

Optimální poloha stanic a zastávek na tratích regionálního významu

Train Stations and Stops Optimal Localization at Rail Lines Regional Significance

Václav Novotný

Abstract:

The paper deals with the search for a system tool for the station and stops localization at rail lines regional significance based on data from the Census 2011 (SLDB), Territorial Analytical Data of the Czech Republic 2014 (ÚAP) and additional information especially from maps. Europe has been dealing with the issue of rail lines regional significance for decades, and each country has approached the question of further existence or non-existence in other ways. In the Czech Republic, this issue has been particularly emphasized at the last twenty years, so in the time this type of transport infrastructure and trains in operation has been in the end of a technical lifetime, and it was necessary to decide what further. The database of municipalities has been tested by correlation, clustering and regression analysis, with the aim of maximizing the number of passengers at the particular station or stop, thus maximizing the overall potential of the rail line for possible reconstruction. In the database, cluster analysis methods estimate static mixture components, DBSCAN and K-means are tested to create clusters of character-like municipalities. The most successful algorithm that determined the resulting shape of clusters is the K-means.

The main output of the paper is a summary of recommendations with a decision tree and an equation to maximize the passengers use of a particular train station or stop including recommendations for future data collection.

Keywords:

railway network; stations; stops; cluster analysis; regression analysis

NOVOTNÝ, Václav (2019). Optimální poloha stanic a zastávek na tratích regionálního významu. In: KUGL, Jiří, ed. *Člověk, stavba a územní plánování 12*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební. pp. 225–245. ISBN 978-80-01-06634-8. ISSN 2336-7687.
Článek je licencován pod licencí Creative Commons BY-NC-ND 4.0 (Uvedte autora-Neužívejte komerčně-Nezpracovávejte 4.0 Mezinárodní). Licenční podmínky: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.cs>

1 Úvod

Cílem výzkumu byla snaha nalézt systémový nástroj pro určení optimální polohy stanice či zastávky vlaku v obcích na tratích regionálního významu tak, aby tuto stanici, nebo zastávku využilo co nejvíce cestujících. Pro nalezení systémového nástroje bylo využito dat ze Sčítání lidu domu a bytů z roku 2011, dat ČSÚ pro Územně analytické podklady za celou ČR za rok 2014, expertních znalostí a nástrojů matematické statistiky, geografických informačních systémů a rozhodovacích stromů. Úkolem bylo odpovědět, zdali takový nástroj existuje, případně zdali je kvalita nejrůznějších databází ČR o území a obyvatelstvu dostatečná, případně naopak vyvrátit častou argumentaci o nemožnosti využít vzdálenější stanice a zastávky pro adekvátní obsluhu území. Vyšší možnost využití stanic a zastávek pro současné i potenciální cestující umožní, aby se zlepšil podíl železniční dopravy na tratích regionálního významu v celkové dělbě práce. Celý výzkum byl zaměřen na kvantitativní metody se zaměřením na vytěžování dat a využití matematické statistiky, ačkoliv jeho důsledky jsou praktického významu především pro dopravní a územní plánování. Rešeršní část byla provedena před započetím výzkumu a dodatečně i v jeho průběhu, jednalo se však vždy o podpůrnou část, neboť zadáním celé disertační práce, z které je tento článek pouhým derivátem, bylo výstupy dostatečně kvantitativně obhájit.

1.1 Význam železniční dopravy v dopravní obsluze regionů

Železniční síť v České republice dlouhodobě nevykazuje až na některé dílčí přeložky či rušení tratí příliš velkou dynamiku změny rozsahu sítě, stále však existuje tlak na výraznější redukci tratí, které slouží pouze dopravní obsluze místního významu s mnohdy výrazným rozdílem mezi přepravní poptávkou a dopravní nabídkou, avšak plnící funkci obsluhy území relativně ekologickým dopravním prostředkem. Kolejová doprava má totiž vyšší efektivitu na přepravu jednoho cestujícího při dostatečně velké poptávce, jak z hlediska energetické náročnosti, tak záboru prostoru, ale také objemu emisí exhalací. Na první pohled jednoduché negativní hodnocení tratě s nízkou poptávkou je tedy velmi krátkozraké, už jen proto, že přepravní poptávka a dopravní nabídka vykazují vzájemnou souvztažnost, je proto nezbytné rozhodovat o zachování či rušení tratí především na základě potenciálu, který je dán jednak stávajícími a potenciálními cestujícími – tedy zejména obyvateli, pracujícími a studujícími a jednak dalšími územně technickými podmínkami. Právě u tratí s velkým potenciálem je nezbytné podniknout kroky k maximalizaci využití tratě jakožto udržitelného dopravního módu začínající u vymezení nezbytných ploch a koridorů v územně plánovací dokumentaci, přes strategické studie a koncepce zabývající se implementací jednotlivých opatření, až po dokumentaci pro stavební povolení. U tratí, které vykazují nízký potenciál, zbývá pak rozhodnout o jejich strategické roli v rámci ČR a Evropy, například pro přepravu nákladu, nebo pro účely Armády ČR, a až v případě, že se ani strategická funkce neprokáže, je nezbytné zahájit diskusi o zastavení pravidelné dopravy, nebo zrušení tratě.

V poslední době se dopravní obslužnost potýká s řadou problémů spjatých s extenzivním rozvojem naší civilizace. Především výrazně roste hybnost obyvatelstva, což je dáno zejména růstem životní úrovně, snižující se hustotou osídlení vlivem suburbanizace a rozrůstáním sídel do volné krajiny, posilováním velkých pracovištních center a útlumem malých (útlum polycentrického rozvoje), vyšším podílem studentů SŠ a VŠ, vyšším podílem cestování za zábavou a nákupy a větším pohybem zboží na delší vzdálenosti. Mezi další problémy lze řadit vyšší podíl IAD v modal splitu, stárnutí obyvatelstva a nedostatečný tlak na internalizaci externích nákladů.

To, že veřejná hromadná doprava funguje, ukazují spokojení cestující, kteří ji využívají a rovněž prosperující region, který co nejméně zatěžuje životní prostředí. Cestující, kteří chtějí do přepravy vstoupit, musí využít některou ze zastávek či stanic

daného dopravního módu, tak se každá zastávka či stanice stává základní vstupní branou do systému veřejné hromadné dopravy, zároveň se zde problematika transformuje z linie do bodu. Zastávky a stanice jsou tak velmi důležitým prvkem každé dopravní sítě a je nezbytné jim tak věnovat dostatečnou pozornost.

1.2 Vymezení řešených železničních tratí

Síť železničních tratí v ČR lze z hlediska významnosti rozdělit na páteřní skupinu tratí, která propojuje významná města ČR a Evropy a převádí tak největší přepravní proudy osobní i nákladní a na početnější skupinu tratí regionálního významu, kterou tvoří železniční tratě zbývající. Tratě regionálního významu obvykle zprostředkovávají relace krajské, nebo lokální, mohou také tvořit tzv. napáječe páteřní sítě tratí. Charakteristiky těchto tratí často vyplývají z toho, že obvykle vznikaly pro přepravu komodit, nikoliv osob.

Výzkum se zabývá pouze železničními tratěmi regionálního významu, tedy všemi tratěmi mimo evropský železniční systém TEN-T. Tyto tratě tvoří cca 72 % délky všech železničních tratí v ČR. Tratě regionálního významu velice často obsluhují menší sídla, která nemají rozsáhlou síť městské hromadné dopravy a přeprava po městě je zajištěna kromě IAD, pěší a cyklistické dopravy spoji vnější linkové dopravy. Pokud ve městě existují linky MHD, pak téměř vždy propojují železniční nádraží s dalšími zdroji a cíli cest (obvykle úřady, zdravotnická zařízení, hřbitovy a nákupní centra), avšak s velmi malou nabídkou spojů v řádku několika párů denně. Ve velkých železničních stanicích či uzlech je situace diametrálně odlišná, neboť zde obvykle funguje navazující doprava velmi dobře, případně jsou zde další možnosti, jak zatraktivnit fungování železniční stanice. Všechny tyto skutečnosti pak vedou na složitější a často i individuální způsob řešení, často s nutností potvrzení v multimodálním dopravním modelu.

