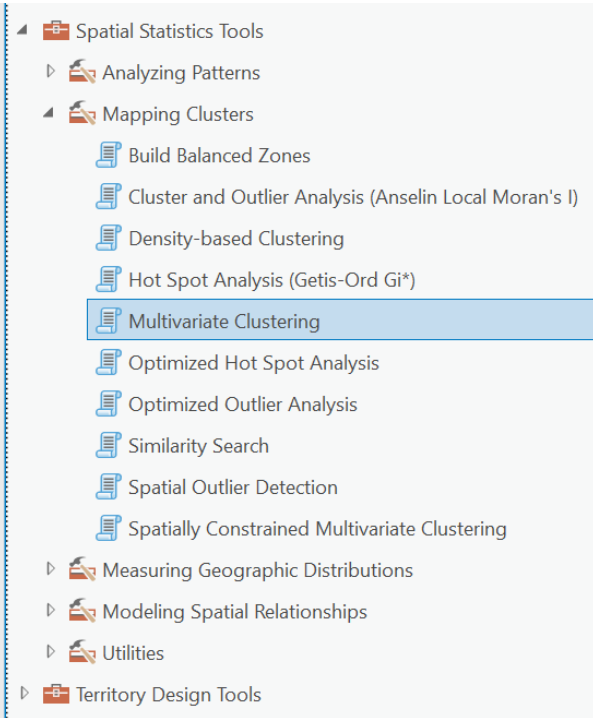
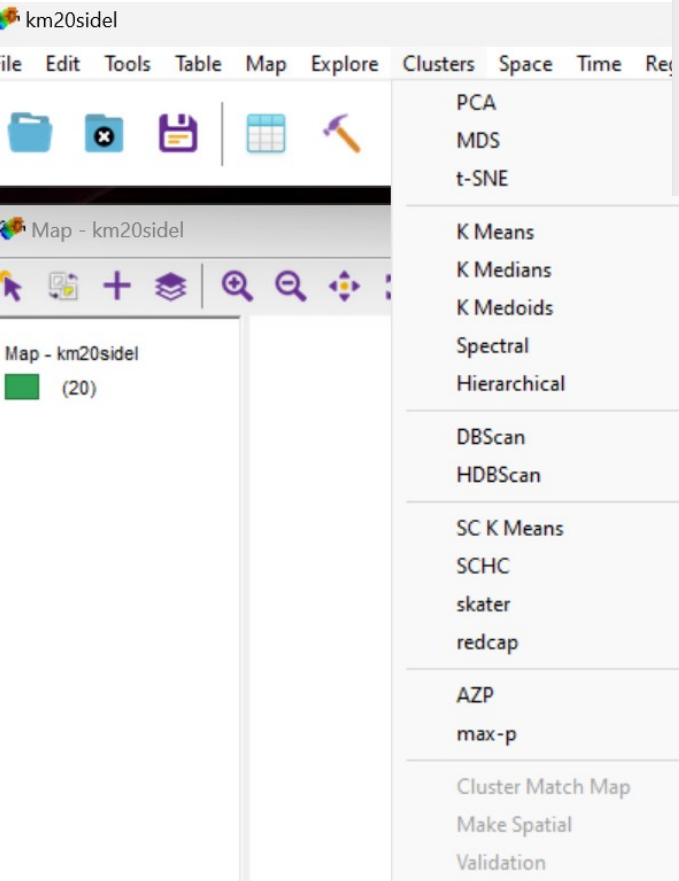
DBSCAN

- „Density-based spatial clustering of applications with noise“
- Vychází z hustoty definované pro blízké okolí každého objektu, z dosažitelnosti objektů zjištěné na základě této hustoty a propojenosti dvou objektů ověřené pomocí dosažitelnosti vybraných objektů
- Není založen na vzdálenostech mezi objekty, a tím umožňuje nacházet shluky obecně libovolného tvaru (i shluky uvnitř jiného shluku)
- Nevýhodou je nutnost zadat parametry hustoty, nebo minimální počet prvků ve shluku.



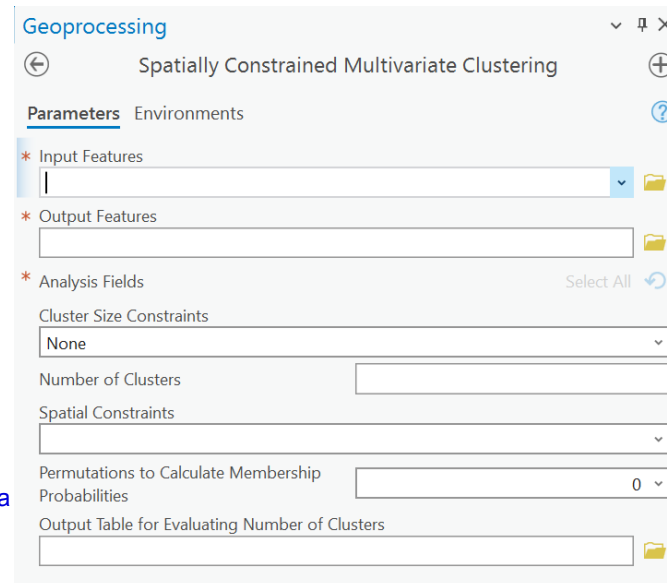
SOFTWARE

- GeoDa
- QGIS
- ArcGIS Pro



- ▶ Rastrová analýza
- ▶ Rastrová analýza terénu
- ▶ Rastrové nástroje
- ▶ Síť (mesh)
- ▶ Síťová analýza
- ▼ Vektorová analýza
 - ▶ Analýza nejbližšího souseda
 - ▶ DBSCAN shlukování (clustering)
 - ▶ Join by lines (hub lines)
 - ▶ K-means shlukování (clustering)
 - ▶ Průměrná/é souřadnice
 - ▶ Překryvová analýza
 - ▶ Součet délek linií
 - ▶ Spočítat body v polygonu
 - ▶ **ST-DBSCAN clustering**
 - ▶ Statistiky podle kategorií
 - ▶ Výpis jedinečných hodnot
 - ▶ Vystoupat podél linie
 - ▶ Vzdálenost k nejbližšímu rozbočovači (body)
 - ▶ Vzdálenost k nejbližšímu rozbočovači (linie k rozbočovači)
 - ▶ Vzdálenostní matice
 - ▶ Základní statistiky pro pole
- ▶ Vektorová geometrie

verzita



Další metody multivarianční analýzy

- Analýza hlavních komponent
 - Cílem je redukce původního počtu popisovaných proměnných novými veličinami (umělými), označenými jako komponenty, které shrnují informaci o původních proměnných za cenu minimální ztráty informace.
- Faktorová analýza
 - Cílem je popsat chování množiny cílových proměnných pomocí menšího počtu nových proměnných, označovaných jako faktory
- Diskriminační analýza
 - Slouží k nalezení pravidel resp. funkcí, podle kterých lze roztřídit objekty do jednotlivých známých tříd s využitím hodnot vybraných proměnných (diskriminátory).

ZDROJE

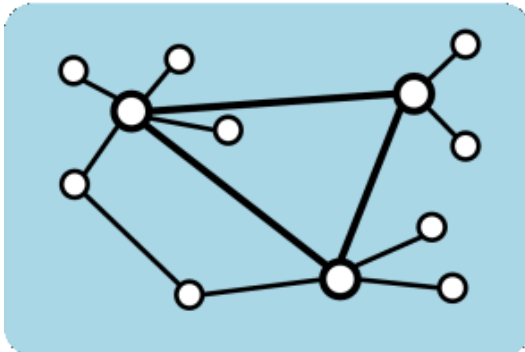
- HORÁK, Jiří. Prostorové analýzy dat. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-4368-1. https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf
- <https://gistbok.ucgis.org/bok-topics/classification-and-clustering>
- <https://geodacenter.github.io/documentation.html>
- <https://cs.wikipedia.org/wiki/K-means>
- <https://core.ac.uk/download/161962896.pdf>

GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

- mapování silničních a uličních sítí
- logistika
- plánování nové výstavby infrastruktury
- sledování vozidel pomocí GPS
- navigační systémy
- aktuální zpravodajství o uzavírkách, dopravních nehodách a stavu vozovek
- plánování silničních oprav
- sjízdnost vodních toků
- mapy cyklostezek a jejich poskytování prostřednictvím webových služeb
- evidence vozidel
- evidence letišť a nádraží a dalších dopravních uzlů
- inteligentní mobilita
- atd. ...