Základní předpoklady hledání optimální polohy místa zastavení vlaku v sídlech ležících na tratích regionálního významu jsou:

- Vhodné traťové poměry, které umožní posun místa zastavení vlaku
- Nejžádanější přepravní relací jsou vztahy mezi bydlištěm, vzděláním, pracovištěm a službami (obchodní, úřední a zdravotní)
- Sídlo má rozčlenitelnou strukturu dle funkčního využití ploch a záleží na poloze místa zastavení vlaku
- Jsou známa data charakterizující sídlo a současnou dopravní poptávku
- V datech SLDB 2011 se předpokládá, že obyvatel, který uvedl, že využívá pro dojíždění do nebo z obce dopravu železniční, ji využívá v předmětné obci uvedené v datech SLDB. (Obyvatelé mohli totiž uvádět obecně více druhů dopravních prostředků, které k dopravě v předmětný den sčítání využili).

2 Zkušenosti s problematikou v zahraničí

I ve státech sousedících s Českou republikou docházelo a dochází k proměnám v rozsahu železničních tratí regionálního významu. Zatímco na Slovensku, v Rakousku či Polsku docházelo většinou k redukci rozsahu těchto tratí, v Německu se naopak začínají v posledních letech některé železniční tratě obnovovat. Například na Slovensku byl z důvodů nízké poptávky ukončen provoz na cca 23 tratích v období 1993-2012, postupně by mělo dojít i k fyzické likvidaci některých tratí, hovoří se až o 250 km tratí. Na Slovensku jsou však tratě a sídla obvykle sobě blíže než v ČR vzhledem ke geomorfologii terénu, kdy hluboká údolí tvoří hlavní dopravní koridor a zároveň jsou v těchto údolích umístěna i sídla, proto je hlavním důvodem silná konkurence IAD a především neochota investovat do technicky zastaralých tratí. Opačným příkladem je trať Bratislava – Komárno, kterou se díky rekonstrukci, nasazení moderních vozidel a liberalizaci trhu podařilo oživit. U této trati se také projevila konkurenční výhoda oproti přetížené silniční síti v tomto směru.

V Polsku dochází od 90. let k postupnému uzavírání několika tisíc km tratí

regionálního významu z důvodu slabé poptávky, kterou roztočila spirála postupných nucených ekonomických úspor, špatného technického stavu tratí a silné konkurence IAD. Proces výrazné redukce tratí není pravděpodobně v Polsku stále ještě u konce.

V Rakousku došlo na mnoha úsecích nejenom k zastavení dražního provozu, ale dokonce často ke zrušení trati a zřízení stezky pro chodce a cyklisty na jejím tělese. Příklady najdeme i v blízkosti hranic s Českou republikou, například u Slavonic.

V Německu byly některé tratě zrušeny, avšak na některých ještě fyzicky existujících naopak dochází k znovuoobnovení provozu, a to s velkým úspěchem, vlivem investic či inovací (např. systém tramtrain v Karlsruhe, nebo Chemnitz) dochází k následnému zvýšení dopravní poptávky a růste rentabilita provozu. Německo k problematice tratí regionálního významu přistoupilo ze zemí střední Evropy nejracionálněji. Tratě, které neměly potenciál, byly zrušeny, a ty, které potenciál měly, byly zrekonstruovány a nasazeny na nich moderní vozidla s atraktivní nabídkou spojů, čímž se indukovala poptávka po dopravě. Svůj příspěvek měla i do jisté míry liberalizace trhu, která umožnila především rozšířit služby pro cestující a nasadit moderní vozidla. V zemích více na západ od hranic ČR nastal proces redukce délky tratí ještě dříve než ve státech střední a východní Evropy.

3 Struktura osídlení ČR

Základní dopravní relací je vztah bydliště - pracoviště, právě tyto přepravní vztahy vytvářejí dopravní špičku a koncentraci relací ve špičkovou hodinu a zároveň vytváří nejvyšší nároky na dopravní síť, a to, jak co do výkonu, tak minimalizace cestovní doby ode dveří ke dveřím. Nelze tvrdit, že ostatní relace v území jsou marginální záležitosti, například dojíždka za zábavou či nákupy rok od roku roste, avšak je natolik nekonzentrována a více specifická pro jednotlivé obce či souměstí oproti denní dojíždce za prací a vzděláním, že se těmito relacemi nelze zabývat v celorepublikovém kontextu. Vzhledem k výše uvedenému bylo pro pochopení dalších souvislostí nezbytné provést shrnutí základních charakteristik osídlení.

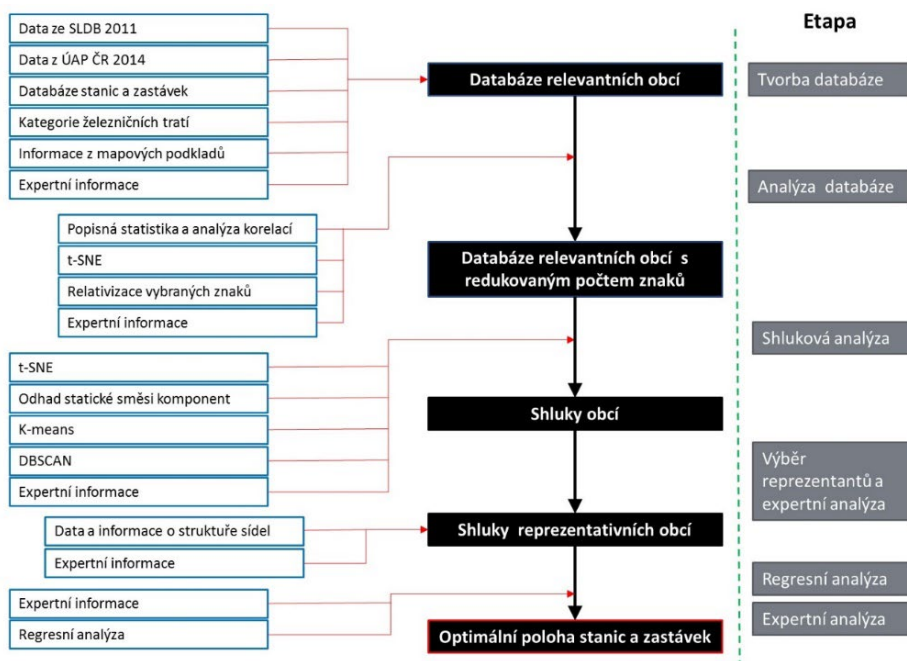
V ČR je rozmístění obyvatelstva nerovnoměrné, nejvíce obyvatel žije v nížinách (Polabí, Poohří, Pomoraví), u velkých řek (Labe, Vltava, Morava), v přilehlých oblastech k největším městským aglomeracím a dále v lokalitách s výskytem těžkých průmyslových odvětví. Jmenovitě se jedná o pražskou, ostravskou, brněnskou a plzeňskou aglomeraci, dále o severočeskou konurbaci podél dlouhé linie od Chebu až po Děčín s jádrem vymezeným městy Chomutov - Most - Teplice - Ústí nad Labem. Nejdříve osídlené oblasti jsou příhraniční oblasti a horské oblasti. Zjednodušeně se dá říci, že hustota osídlení klesá jihozápadním směrem od Prahy a na západ od Brna společně s růstem výskytu primárního ekonomického sektoru (zemědělství). Hlavní město je v rámci našeho státu naprosto specifické tím, že oproti jiným městům k denní dojíždce či dokonce přesídlení láká v poslední dekádě stále rostoucí množství obyvatel, kteří svojí ekonomickou aktivitu vytváří přibližně čtvrtinu celého HDP České republiky, a to navíc převážně prostřednictvím terciárního sektoru. Hustota zalidnění pro celou ČR je 130 osob/km²., výrazně se však oblast od oblasti liší. Druhou velmi podstatnou souhrnnou charakteristikou pro pochopení souvislostí v relacích bydliště - pracoviště jsou dojíždčkové proudy, ty byly sledovány v rámci SLDB 2011 a jsou využity jako základní charakteristiky (znaky) jednotlivých obcí v tomto výzkumu. Z výsledků vyplynulo, že z místa bydliště pravidelně vyjíždí za prací 2,062 milionu osob a 0,784 mil. studujících, celkem tedy cca 2,8 milionu osob, z čehož 45%, tj. 1,26 milionu relací je uskutečňováno v rámci jedné obce. Byl také potvrzen obecný princip, že s rostoucí vzdáleností intenzita dojíždky klesá, takže se ukázalo, že největší podíl pracovní vyjíždky se uskutečňuje v rámci okresu (52,4%), a pouze cca 23% představuje vyjíždka mimo území kraje. Do těchto 23% je započtena i dojíždka za prací do Prahy, která činí 57% mezikrajských relací, tj. 13,1% celorepublikových dojíždčkových proudů, neboli 0,37 milionu osob dojíždí za prací do Prahy z jiných krajů. Z SLDB 2011

rovněž vyplynul modal split pro dojížděkové proudy, celkem 180 935 cestujících využije vlak samostatně nebo v kombinaci s jiným dopravním prostředkem pro dojížděku.

Součástí zpracování výsledků SLDB 2011 bylo rovněž vytvoření proudů dojížděky, kterých bylo identifikováno 178 tisíc mezi jednotlivými obcemi, z čehož tvoří 111 tisíc proudů vyjíždějící pouze do zaměstnání, 26 tisíc proudů žáci a studenti a 40 tisíc proudů kombinace osob dojíždějících za zaměstnáním a za vzděláním, zajímavějším ukazatelem je velikostní struktura těchto proudů, neboť 2/3 proudů za vzděláním patří do proudů s maximálně 49 dojíždějícími, což ukazuje na vysoký podíl těchto proudů z malých obcí, kde školy nejsou. U pracovní dojížděky dominují proudy s 100 - 499 vyjíždějícími. Například nejmohutnější proud dojížděky je Praha – Kladno s intenzitou 7,0 tisíc osob. Vzhledem ke stavu kolejové infrastruktury je bohužel většina z této relace realizována po silnici. Zajímavým fenoménem je rovněž nárůst vyjížděky z jádrových měst aglomerací do suburbánní zóny, kde roste počet pracovních míst, což naznačují i trendy intenzit na radiálních i orbitálních komunikacích např. hl. m. Prahy.

4 Metodika výzkumu

V následujícím je uvedeno na obr. 2 schéma navrženého algoritmu. Vlevo jsou vstupy, uprostřed pak hlavní produkty algoritmu a vpravo je upřesněn název etapy práce.



obr. 1 – Schéma navrženého algoritmu výzkumu

5 Databáze relevantních obcí

Základním pilířem celé práce byla tzv. databáze relevantních obcí. Základem databáze se stal seznam 2837 železničních stanic a zastávek, resp. tarifních bodů, v ČR z 20. 2. 2011, z kterého byly odebrány zastávky a stanice, které již fyzicky neexistují, tarifní body na státní hranici, odebrány byly také zastávky, které jsou dlouhodobě

mimo provoz (více než 10 let), avšak stále leží na provozovaných tratích. Následně byly z databáze vyřazeny všechny stanice a zastávky, které leží na síti TEN-T a krajská města, kromě Karlových Varů, které jsou parametry srovnatelné s jinými „nekrajskými“ městy. V některých případech se vyskytují v databázi i obce, které leží na železniční síti TEN-T, ale to jen takové, v kterých zároveň existuje zastávka na trati regionálního významu.

Následně bylo poloautomaticky přiřazeno správní území obce ke každé stanici a zastávce s cílem mít v jednom řádku databáze právě jednu obec, přes jejíž ID se dají dohledat údaje ze SLDB a ÚAP. Výsledkem se tak stal seznam celkem 1350 obcí (objektů), kterými prochází tratě regionálního významu. Ke každé obci byly přiřazeny znaky z databázi SLDB a ÚAP ČR 2014 doplněné o kvantifikované údaje o silniční a drážní infrastruktuře z mapových podkladů.

Při výběru znaků obcí se vycházelo z dosavadních poznatků uvedených v předchozích kapitolách disertační práce a byly tak identifikovány v zásadě 3 oblasti, které spolu spolupůsobí na charakteristiku obcí a zároveň jsou v datech obsaženy, nebo se dají jednoduše v mapových podkladech dohledat:

- Demografické charakteristiky
- Územní charakteristiky
- Charakteristiky dojížděky a vyjížděky

Vznikla tak databáze relevantních obcí, která obsahuje celkem 1350 objektů, z nichž každý má 109 znaků.

5.1 Databáze relevantních obcí s redukováním počtem znaků

Vstupní matice 1350 x 109 („databáze relevantních obcí“) je z hlediska dalšího zpracování příliš velká a bylo proto nezbytné snížit dimenzionalitu, tedy zredukovat počet znaků obcí, tedy snížit počet sloupců. Jako první byl proveden základní vhléd do dat pomocí algoritmu t-SNE. T-SNE (t-distributed stochastic neighbor embedding) je metoda nelineární redukce dimenzionality, která se velmi hodí pro zobrazení vícerozměrných dat ve dvou, nebo tři rozměrném prostoru prostřednictvím bodového grafu. Následně byla provedena analýza korelací na standardizovaných datech pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a poté expertní redukce počtu znaků (sloupců v datové matici). Na redukováném počtu znaků byla poté aplikována popisná statistika a vizualizace pomocí grafů.

Z výsledků byla patrná silná až velmi silná korelace znaků, v kterých se vyskytuje počet obyvatel (počet obyvatel, hustota osídlení, hustota osídlení pouze v zastavěných částech), hustota osídlení s podílem zastavěných ploch, kombinace počtu obyvatel s různými charakteristikami dojížděky a vyjížděky (např. dle dopravního módu, věku nebo doby dojížděky) a samozřejmě korelace znaků týkajících se charakteristik dojížděky mezi sebou.

Vzhledem k pozorovaným korelacím s velikostí populace či rozlohy bylo také nutné některé znaky převést na relativní v procentech tak, aby nebyly zatíženy velikostí populace, či rozlohou. Některé ze znaků také vykazovaly velké množství nulových hodnot, které jsou z hlediska dalšího strojového zpracování nevhodné. Toto se týkalo především už tak korelovaných znaků charakterizujících dojíždění. Pro lepší rozvržení shlukování a pochopení možného potenciálu vybraných dat pro databázi relevantních obcí s redukováním počtem znaků bylo využito také popisné statistiky.

Kombinací aplikace algoritmu t-SNE, analýzy korelací, expertního názoru, popisné statistiky a vizualizace dat bylo možné zhodnotit potenciál datové matice 1350 x 16 pro shlukování s kladným výsledkem.

6 Shluková analýza

Motivace proč provést shlukovou analýzu a rozřadit tak obce (objekty) do shluků

je především v tom, že i když jsou obce různé, dá se předpokládat, že si jsou něčím podobné a vytvořit pravidla pro shluk (skupinu) obcí je jednodušší než pro každou obec zvlášť.

Některé obce (objekty) navíc nemají uveden počet cestujících, kteří využívají pro svou dojížděku nebo vyjížděku vlak. Tyto obce však lze pro další práci neuvažovat, protože se tak pouze zúží počet vzorků v dané statistické analýze shluku pouze na obce, které mají všechna data kompletní. Jeden shluk se tak stane v následující úloze regresní analýzy de facto statistickým výběrem. Tento přístup zachovává snahu o nalezení systémového nástroje a zároveň je přesnější, než kdyby byly považovány všechny obce s nenulovými znaky o dojížděce a vyjížděce vlakem za jeden velký statistický výběr. V regresní analýze bude sada statistických výběrů s nenulovými hodnotami znaků o dojížděce a vyjížděce vlakem a jednou stanicí či zastávkou na správním území obce nazývána shluky reprezentativních obcí.