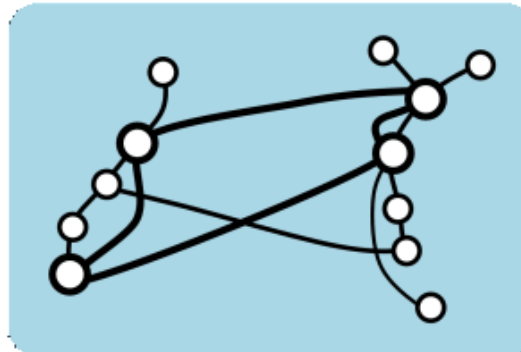
GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

Air Networks



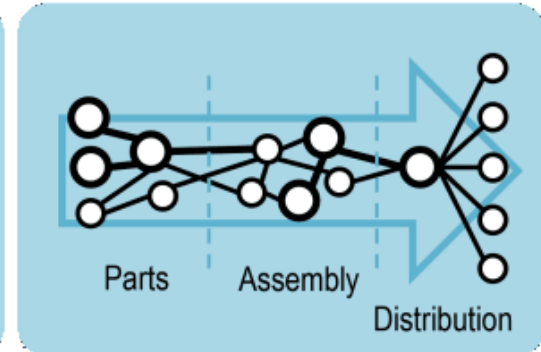
Nodal hierarchy (hub-and-spoke)

Maritime Networks



Circuitous nodal hierarchy

Logistical Networks



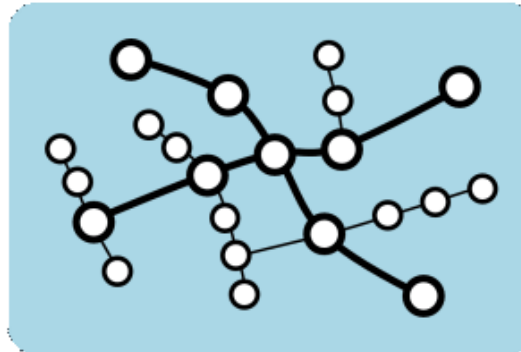
Sequential multi-nodal hierarchy

Road Networks



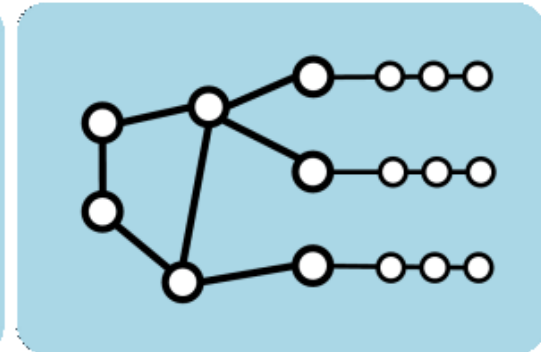
Hierarchical meshes

Rail Networks



Linear nodal hierarchy

Power Grids



Sequential linear hierarchy

GEOINFORMATIKA V DOPRAVĚ

- Statistický popis sítí
- Síťová analýza – „stručně“ a „motivačně“ – *více viz Aplikovaná geoinformatika*

Statistický popis sítí

- Síť, hrany a uzly (nódy)
- Deskriptory:
 - síť jako celku: Gama index, Alfa index
 - relací jednotlivých segmentů sítě: stupeň uzlu (nodalita), accessibility (dostupnost hran)
- Základním topologickým aspektem sítě je způsob propojení jednotlivých segmentů – **konektivita**
- Matice konektivity

Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2

Konektivita

- Matice konektivity shrnuje informaci o tom, které segmenty sítě spolu souvisí (jsou bezprostředně spojeny).
- Lze však charakterizovat i úroveň konektivity sítě jako celku.
- Pro fixní počet vrcholů má síť s větším počtem spojů lepší konektivitu. Dále existuje **minimální počet spojů**, který zajišťuje spojení všech vrcholů.

$$e_{\min} = v - 1$$

- v – počet vrcholů sítě, e – počet hran sítě potom:
- **Minimálně propojená síť** (Minimally conneted network – MCN): odstraníme-li jakoukoliv jednu hranu, síť se rozpadne na dvě části (subsystémy).
- **Beta index**: podíl počtu hran a počtu vrcholů
 - Jednoduché sítě a stromy mají hodnotu menší než 1, komplexní sítě mají hodnotu vyšší než 1.

$$\beta = \frac{e}{v}$$

Gamma index

- Poměr aktuálního a maximálního počtu vrcholů sítě

$$\gamma = \frac{e}{e_{\max}}$$

- **Maximální počet hran** lze vypočítat pro zadaný počet vrcholů, které spojují všechny vrcholy. Tedy maximální počet hran v síti o v vrcholech:

$$e_{\max} = 3(v - 2)$$

- Hodnoty gama indexu jsou mezi 0 a 1, kde hodnota 1 označuje zcela propojenou síť je velmi nepravděpodobná.
- Gama index je efektivní hodnota pro popis vývoje sítě v čase.

Alfa index

- Další jednoduchou charakteristikou konektivity sítě je počet okruhů. Výskyt okruhů v síti značí možnost dostat se z jednoho místa do jiného alternativními cestami.
- Síť s minimální konektivitou nemá žádný okruh.
- **Počet okruhů** lze zjistit tak, že od aktuálního počtu hran v síti odečteme počet hran potřebný pro minimálně propojenou síť (MCN), tedy $e-(v-1)$ nebo $e-v+1$.
- Obdobně pro daný počet vrcholů je **maximální počet okruhů** roven $2v-5$.
- S oběma uvedenými počty okruhů lze vytvořit poměr aktuálního počtu k počtu maximálnímu – tedy tzv. **alfa index**

$$\alpha = \frac{e - v + 1}{2v - 5}$$

- Stromy a jednoduché sítě budou mít hodnotu indexu 0. Hodnota 1 značí kompletně propojenou síť.
- Alfa index měří úroveň konektivity sítě nezávisle na počtu uzlů.

Křivolakost

- Skutečná délka linie dělena vzdáleností počátečního a koncového bodu
- ENG: **Detour index** = actual route distance/ straight line distance 100/1
- Lze aplikovat jak na jednotlivé linie (silnice, železnice), tak na celé sítě

Hustota sítě

- L: Délka linií (km),
- S: plochu (km²).
- Čím je síť hustší, tím je území rozvinutější.

$$ND = \frac{L}{S}$$

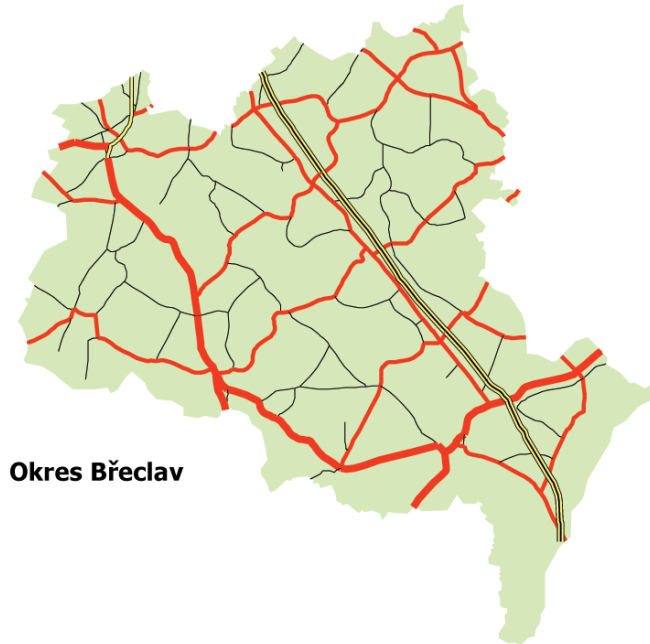
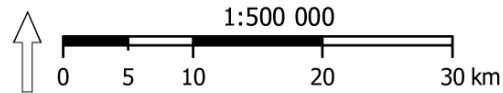
Nodalita, dostupnost hran






- Jedná se o charakteristiku jednotlivých vrcholů či hran sítě.
- Popisuje jejich dostupnost v rámci sítě.
- Jednoduchým ukazatelem dostupnosti hrany v rámci sítě je, s kolika jinými hranami daná linie přímo souvisí.
- Tuto informaci lze vyčíst z binární matice konektivity, pokud tuto doplníme řádkovým součtem.

Tabulka 3.3 Matice konektivity a dostupnost hran v rámci sítě

ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUMA
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	4
2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
4	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
5	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	3
6	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4
8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
10	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2

SROVNÁNÍ SÍTĚ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR

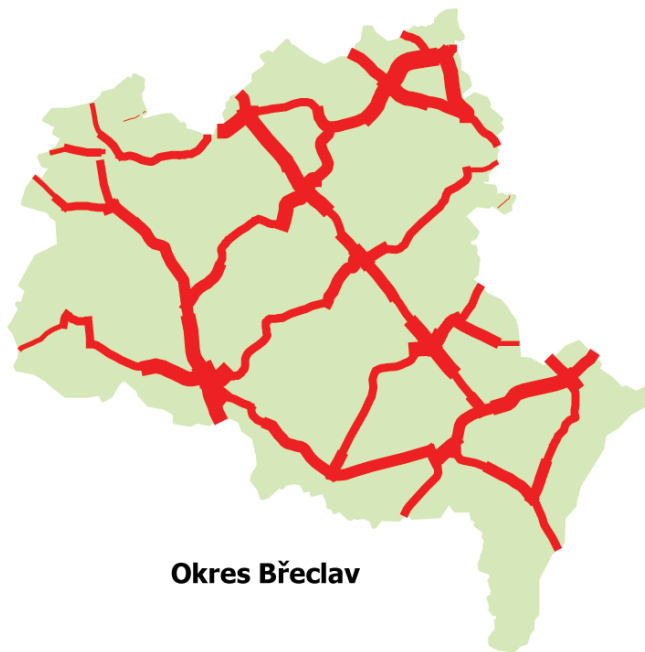
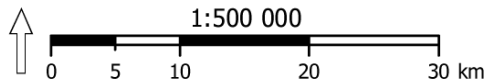


-  dálnice
 -  rychlostní silnice
 -  silnice 1. třídy
 -  silnice 2. třídy
 -  okresní silnice
- } použity pro další výpočty