6.1 Metody shlukové analýzy

Shluková analýza patří mezi vícerozměrnou statistickou metodu, která slouží ke klasifikaci objektů. Základem je roztřídění do skupin (shluků) pomocí jednotlivých metod tak, aby si objekty v dané skupině byly co nejvíce podobné podle stanovených kritérií, resp. pro daný účel. Cílem byly disjunktní nehierarchické (ploché) shluky obcí. Ve shlukové analýze existuje velké množství metod, vzhledem k charakteru dat a možnostem výpočetních softwarů Scilab a Jupyter Notebook pro programovací jazyk Python byly zvoleny k testování celkem 4 metody.

- Jako základní vzhled do dat a přibližné určení počtu shluků byl testován algoritmus t-SNE
- Z běžně neužívaných metod byla využita metoda odhadu statické směsi komponent, která umožňuje transparentnější nastavení algoritmu oproti konvenčně využívaným metodám
- Z konvenčně využívaných metod založených na hustotě objektů v m-rozměrném prostoru byla vybrána metoda DBSCAN
- Z konvenčně využívaných metod byla vybrána metoda založená na euklidovské vzdálenosti K-means (metoda k-průměrů)

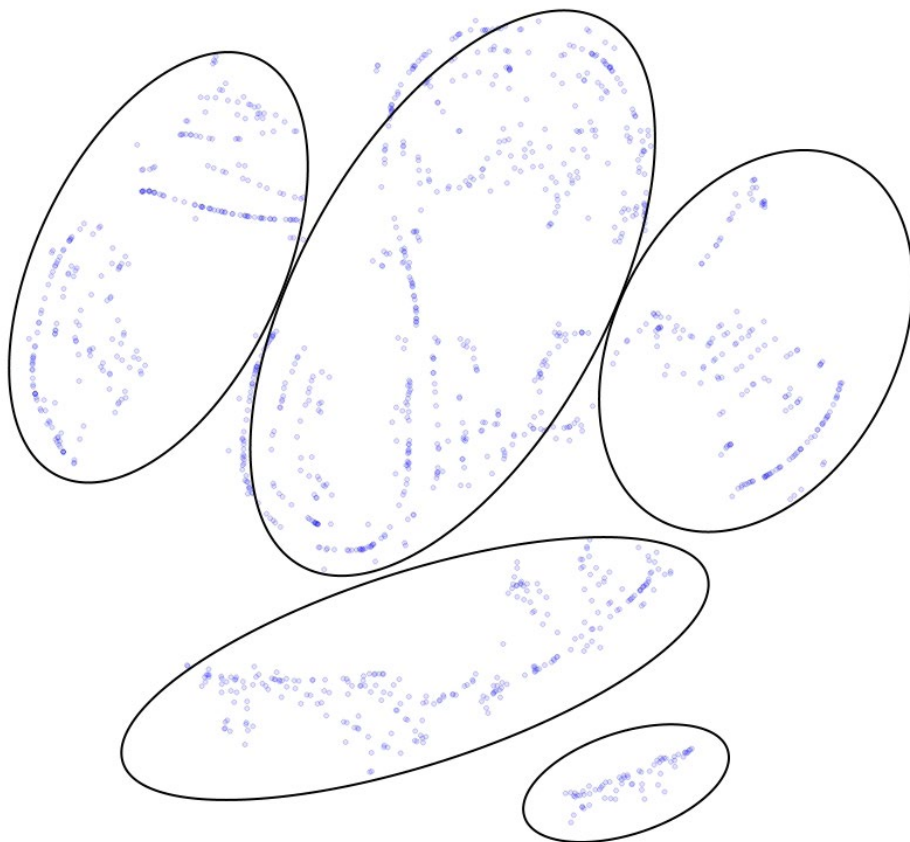
Vzhledem k výběru zmíněných metod je pro další práci s algoritmy využito pouze znaků, které obsahují spojitě hodnoty a hodnoty diskrétní s větším množstvím hodnot.

6.2 t-SNE

Proprvní posouzení, zdali jsou objekty (obce) vůbec shlukovatelné (klasifikovatelné) i při tomto redukováném počtu znaků a pro odhad počtu shluků bylo opětovně využito algoritmu t-SNE, který umožňuje zobrazení objektů ve dvourozměrném prostoru.

Z následujícího obr. 4 plyne, že pokud přijmeme počáteční podmínku, aby shluky vždy obsahovaly dostatečný počet obcí, aby byl statistický výběr pro regresní analýzu dostatečný, můžeme na něm vidět cca 5 shluků.

t-SNE



obr. 2 – Aplikace algoritmu t-SNE na matici 1350 x 14 s orientačním vyznačením shluků

6.3 Odhad statické směsi komponent

První metodou využitou pro rozdělení obcí do shluků a zároveň na aplikaci nejnáročnější je metoda odhadu statické směsi komponent. Tato metoda byla vyvinuta pro transparentnější práci s klasifikací naměřených dat, například odhad jízdního módu jedoucího automobilu z dat o jízdě. Shluk je v případě této metody nazýván komponentou. Pro odhad statické směsi komponent se využívá Bayesovské statistiky (vazba na apriorní data) a v tomto případě Gaussova rozdělení hustot pravděpodobnosti vektoru vah jednotlivých komponent. Jako iniciace celého algoritmu bylo nezbytné nalézt centra komponent pro disjunkttní dvojice znaků, tedy ve dvourozměrném prostoru, kde lze dobře provádět vizuální kontrolu. Vyhledání center komponent pro dvojice znaků probíhalo v podstatě ve třech iteracích. Optimalizace polohy center komponent v jednotlivých iteracích byla sledována na grafech odhadu (posunu) center komponent a vývoji parametrů při běhu algoritmu v programu Scilab. Z výsledných poloh center komponent dvojic byly sestaveny souřadnice center komponent všech znaků a provedena výsledná

klasifikace všech objektů (obcí) do 5-ti komponent (shluků). Výsledný odhad statické směsi určil tyto počty objektů (obcí) v jednotlivých komponentách (shlucích): 856 obcí, 271 obcí, 147 obcí, 55 obcí, 21 obcí.

6.4 DBSCAN

Jako druhá metoda pro zkoumání shluků byl vybrán DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise), který pracuje na principu seskupování objektů do shluků na základě jejich hustoty v prostoru. Metoda vychází ze zobrazení objektů jako bodů v m-rozměrném prostoru. Shluky jsou definovány jako oblasti v prostoru, které se vyznačují větší hustotou bodů (objektů) ve srovnání s ostatními oblastmi. Po testování různých vstupních parametrů se nakonec počet obcí ve shlucích ustálil na těchto hodnotách: 183 obcí, 1139 obcí, 16 obcí, 14 obcí, 5 obcí.

6.5 K-means

Metoda K-means (k-průměrů) je iterativní optimalizační metoda, která je pro svou jednoduchost používána velmi často. Metoda je založená na euklidovské vzdálenosti mezi objekty.

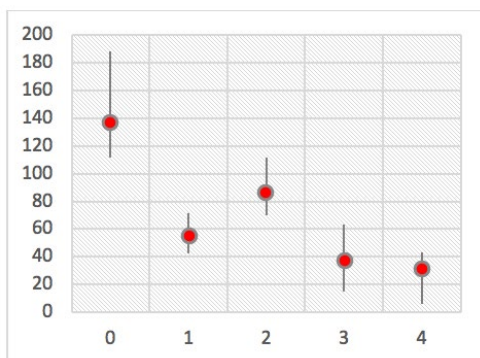
Při testování různého počtu znaků a různého počtu shluků s cílem vyšší rovnoměrnosti rozmístění objektů ve shlucích byl nakonec jako nejlepší běh algoritmu zvolen ten s 8 znaky a 5 shluky z důvodu rovnoměrnosti rozmístění objektů ve shlucích, respektive vyššího počtu objektů v nejmenších shlucích.