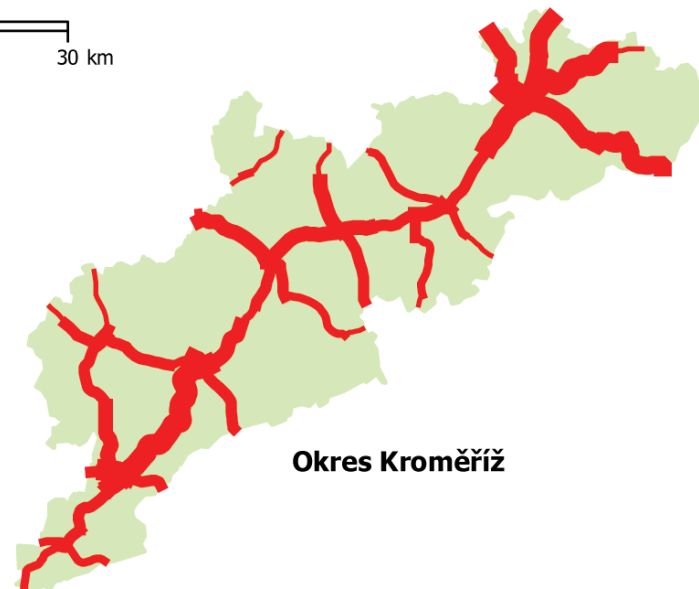
Okres Kroměříž

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART
Geografický ústav PŘF MU Brno
Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně
Zdroj dat: databáze ArcČR
Použité zobrazení: S-42

SROVNÁNÍ SÍTÍ KOMUNIKACÍ VE VYBRANÝCH OKRESECH ČR



Okres Břeclav



Okres Kroměříž

Okres Břeclav

Počet hran: 103
 Počet uzlů: 102
 Alfa index: 0,01005036
 Gama index: 0,343333

Okres Kroměříž

Počet hran: 62
 Počet uzlů: 62
 Alfa index: 0,00840336
 Gama index: 0,344444

Počet přímých spojů	Břeclav Kroměříž	
	Břeclav	Kroměříž
0	2	0
1	7	10
2	37	12
3	30	18
4	22	12
5	3	6
6	2	4

Lukáš HERMAN, 4. ročník KART
 Geografický ústav PĚF MU Brno
 Vytvořeno v dubnu 2010 v Brně
 Zdroj dat: databáze ArcČR
 Použité zobrazení: S-42

ZDROJE

- HORÁK, Jiří. Prostorové analýzy dat. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-4368-1. https://home1.vsb.cz/~hor10/Vyuka/PAD/PAD_skripta2022.pdf
- <https://transportgeography.org/contents/chapter2/geography-of-transportation-networks/>
- <https://transportgeography.org/contents/methods/graph-theory-measures-indices/>
- <https://www.geographynotes.com/articles/4-important-measures-of-transport-networks-with-diagram/165>
- Materiály předmětu Z6101 Základy geostatistiky

Sít'ové analýzy

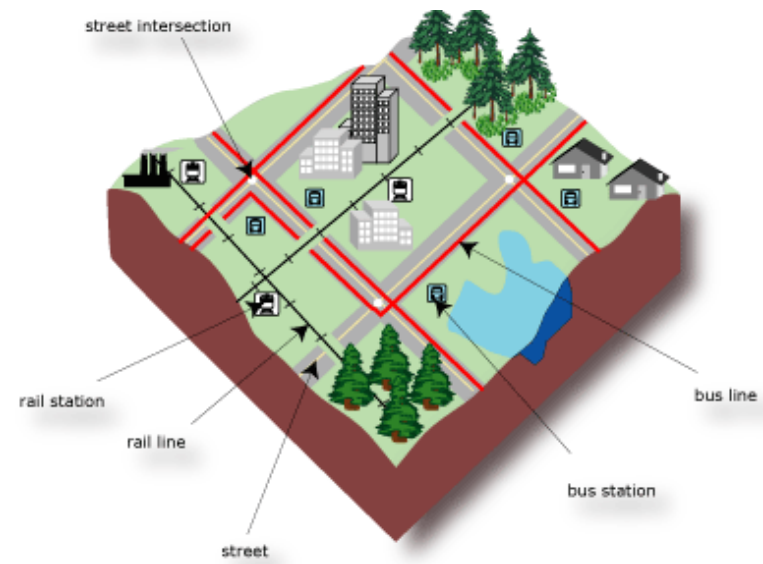
- hledání nejkratší – viz *Aplikovaná geoinformatika*
- optimální trasy
- stanovení obsluhovaných oblastí
- analýza nejbližšího střediska obsluhy či zařízení
- matice nákladů – náklady pro přesun zboží mezi dvojicí bodů
- obslužnost bodů více auty
- vytvoření cestovního itineráře



Síťový dataset

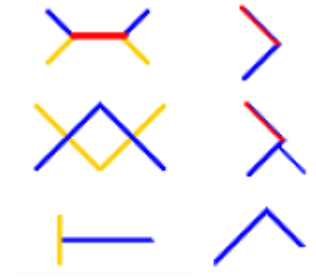
- uzly, hrany
- hranově / uzlově ohodnocený graf
- orientovaný graf, planární graf?

- pravidla konektivity (propojení)
- atributy síťového datasetu:
 - Usage Type (role atributu):
 - Cost – náklad (časová délka)
 - descriptors – vlastnost hrany (počet jízdních pruhů)
 - restrictions – omezení směru (jednosměrka)
 - hierarchy – priority hrany (třída silnice)
 - Units, Data Type, Use by Default

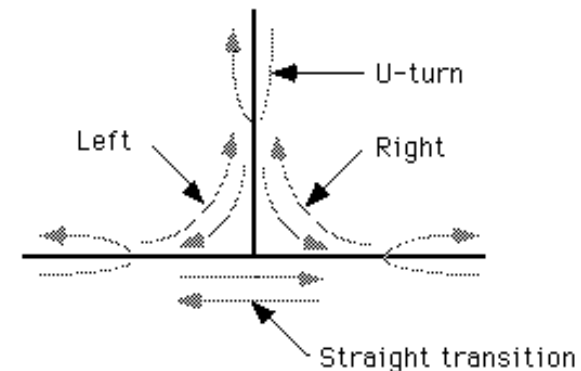


Tvorba síťového datasetu

- kontrola a oprava topologie
 - Must Not Have Pseudonodes
 - Must Not Overlap, Must Not Self-Overlap
- File database > New... > Network dataset > Network dataset wizard
- politika propojení hran (Endpoint Connectivity)
- pravidla odbočování (Global Turns)
- přidání a nastavení parametrů (Evaluators)



- Lze využít existující (př.: ArcGIS Pro), ale



Tvorba síťového datasetu

- Rychlost = náhrada (doplněk, povinný atribut) za(ke) vzdálenost(i) při tvorbě analýz
- Slouží k výpočtu časové zátěže pro dané úseky a posléze také časové dostupnosti
- Často se vychází z limitů (doporučených/průměrných...) rychlostí na jednotlivých třídách komunikací

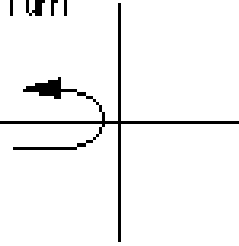
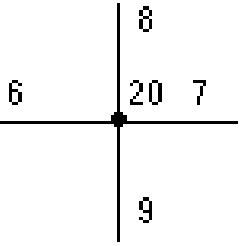
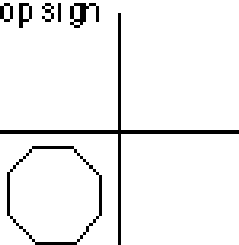
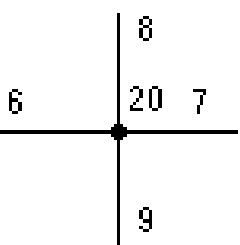
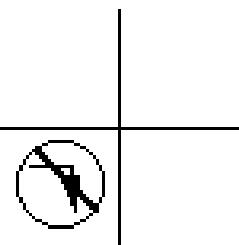
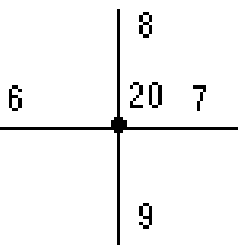
Tab. 2 Číselník průměrných rychlostí používaných na jednotlivých typech segmentů sítě silničních komunikací u původního a zpřesněného modelu sítě silničních komunikací (Převzato od PEŇÁZ, T. 2005, str. 4)

Způsob využití komunikace	Původní postup (2003)	Zpřesněný (aktuální) postup (2004)
	Průměrná dopravní rychlost [km.hod ⁻¹]	Průměrná dopravní rychlost [km.hod ⁻¹]
dálniční typ	85	85
silnice 1. kategorie	75	75
silnice 2. kategorie	55	55
hlavní průjezd	40	40
ulice	35	35
úcelová komunikace (vč. silnic 3. kategorie)	zahrnuto do „ostatní“	40
zpevněná cesta	zahrnuto do „ostatní“	20
přemostění železnic	zahrnuto do „ostatní“	30
ostatní	30	20

Hranově a uzlově ohodnocený graf

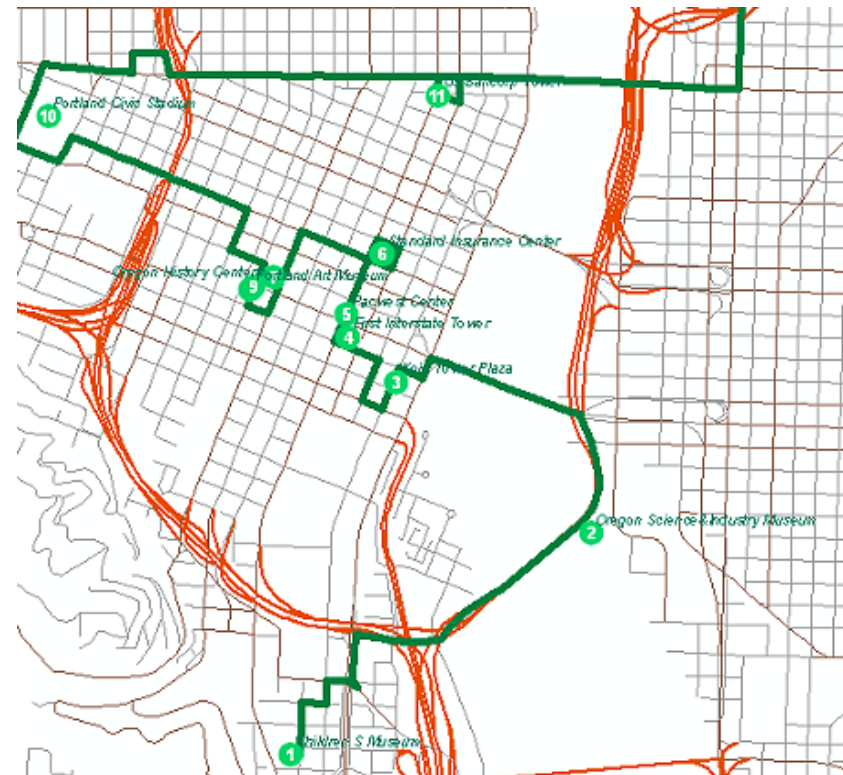
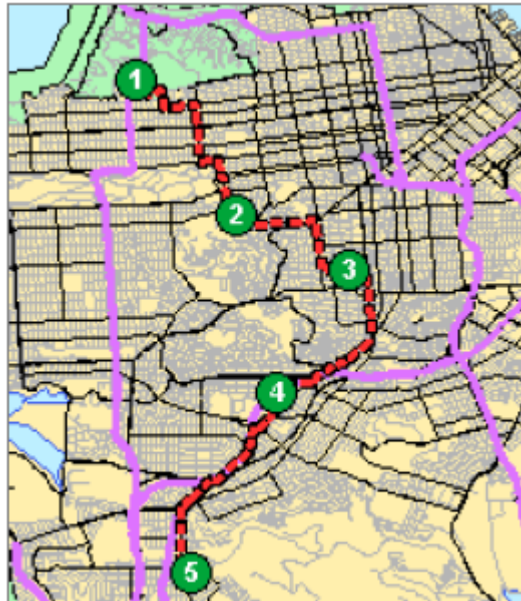
0 = No Impedance

-1 = No Turn

Situation	Representation	Turntable																				
U-Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>180</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	6	180	20										
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	6	180	20																		
Stop sign 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	7	0	15	20	6	8	90	20	20	6	9	-90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	7	0	15																		
20	6	8	90	20																		
20	6	9	-90	10																		
No Right Turn 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>NODE#</th> <th>FROM ARC#</th> <th>TO ARC#</th> <th>ANGLE</th> <th>TIME IMPEDANCE (seconds)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>-90</td> <td>-1</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>90</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)	20	6	9	-90	-1	20	6	7	0	5	20	6	8	90	10
NODE#	FROM ARC#	TO ARC#	ANGLE	TIME IMPEDANCE (seconds)																		
20	6	9	-90	-1																		
20	6	7	0	5																		
20	6	8	90	10																		

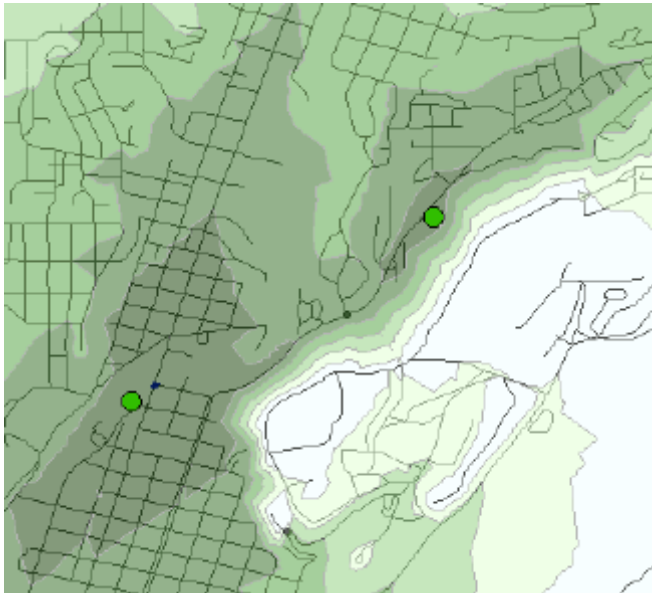
Optimální cesta

- úloha obchodního cestujícího (úloha minimálního Steinerova stromu)
- rozšíření předchozích, spojení více bodů – hledá se nejvýhodnější pořadí