Výsledný počet obcí v jednotlivých shlucích byl: 69 obcí, 477 obcí, 253 obcí, 28 obcí, 523 obcí

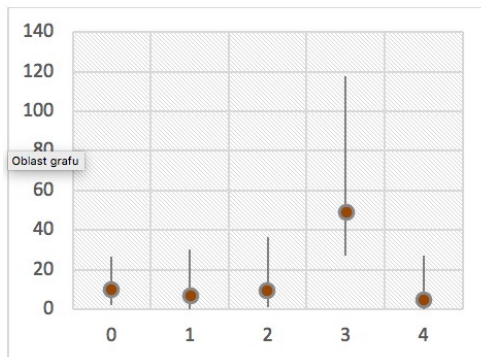
6.6 Porovnání jednotlivých metod a výsledné shluky obcí

Po aplikaci tří různých typů algoritmů pro shlukovou analýzu bylo nezbytné rozhodnout, který soubor shluků je pro další práci nejvhodnější. Porovnání bylo provedeno pro všechny tři metody pro 14 znaků s nestandardizovanými hodnotami, a navíc také pro metody DBSCAN a K-means pro 8 znaků s nestandardizovanými hodnotami. Hlavní motiv celého porovnání je nalezení interpretace jednotlivých shluků v realitě.

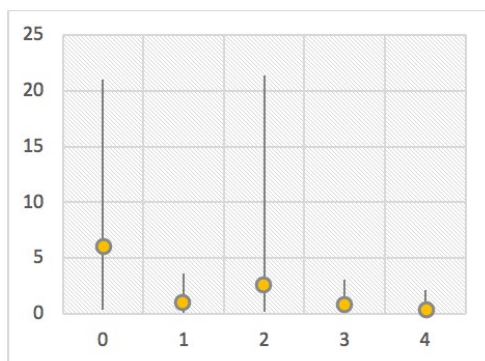
Z prvotního ohledání dat vyplynulo, že reálná interpretace metody odhadu statických směsí komponent není prakticky možná vzhledem k veliké variabilitě dat v každé komponentě, to samé platilo pro funkci DBSCAN. V metodě K-means bylo naopak možné sledovat různé intervaly hustoty osídlení a hustoty osídlení v zastavěných částech v jednotlivých shlucích. Vytvořil se také samostatný shluk s obcemi s velkou dojížděnkou. Vzhledem k tomu, že metoda K-means se vstupem v podobě 8 znaků měla tak nejreálnější interpretaci dat, bylo tím rozhodnuto o jejím dalším využití.



obr. 3 – Intervaly hodnot pro znak Hustota osídlení v zastavěných částech (osa x – shluky)



obr. 4 – Intervaly hodnot pro znak Podíl dojíždějících do obce (pouze zaměstnaní) na celkovém obyvatelstvu (osa x – shluky)



obr. 5 – Intervaly hodnot pro znak Hustota osídlení (osa x – shluky)

6.7 Charakteristiky jednotlivých shluků obcí

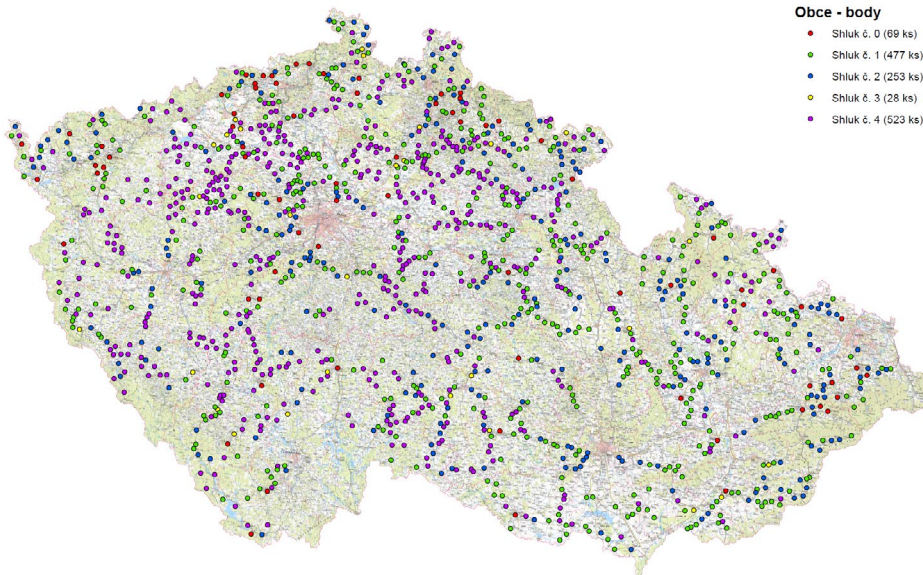
Jednotlivé shluky obcí vzešlé ze shlukové analýzy byly interpretovány slovně a graficky na mapě ČR:

Příloha 6 - Grafické zobrazení shluků obcí na mapě ČR

Legenda

Obce - body

- Shluk č. 0 (69 ks)
- Shluk č. 1 (477 ks)
- Shluk č. 2 (253 ks)
- Shluk č. 3 (28 ks)
- Shluk č. 4 (523 ks)



obr. 6 – Grafické zobrazení shluků obcí na mapě ČR

- Shluk č. 0 obsahuje 69 obcí s vysokou hustotou osídlení v zastavěných částech, která se pohybuje v rozpětí cca 112 – 189 osob/ha, s tím souvisí i vysoká hustota osídlení, která se pohybuje v rozpětí 0,4 – 21,0 os/ha a tím pádem se jedná o podobný interval jako u shluku číslo 2. V těchto obcích je nejvyšší dolní hranice intervalu pro vyjížďku za prací celkem, ale horní hranice tohoto intervalu se přibližuje hodnotě shluku číslo 3, zatímco podíl dojížďky je zde menší než u ostatních shluků. Typickými příklady jsou velká města typu Kladno, Karlovy Vary, Frýdek-Místek, Jablonec nad Nisou, ale například i menší obce jako Dolní Břežany, nebo Hovorčovice či Stochov. Obce tohoto typu se koncentrují v zázemí velkých měst, největší koncentrace je pak v Podkrušnohoří.
- Shluk č. 1 obsahuje celkem 477 obcí, je charakteristický především hustotou osídlení v zastavěných částech 42 - 72 osob/ha. Hustota osídlení je velmi nízká a interval je prakticky totožný s intervalem pro shluk č. 3, pro který je charakteristická velká dojížďka do obce, u shluku č. 1 tomu však tak není. Hodnoty vyjížďky za prací jsou z obcí tohoto typu v podstatě ve stejném intervalu jako pro hluk č. 2. Tyto obce mají také obvykle nižší počet částí obce oproti ostatním shlukům, vyjma shluku č. 3. Patří sem velké množství obcí, typickými příklady jsou například obce Blatná, Česká Skalice, Chlumeck nad Cidlinou, Javorník, Lučany nad Nisou, Uherský Ostroh, nebo Volyně. Obce tohoto typu se vyskytují v různých částech republiky, typicky se však vyskytují po větších skupinách lineárního tvaru.
- Shluk č. 2 obsahuje celkem 253 obcí, je charakteristický především hustotou osídlení v zastavěných částech 70 - 112 osob/ha. Hustota osídlení je podobná shluku č. 0. Hodnoty vyjížďky za prací jsou z obcí

tohoto typu v podstatě ve stejném intervalu jako pro shluk č. 1. U shluku obcí č. 2 je však dosahováno vyšších maximálních hodnot dojížděky, ne však takových jako u shluku č. 3. Patří sem velké množství obcí, typickými příklady jsou například obce Boskovice, Davle, Hrádek nad Nisou, Osoblaha, Příbor, Unhošť, nebo Žamberk. Obce tohoto typu se vyskytují v různých částech republiky, typicky se však vyskytují po menších skupinách a často ve vzdálenějším zázemí velkých měst.

- Shluk č. 3 obsahuje celkem 28 obcí, je charakteristický především vysokým podílem dojížděky k vlastní populaci obce, která se pohybuje mezi 27 – 118 %. Hustota osídlení je prakticky shodná se shlukem č. 1, avšak dolní mez intervalu hustoty osídlení v zastavěných částech je ze shluků druhá nejnižší. Obce v tomto shluku mají také nejméně částí. Typickými příklady obcí jsou například obce Adršpach, Jeneč, Lípa (nad Dřevnicí), nebo Velké Hydčice. Obce tohoto typu se vyskytují naprosto v různých částech republiky.
- Shluk č. 4 je nejpočetnější a obsahuje celkem 523 obcí, je charakteristický především nízkou hustotou osídlení v zastavěných částech, která se pohybuje v rozmezí 6 - 43 osob/ha a také velmi nízkou hustotou osídlení s hodnotami mezi 0,01 – 2,1 osob/ha. Tyto obce však dosahují nejvyšších hodnot vyjížděky za prací (až 40%) a do škol (až 20%) Typickými příklady obcí jsou například obce Čimelice, Chřibská, Švihov, nebo Vlkoš. Obce tohoto typu se vyskytují především na historickém území Čech a vyplňují oblasti vzdálenější od větších měst.

Po shlukové analýze byla databáze obcí se zaznamenaným číslem shluku opětovně spojena se všemi původními znaky, které byly obsaženy v původní databázi relevantních obcí pro další práci.

6.8 Shluky reprezentativních obcí

Ne všechny obce obsažené v databázi relevantních obcí a rozřazené do shluků jsou vhodné k další práci. Velké množství obcí neobsahuje údaje o dojížděce a vyjížděce vlakem, navíc mnoho obcí má na svém území dvě a více stanic či zastávek. Pro regresní analýzu byly proto vytvořeny tzv. shluky reprezentativních obcí, každý jeden shluk tvoří statistický výběr.

Z databáze relevantních obcí byly pro regresní analýzu tedy vyřazeny obce, které:

- nemají dostupný údaj o dojížděce, nebo vyjížděce za zaměstnáním či do škol s rozlišením na vlakovou dopravu.
- mají více jak 1 zastávku, nebo stanici na svém správním území a nedají se tak u nich tudíž odvodit příslušné hodnoty počtu cestujících na 1 zastávku, nebo stanici
- mají v původní databázi uvedenu pouze 1 stanici, nebo zastávku na svém správním území, ale ve skutečnosti jich mají více. Tento typ obcí vznikl v původní databázi relevantních obcí ponecháním obcí na celostátních tratích, kterými také prochází dráha regionálního významu a má zde zastávku či stanici.

Po eliminaci výše zmíněného, byl výsledný počet obcí 272 a v jednotlivých shlucích reprezentativních obcí následující:

- Shluk označený 0 19 obcí
- Shluk označený 1 117 obcí
- Shluk označený 2 88 obcí
- Shluk označený 3 10 obcí
- Shluk označený 4 38 obcí

Pro shluk č. 3 nebylo možné provést regresní analýzu a bylo nezbytné provést expertní analýzu.

7 Regresní analýza

Pro nalezení vztahu mezi polohou stanice a zastávky a počtem cestujících byla využita vzhledem ke spojitým veličinám vstupujících do modelu vícenásobná lineární regrese se zohledněním náhodné chyby modelu.

Regresor, tedy vysvětlovaná proměnná byl stanoven jako podíl vyjíždějících a dojíždějících, kteří využívají vlakovou dopravu. Jako regresandy byly zvoleny znaky týkající se polohy stanice nebo zastávky a jejího okolí v území. Tyto znaky však bylo nezbytné do databáze doplnit.

7.1 Doplnění údajů z mapových podkladů

V souladu se zadáním celého výzkumu byly jako regresandy zvoleny znaky týkající se polohy stanice nebo zastávky a jejího okolí v území neboli kde vzhledem k obci a v jakém typu území se daná stanice či zastávka nachází. Tyto znaky však v databázi dosud chyběly a bylo proto nutné je pro všech 272 reprezentativních obcí doplnit z průzkumu mapových podkladů a jejich kvantifikace. Bylo tedy jednak nezbytné stanovit metodiku sběru takových dat, která bude dostatečně efektivní a přesná pro všech 272 obcí a následně sběr dat provést.

Pro sestavení metodiky sběru dat bylo využito poznatků o přepravních relacích uvedených v úvodních kapitolách této disertační práce, vyhlášky č. 501/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů a knihy Městská a příměstská kolejová doprava:

Vzhledem k tomu, že základní dopravní relací v území je relace bydliště – pracoviště / škola a vyhláška č. 501/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů obsahuje v Hlavě II seznam a popis jednotlivých ploch s rozdílným způsobem využití, které se využívají v územním plánování, byly ze seznamu všech ploch s rozdílným způsobem využití identifikovány ty, které mají největší vliv právě na tuto relaci. Jedná se o plochy rezidenční, průmyslové všeho druhu a veřejné vybavenosti včetně významných ploch rekreačních, která jsou de facto pracovištěm, z těchto ploch byly vytvořeny následující kategorie hodnot sledovaných znaků:

- Plochy rezidenční se zástavbou rodinných domů samostatně stojících i řadových
- Plochy rezidenční se zástavbou bytových domů, kdy za takovou plochu byly považovány plochy, na kterých jsou alespoň 2 bytové domy s minimálně 2 nadzemními podlažími
- Plochy průmyslové, které jsou významným cílem pro zaměstnance, do nichž patří všechny plochy produkčního typu, tj. montážní haly, sklady, řemeslná výroba, zpracovatelská výroba atd.
- Plochy veřejného vybavení a významné rekreace, do nichž patří zdroje a cíle cest typu obecní (městský) úřad, knihovny, kulturní zařízení, zdravotnická zařízení, školy a školky, větší rekreační zařízení samostatně stojící a vybavené například bazénem či hřišti apod., supermarkety

- Plochy smíšené, které obsahují různé kombinace všech výše zmíněných ploch
- Vzhledem k tomu, že v okolí některých stanic či zastávek není zástavba žádná, byla rovněž zavedena kategorie „žádná“

Znaky byly zaznamenávány odlišně pro území těsně přiléhající k stanicí či zastávkám a pak pro kruhovou plochu do 500 m a prstenec 500 m – 1000 m se středem v tarifním bodu. Vzdálenosti byly odvozeny z publikace Městská a příměstská kolejová doprava, kde je uvedeno, že optimální docházkové vzdálenosti jsou v centrální části měst 500 – 800 m a ve vnějším pásmu (v řidším osídlení) 800 – 1200 m.

Z mapových podkladů bylo také zaznamenáváno, zdali se stanice či zastávka nachází:

- V centru obce, respektive v jejím středu
- V okrajové části obce. Tato hodnota byla zaznamenávána tehdy, pokud se kolem stanice nebo zastávky nacházela zástavba z obou stran, ale nejednalo se o střed obce
- Přiléhá k zástavbě obce. Tato hodnota byla zaznamenávána, pokud se nacházela zástavba pouze z jedné strany stanice nebo zastávky
- Mimo zástavbu obce

Z mapových podkladů bylo tedy zaznamenáváno celkem 10 znaků:

- Umístění stanice / zastávky (1 znak)
- Jaký typ zástavby bezprostředně navazuje na stanici nebo zastávku (1 znak)
- Jaký typ zástavby se vyskytuje v kruhu o poloměru 500 m od stanice zastávky (4 znaky s rozlišením na plochy rezidenční se zástavbou rodinných domů, plochy rezidenční se zástavbou bytových domů, plochy průmyslové, plochy veřejného vybavení a významné rekreace)
- Jaký typ zástavby se vyskytuje v prstenci 500 m - 1000 m od stanice zastávky (4 znaky s rozlišením na plochy rezidenční se zástavbou rodinných domů, plochy rezidenční se zástavbou bytových domů, plochy průmyslové, plochy veřejného vybavení a významné rekreace)

Jako zdroj informací sloužila především mapa základní a ortofotomapa z roku 2017 a 2012 a snímkování uličního prostoru „Panorama“ z webového mapového portálu Mapy.cz, případně doplněné mapovými službami společnosti Google.