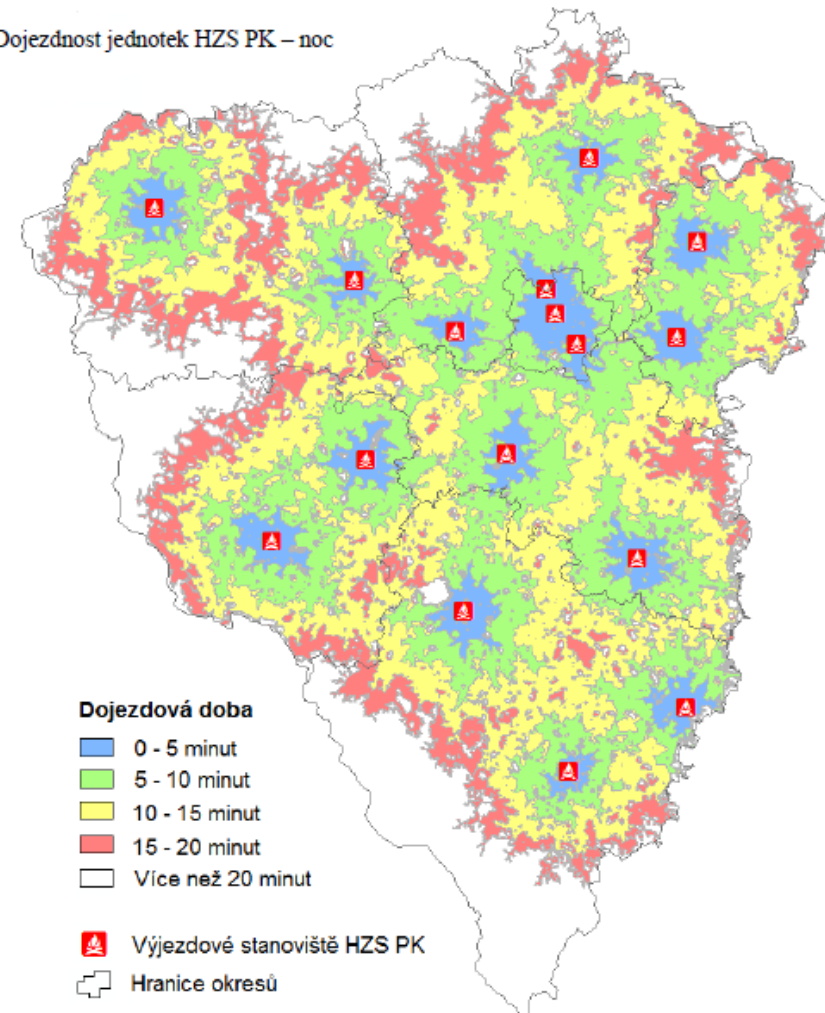


Obsluhované oblasti

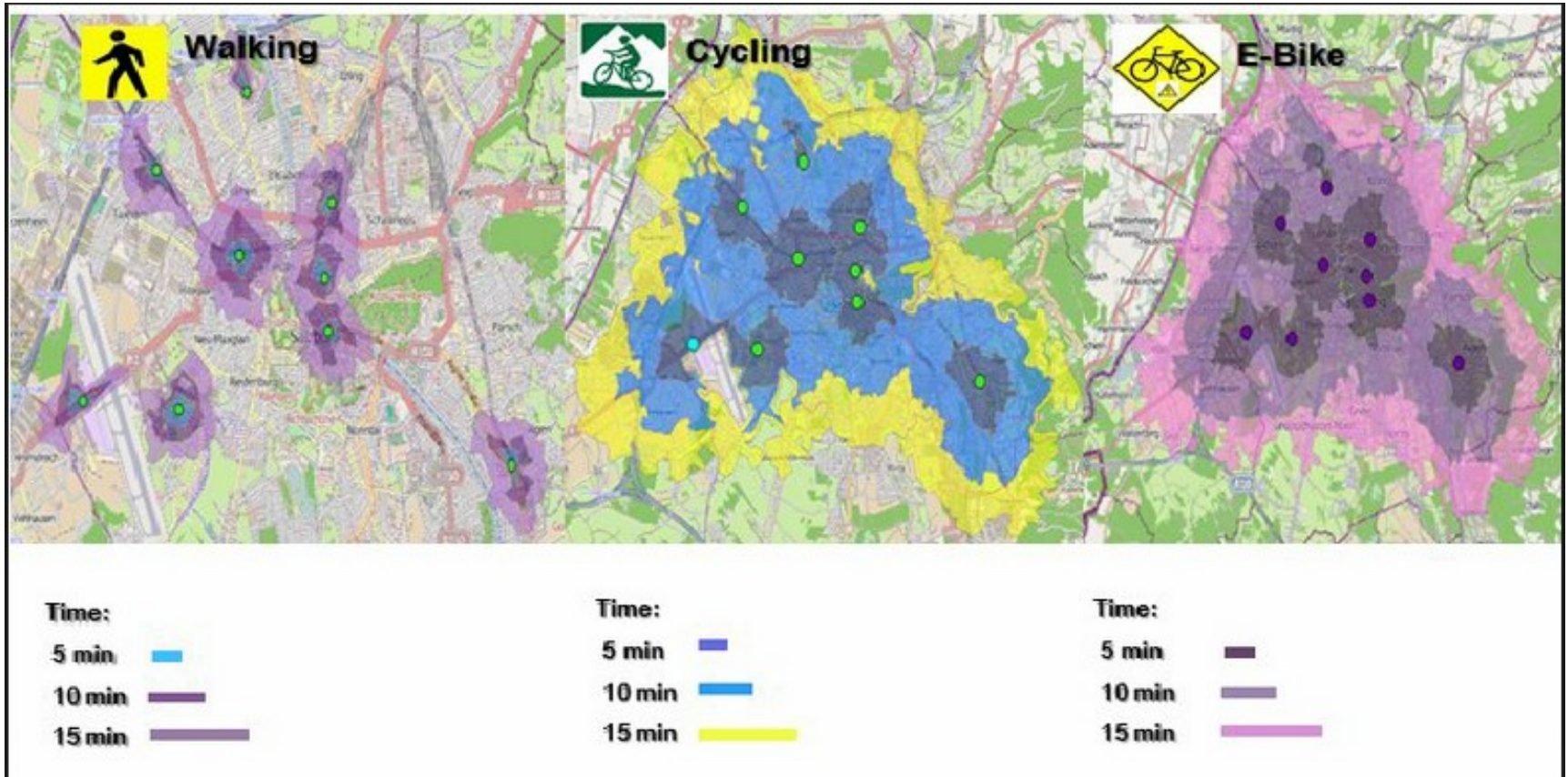
- vytváří areály dané potřebnými náklady na cestu ze střediska služeb (Facilities)



Dojezdnost jednotek HZS PK – noc



Obsluhované oblasti

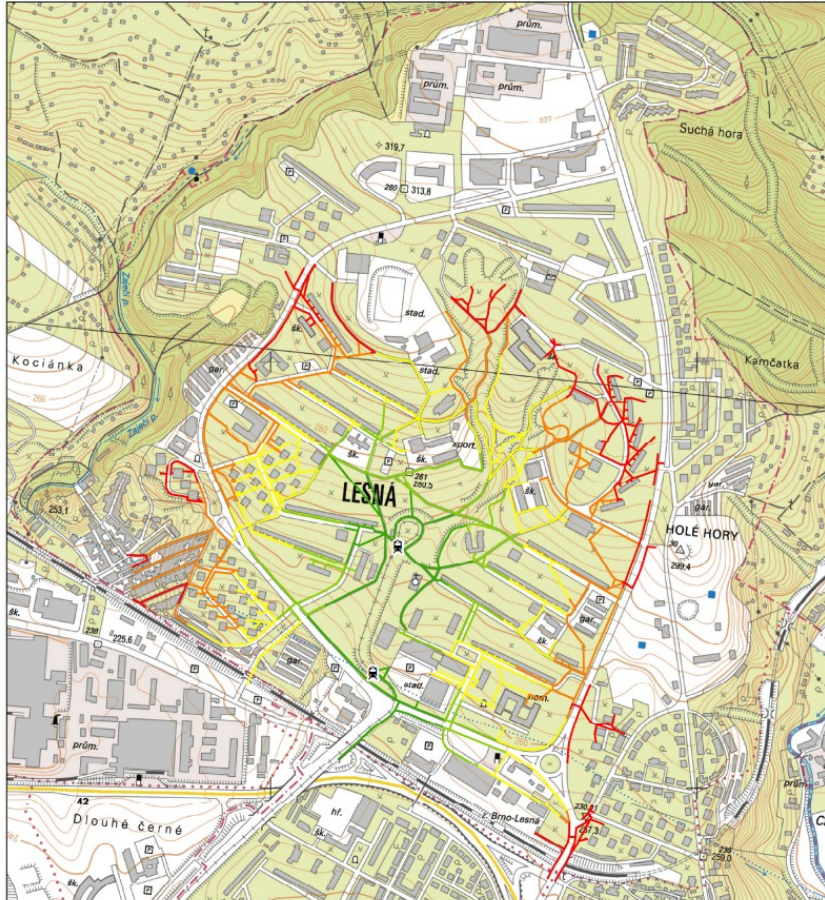


Obsluhované oblasti

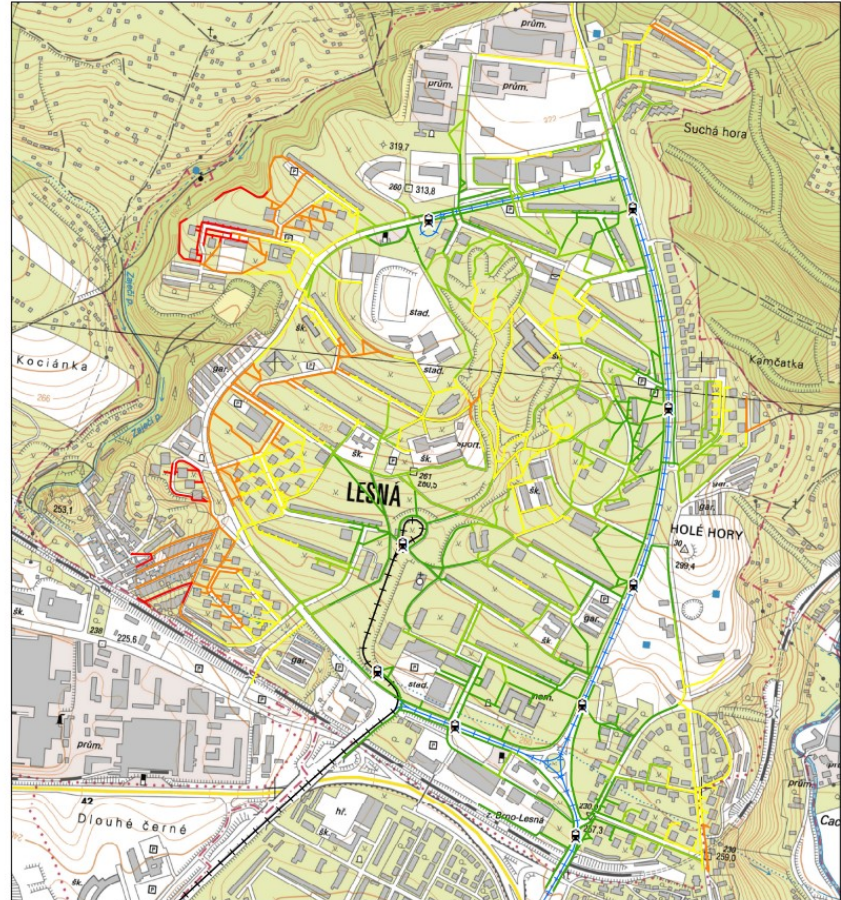
ČASOVÁ DOSTUPNOST TRAMVAJOVÝCH ZASTÁVEK NA LESNÉ
PRO VĚKOVOU KATEGORII 45 - 64 LET

<https://is.muni.cz/auth/th/aujpp/>

PŘED DOSTAVBOU TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



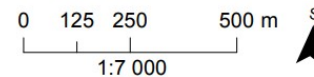
PO DOSTAVBĚ TRAMVAJOVÝCH TRATÍ



Čas chůze [s]

- 0 - 120
- 121 - 240
- 241 - 360
- 361 - 480
- 481 - 600

- tramvajová trať - stávající
- tramvajová trať - plánovaná
- ⊠ zastávka tramvaje

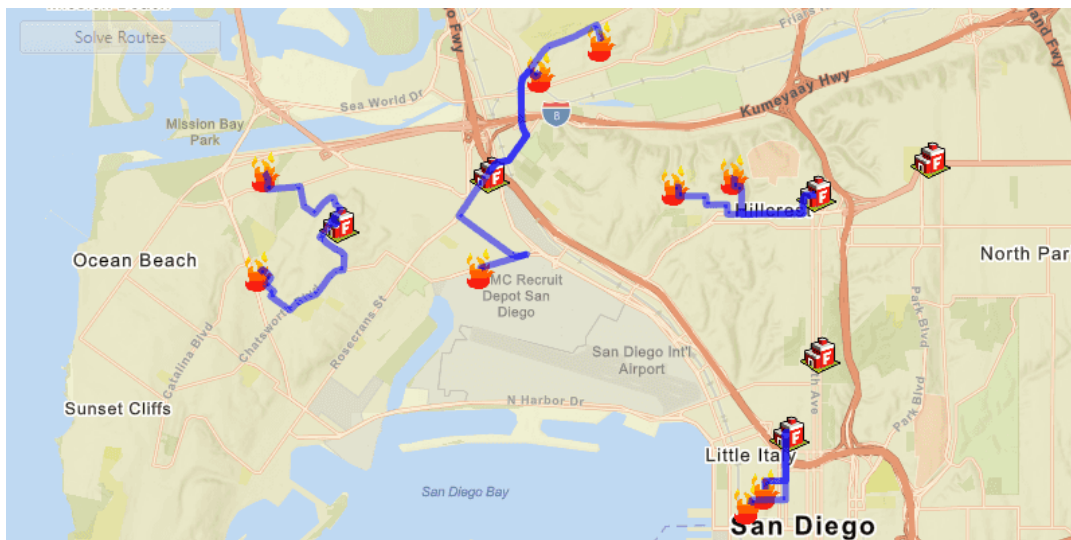


Martin VRÁNA, 405777
Geografický ústav, PFF MU
Brno, 2015

Zdroj dat: Vlastní měření, ČÚZK: WMS ZM10
Zobrazení: S-JTSK Křivák

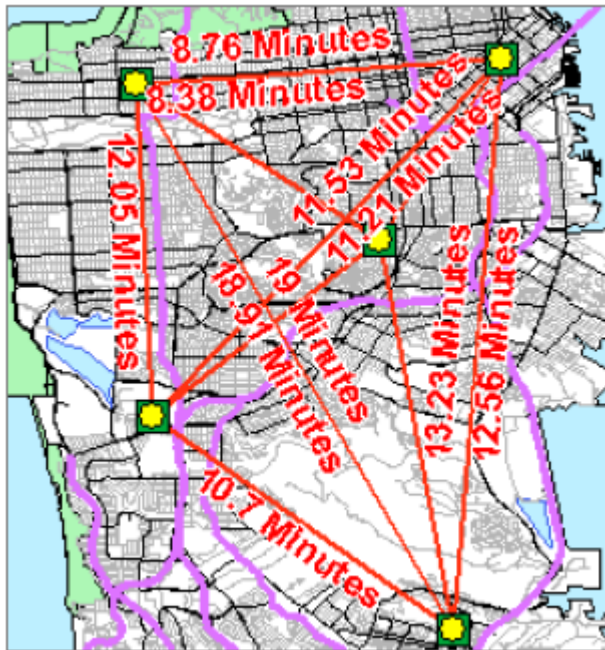
Nebližší středisko obsluhy

- hledá cestu mezi místem (Incident) a servisními středisky (Facilities)
- opačný přístup než předcházející obsluhované oblasti



„OD“ matice

- Origin – Destination Cost Matrix
- vytváří matici nákladů na cestu z bodu do ostatních bodů (Facilities)



Washington, DC

		Chicago	San Francisco	Toronto
Boston	338	1537	4952	908
New York	694	359	1084	4662
		1260	4908	885
		3438	830	4435

Obslužnost bodů více auty

- „Rozvozní problém“, stanovení optimálních tras pro jednotlivé auta
- výpočetně nejnáročnější

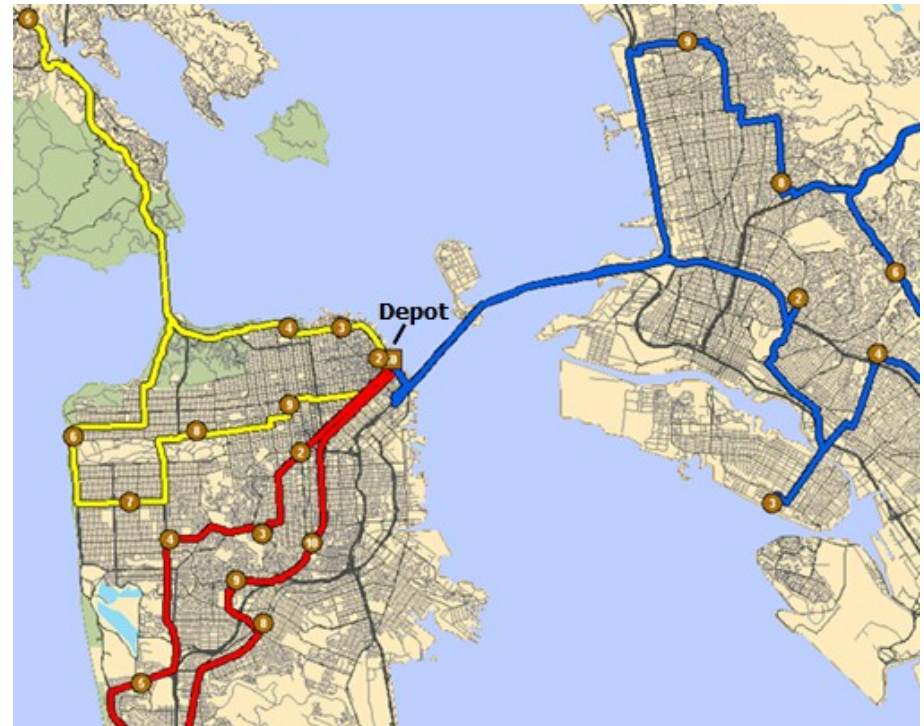
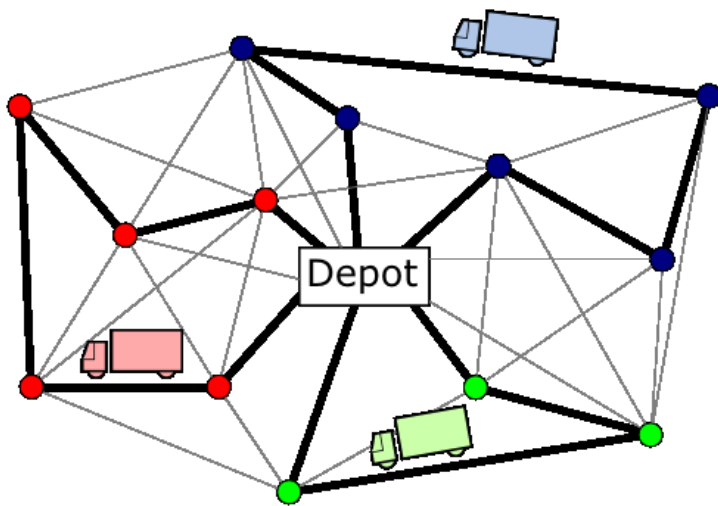


Table Of Contents

- Layers
 - Vehicle Routing Problem
 - Orders
 - Located
 - Unlocated
 - Error
 - Time Violation
 - Depot Visits
 - Located
 - Error
 - Depots
 - Error
 - Located
 - Unlocated
 - Point Barriers
 - Error
 - Restriction
 - Added Cost
 - Route Seed Points
 - Route Seed Points
 - Routes
 - Routes
 - Line Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - Route Zones
 - Route Zones
 - Polygon Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - obce_spalovny
 - obce_skladky_sel
 - linie_ND
 - Edges

Network Analyst

Vehicle Routing Problem

- Orders (166)
- Depots (13)
- Routes (1)
- Item3
- Depot Visits (0)
- Breaks (0)
- Route Zones (0)
- Route Seed Points (0)
- Route Renewals (0)
- Specialties (0)
- Order Pairs (0)
- Point Barriers (0)
- Restriction (0)
- Added Cost (0)
- Line Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)
- Polygon Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)

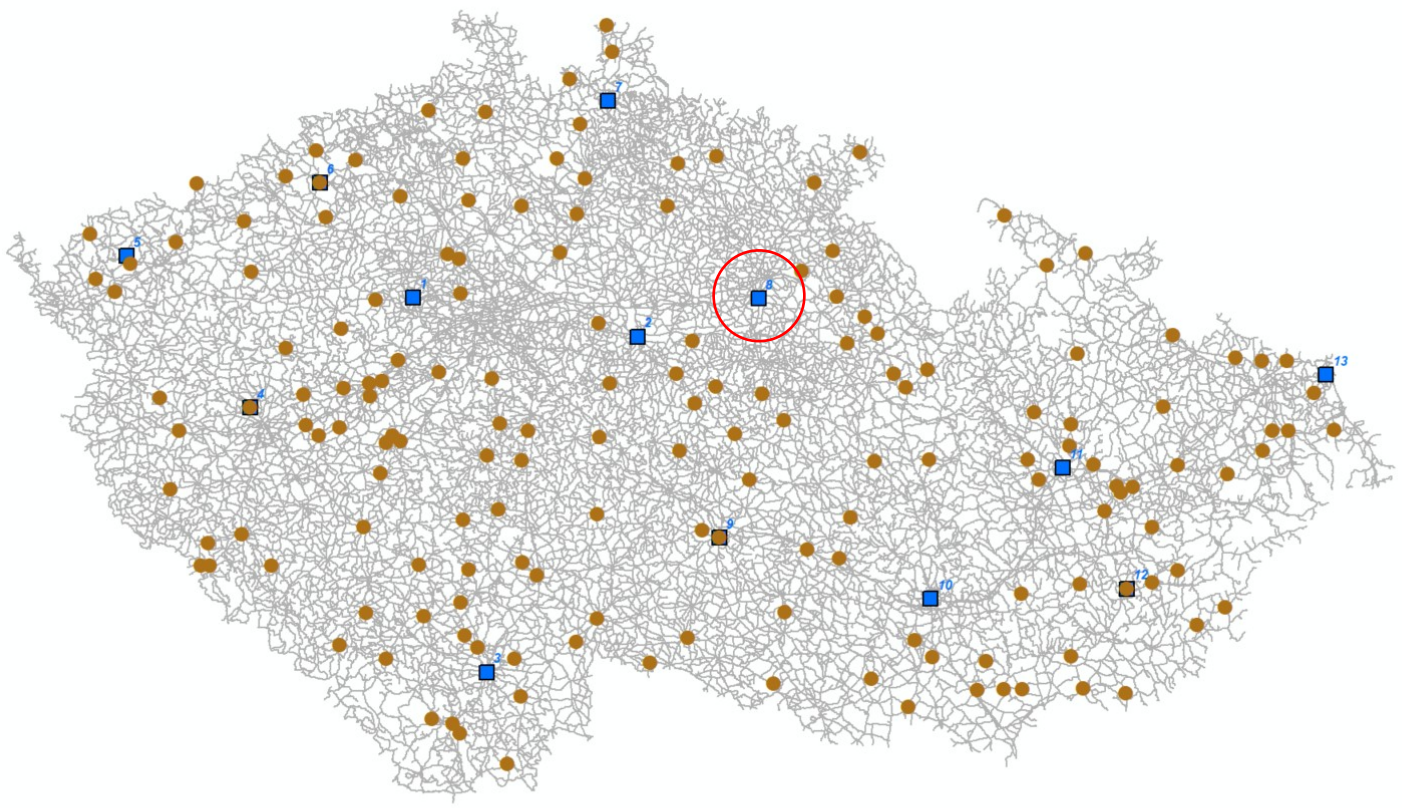


Table Of Contents

- Vehicle Routing Problem
 - Orders
 - Located
 - Unlocated
 - Error
 - Time Violation
 - Depot Visits
 - Located
 - Depots
 - Error
 - Located
 - Unlocated
 - Point Barriers
 - Error
 - Restriction
 - Added Cost
 - Route Seed Points
 - Route Seed Points
 - Routes
 - Routes
 - Line Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - Route Zones
 - Route Zones
 - Polygon Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
- obce_spalovny
- obce_skladky_sel
- linie_ND
 - Edges