Záznam nových znaků (regresandy) probíhal tak, že každá obec byla zobrazena na mapě a ručně prohlížena na základní mapě a ortofotomapách z hlediska úrbánní struktury v rozsahu do cca 1,5 km od stanice či zastávky vzdušnou čarou (vzhledem k počtu obcí nebylo možné analyzovat každou jednotlivou cestu, což by si vyžádalo využití nástrojů ArcGISu nad detailními vektorovými mapami celé ČR). Ze základní mapy jsou kromě jasně patrných a označených konkrétních zdrojů a cílů cest, typicky průmyslových oblastí, škol, úřadů, obchodů či rekreačních areálů, patrné taky typické znaky jiné úrbánní struktury zástavby rodinných domů a bytových domů. Bytové domy jsou kromě své velikosti často rozpoznatelné jinou polohou vzhledem k ulicím (odstupové vzdálenosti, pootočení budov vůči dopravní infrastruktuře), či změnou rytmu zástavby. Často se také před bytovými domy nachází více nezastavěných ploch zeleně kvůli požadavkům na osvětlení a oslunění a také pro odstavení osobních vozidel. Ne všechny charakteristiky území však byly odhalitelné pouze ze základní mapy, proto bylo vždy nutné zkoumat i ortofotomapu a případně také tzv. „ptačí pohled“, nebo využít snímkování uličního prostoru Panorama. Záznam znaků byl nejprve testován na prvních deseti obcích a následně ustálen dle výše zmíněné metodiky.

Pro využití nově získaných znaků ve statistických výpočtech byly hodnoty znaků samozřejmě kvantifikovány.

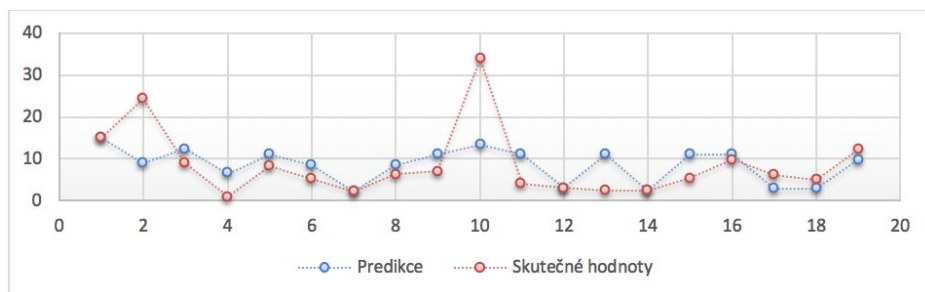
7.2 Regresní analýza jednotlivých shluků

Pro 0, 1, 2 a 4 byla spočítána v programu MS Excel vícenásobná lineární regrese s vysvětlovanou proměnnou podíl cestujících vyjíždějících a dojíždějících vlakem (v grafech označeno jako územní regresandy). Pro srovnání byla spočtena i vícenásobná lineární regrese pro tu samou vysvětlovanou proměnnou, avšak s regresandy týkající se demografických charakteristik, dojížděkových proudů a sítě pozemních komunikací (v grafech označeno jako demografické regresandy).

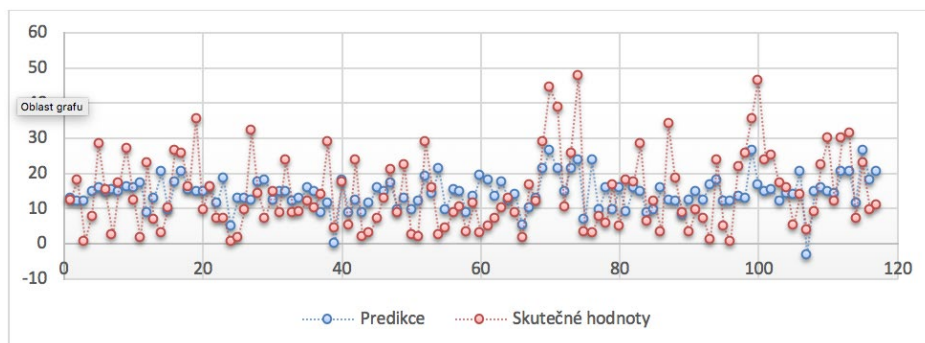
Výsledky jsou shrnuty do následující tabulky 1 a grafů na obr. 5 - 8:

Regresandy	Veličina / Shluk	0	1	2	4
Území	Koef. determinance R2	0,242931	0,188578	0,161819	0,415085
	p-hodnota F-testu	0,846350	0,010879	0,160636	0,829693
Demografické	Koef. determinance R2	0,862045	0,148506	0,249070	0,450735
	p-hodnota F-testu	0,021271	0,054834	0,008334	0,046710

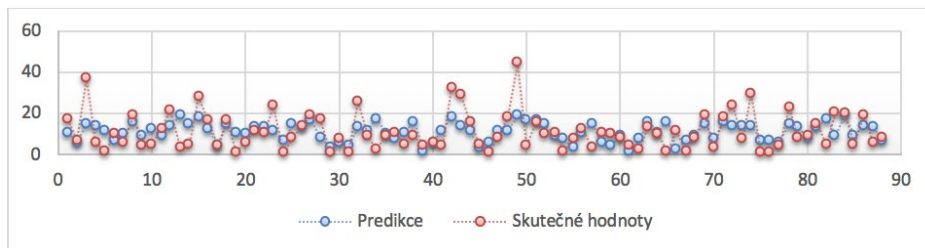
tab. 1 – Koeficienty determinance a p-hodnoty F-testu pro jednotlivé shluky



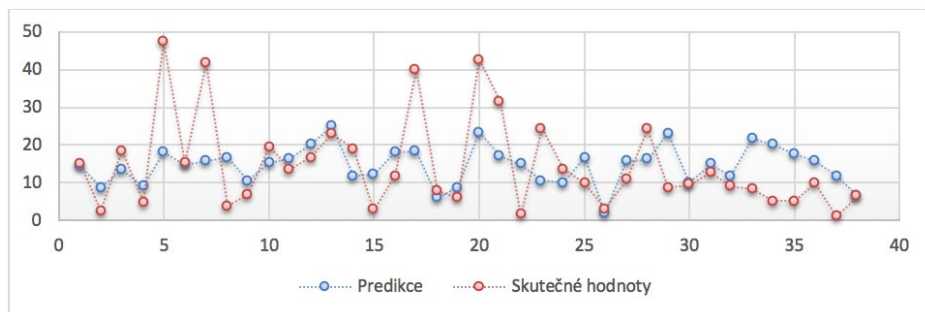
obr. 7 – Skutečné a predikované hodnoty podílu počtu cestujících vlakem ve shluku č. 0 pro územní regresandy



obr. 8 – Skutečné a predikované hodnoty podílu počtu cestujících vlakem ve shluku č. 1 pro územní regresandy



obr. 9 – Skutečné a predikované hodnoty podílu počtu cestujících vlakem ve shluku č. 2 pro územní regresandy



obr. 10 – Skutečné a predikované hodnoty podílu počtu cestujících vlakem ve shluku č. 4 pro územní regresandy

7.3 Shrnutí výsledků regresní analýzy

Z výsledků provedené vícenásobné lineární regrese plyne, že vysvětlení závisle a nezávisle proměnných není příliš uspokojivé z hlediska tzv. územních regresandů, když už je koeficient determinance vyšší u shluku č. 4, je p -hodnota F -testu vysoká. Demografické regresandy měly v regresní analýze mírně vyšší úspěšnost, zejména pak u shluku č. 0. Na počet cestujících, kteří využívají drážní dopravu, má tedy ze systémového hlediska významný vliv o mnoho více faktorů, než jen poloha železniční stanice, nebo zastávky. Systémový nástroj pro odhad míry využití cestujícími založený pouze na poloze železniční stanice či zastávky z tohoto hlediska neexistuje a nepotvrzuje se tak často reprodukováná hypotéza, že stanice a zastávky umístěné dále od zástavby bude využívat minimum cestujících. Jedná se pouze o jednu proměnnou v komplexnějším systému. Pro určení optimální polohy bylo zásadní provést doplňkovou expertní analýzu, která se zaměřila na rozklíčování širších souvislostí a návrh určení optimální polohy alternativním způsobem. Expertní analýzu bylo navíc nezbytné provést i s ohledem na nemožnost provést regresní analýzu shluku č. 3.