Network Analyst

Vehicle Routing Probl

- Orders (166)
- Depots (13)
- Routes (1)
- Item3
- Depot Visits (2)
- Breaks (0)
- Route Zones (0)
- Route Seed Points (0)
- Route Renewals (0)
- Specialties (0)
- Order Pairs (0)
- Point Barriers (0)
- Restriction (0)
- Added Cost (0)
- Line Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)
- Polygon Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)

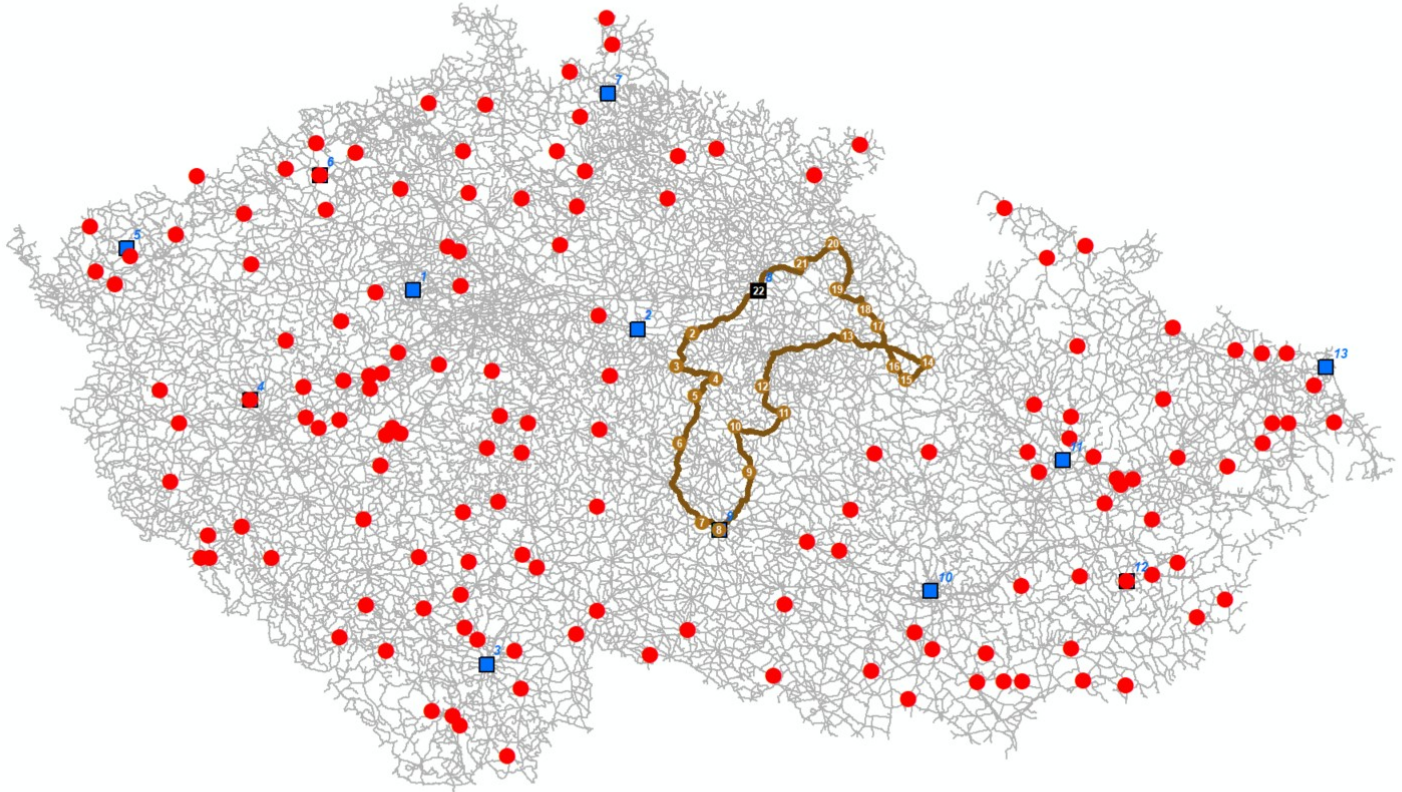
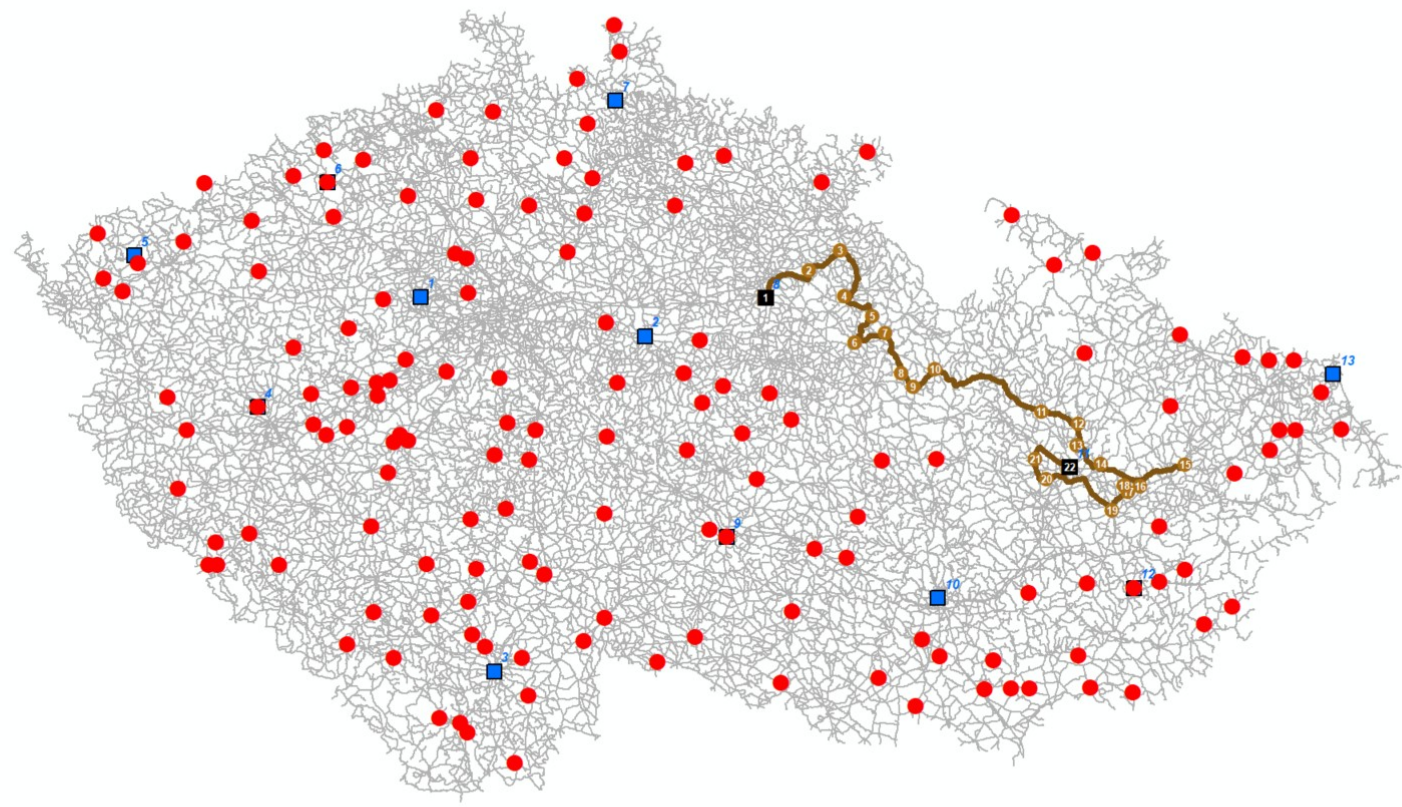


Table Of Contents Network Analyst Vehicle Routing Probl

- Layers
- Vehicle Routing Problem
 - Orders
 - Located
 - Unlocated
 - Error
 - Time Violation
 - Depot Visits
 - Located
 - Depots
 - Error
 - Located
 - Unlocated
 - Point Barriers
 - Error
 - Restriction
 - Added Cost
 - Route Seed Points
 - Route Seed Points
 - Routes
 - Routes
 - Line Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - Route Zones
 - Route Zones
 - Polygon Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - obce_spalovny
 - obce_skladky_sel
 - linie_ND
 - Edges

- Orders (166)
- Depots (13)
- Routes (1)
- Item3
- Depot Visits (2)
- Breaks (0)
- Route Zones (0)
- Route Seed Points (0)
- Route Renewals (0)
- Specialties (0)
- Order Pairs (0)
- Point Barriers (0)
- Restriction (0)
- Added Cost (0)
- Line Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)
- Polygon Barriers (0)
- Restriction (0)
- Scaled Cost (0)



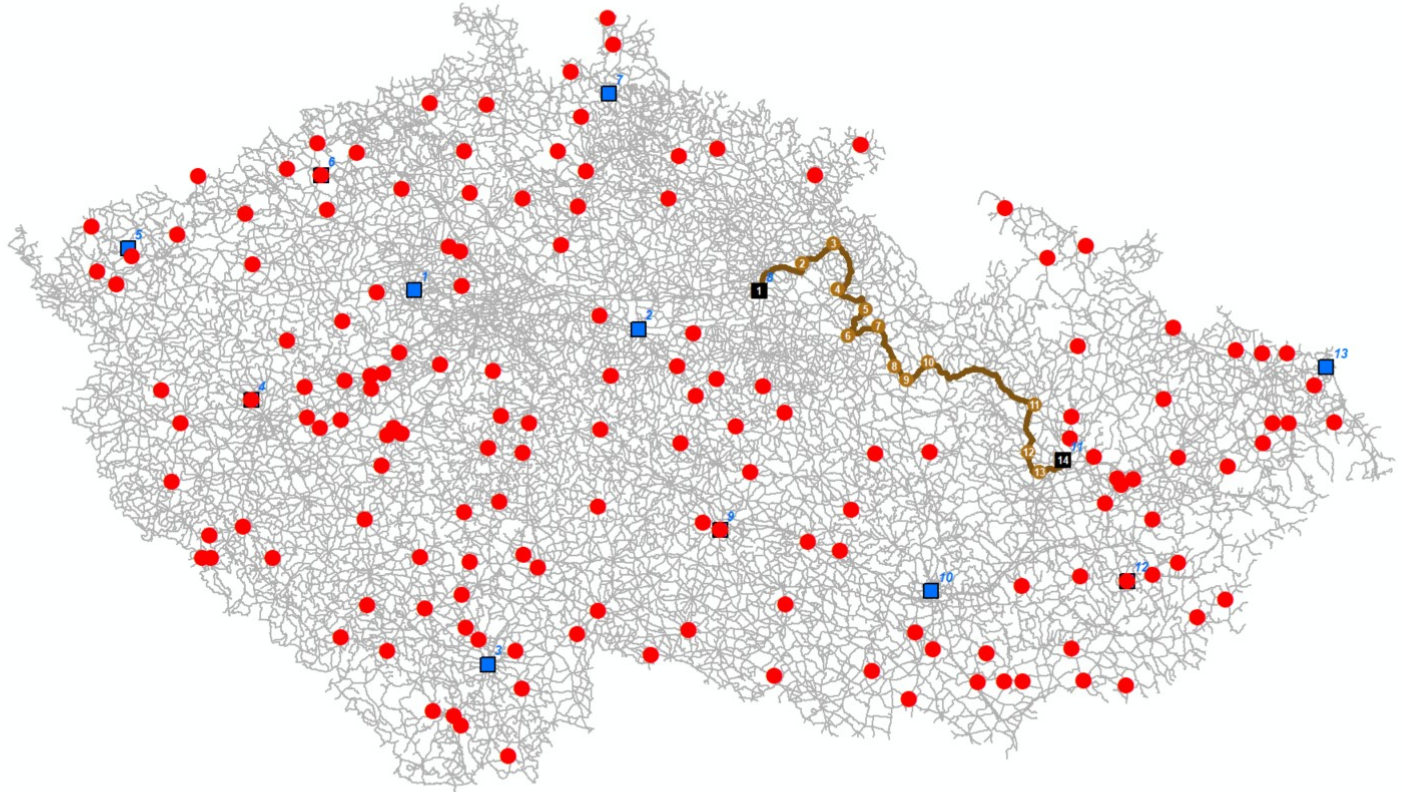
Partial Solve completed

Table Of Contents

- Layers
 - Vehicle Routing Problem
 - Orders
 - Located
 - Unlocated
 - Error
 - Time Violation
 - Depot Visits
 - Located
 - Depots
 - Error
 - Located
 - Unlocated
 - Point Barriers
 - Error
 - Restriction
 - Added Cost
 - Route Seed Points
 - Route Seed Points
 - Routes
 - Routes
 - Line Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - Route Zones
 - Route Zones
 - Polygon Barriers
 - Restriction
 - Scaled Cost
 - obce_spalovny
 - obce_skladky_sel
 - linie_ND
 - Edges

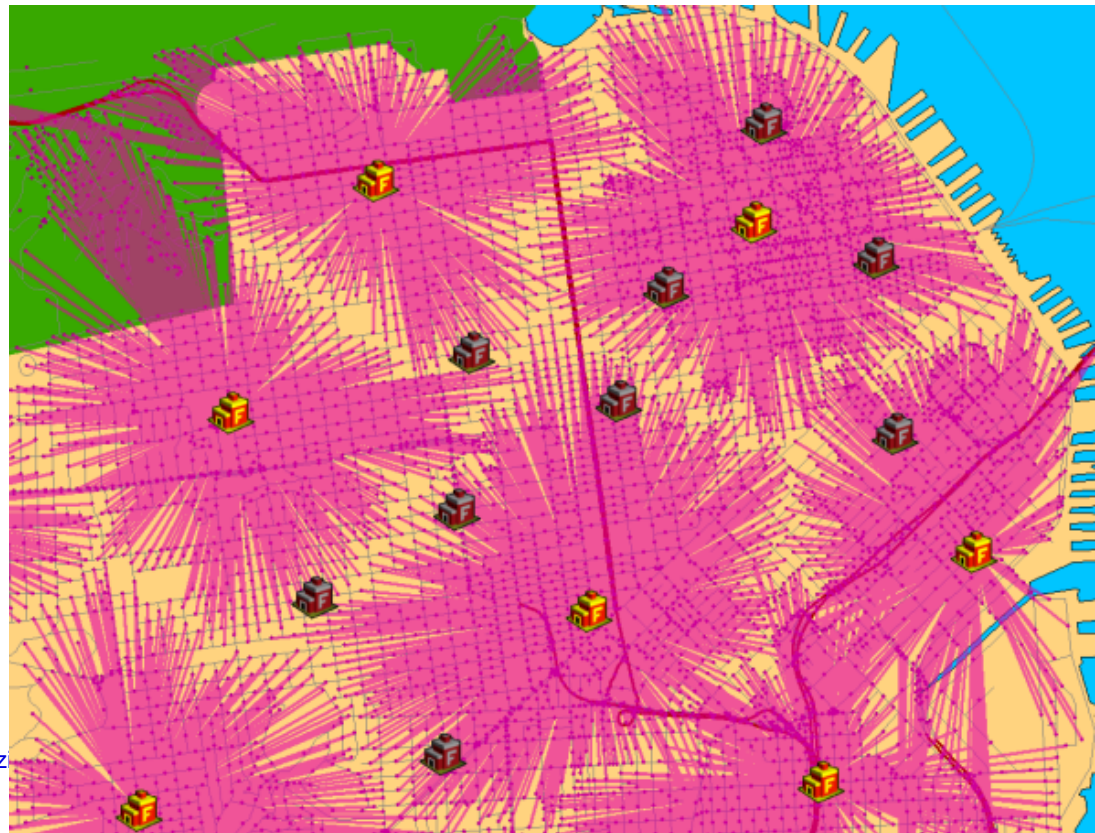
Vehicle Routing Problem

- Orders (166)
- Depots (13)
- Routes (1)
- Item3
- Depot Visits (2)
- Breaks (0)
- Route Zones (0)
- Route Seed Points (0)
- Route Renewals (0)
- Specialties (0)
- Order Pairs (0)
- Point Barriers (0)
 - Restriction (0)
 - Added Cost (0)
- Line Barriers (0)
 - Restriction (0)
 - Scaled Cost (0)
- Polygon Barriers (0)
 - Restriction (0)
 - Scaled Cost (0)



„Loccation – allocation“

- Řešíme vhodné umístění různých zařízení
- Minimalizování impedance (zátěže), maximalizování pokrytí, minimalizování zařízení, maximalizování návštěvnosti, maximalizování podílu na trhu, cílový podíl na trhu



Zdroje

- [http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy GIS v PO/Navod ke cvicenim.pdf](http://gisak.vsb.cz/~pen63/Systemy_GIS_v_PO/Navod_ke_cvicenim.pdf)
- <http://webhelp.esri.com/arcgisSDEsktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>
- <http://gis-service.com/arcgis-network-analist-step-3/>
- http://gis.zcu.cz/studium/agi/referaty/2009/Cejka_SilnicniDatasetProArcCR500/
- http://faculty.biu.ac.il/~shnaidh/zooloo/trnsprt2/ws_NetAnalystIntroSlides.pdf
- [http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky_Sitove analyzy v GIS pro sl_ozky IZS DP.pdf](http://geomatika.kma.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky_Sitove_analyzy_v_GIS_pro_sl_ozky_IZS_DP.pdf)
- <http://theses.cz/id/emr5ky/>