8 Expertní analýza

Vzhledem k tomu, že regresní model neměl úplně ideální odezvu na vstupní parametry, bylo nezbytné přistoupit k expertní analýze důvodů, proč je ve sledovaných obcích určitý podíl využívání železniční dopravy. Expertní analýza je provedena zvlášť pro shluky č. 0, 1, 2 a 4 a shluk č. 3, který se výrazně liší od ostatních. Při expertní analýze byly využity zejména poznatky o volbě dopravního prostředku z publikace Cesty městem, mapové podklady, Regionální informační servis, plánovač cest IDOS a stránky Želpage.

8.1 Expertní analýza shluků č. 0, 1, 2 a 4

Expertní analýza byla založena na celkovém průzkumu jednotlivých obcí ve shlucích reprezentativních obcí, sledování jízdních dob do center LLS různými dopravními prostředky [29], grafikonu vlakové dopravy z roku 2011 (odjezdů vlaků), polohy stanice a zastávky vlaku a autobusů a vybavenost obce. Kromě vysledovaného, že nelze tvrdit, že pokud se stanice či zastávka nachází ve středu města, nebo na okraji města obklopená zástavbou, vždy ji využívá velký podíl cestujících, bylo také vysledováno, že ani okolní zástavba, tedy například pokud se do 1 km od stanice či zastávky nachází veškeré sledované druhy zástavby, nemá jednoznačný vliv na vyšší podíl cestujících využívající vlak. Toto všechno samozřejmě ukazovala už lineární regrese. Pozornost byla proto zaměřena na obce s nejnižší a nejvyšší hodnotou podílu využívání železniční dopravy v jednotlivých shlucích a sledování toho, co v souladu s expertní znalostí může mít na danou hodnotu podílu vyjíždějících a dojíždějících vliv mimo znaků charakterizující umístění stanice či zastávky v území.

Expertní analýzu shluků č. 0, 1, 2 a 4 lze uzavřít konstatováním, že velký vliv na podíl dojíždějících vlakem má velmi pravděpodobně cestovní doba do pracovištního centra, nebo dalšího významného cíle cest, která musí být konkurenceschopná k jiným dopravním módům. Statistické potvrzení této hypotézy by však vydalo na samostatnou práci. V případě krátkých jízdních dob může do celkové cestovní doby pravděpodobně poměrně významně vstoupit i doba docházky na vlakovou stanici nebo zastávku. Velký vliv má samozřejmě také to, pokud jsou jízdní doby vlakem konkurenceschopné a v obci se vůbec nenachází autobusová zastávka.

8.2 Expertní analýza shluku č. 3

Vzhledem k malému počtu obcí ve shluku č. 3, které mají dostupné údaje o dojízdce a vyjízdce vlakem, nebylo možné využít lineární regresi a bylo nutné přistoupit rovnou k expertní analýze jednotlivých relevantních obcí v tomto shluku a vyvodit z ní patřičné závěry. Expertní analýza byla v tomto případě soustředěna více na cíle dojížděky s ohledem na charakteristiku shluku a také lepší poznání souvislostí v každé obci.

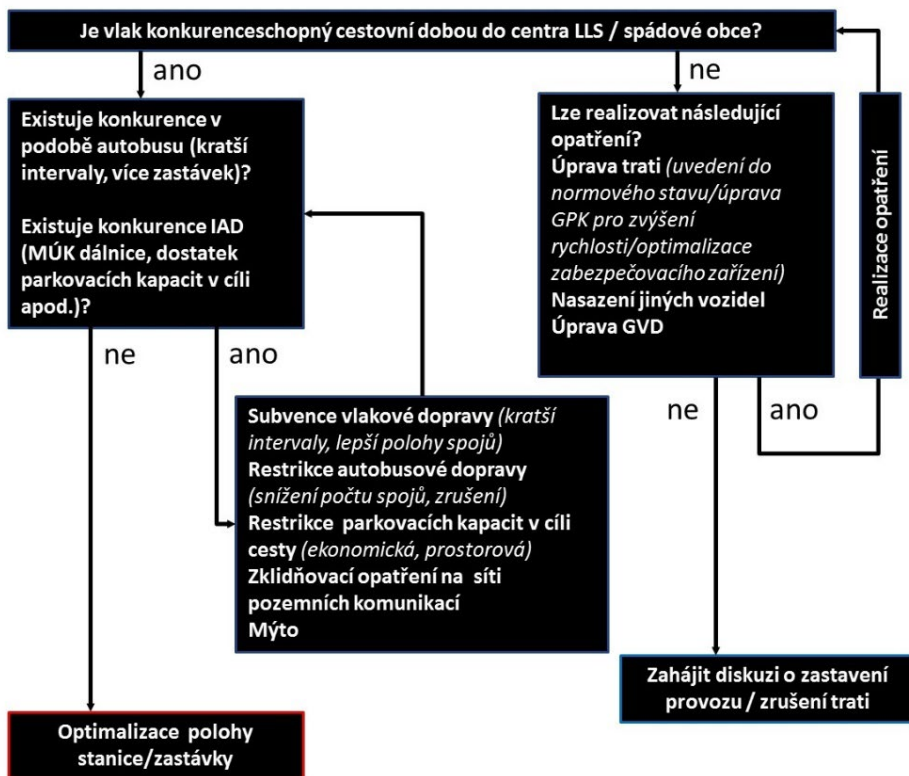
Problematika dojížděky je složitější než problematika vyjížděky vzhledem k vyšší roztržitosti cest dojížděkových proudů. Obecně lze navíc tvrdit, že čím specializovanější je daný cíl cest za prací či vzděláním, tím jsou dojížděkové proudy ještě více roztržitěné. Jako neúčinnější opatření v případě dojížděky se jeví navázání příjezdu vlaků na začátek a konec pracovní doby a ovlivňování mobility dojíždějících pomocí kapacity parkovacích stání. Z jiné perspektivy pak samozřejmě může pomoci úprava stanic a zastávek na straně vyjížděky, zde se tedy problematika přenáší do shluků č. 0, 1, 2 a 4 tak, aby drážní dopravu mohlo využít co nejvíce cestujících při zachování konkurenceschopné jízdní doby. Jistý vliv má také umístění zastávky či stanice v blízkosti cíle cest, avšak menší než výše uvedené opatření u zdroje i cíle cest. Velkou roli však hrají specifické směry a mohutnosti dojížděkových proudů zaměstnanců, které by se měly zcela jistě v rámci uplatňování politiky udržitelné mobility firmy zjišťovat.

9 Závěr

9.1 Optimální poloha stanic a zastávek v obcích

Z předloženého výzkumu především plyne, že poloha stanice či zastávky sama o sobě není dominantním prvkem v rozhodování, zda k cestě do práce nebo školy využít vlakovou dopravu. Potvrzuje se však teoreticky známé pravidlo, že cestující je ochoten k zastávce veřejné dopravy vážit delší cestu, pokud je to pro něj výhodné jinak, například kratší jízdní dobou dopravního prostředku, kratším intervalem mezi spoji, úsporou finančních prostředků atd. Celkově lze také konstatovat, zejména na základě korelací

a regrese, že čím více osob má možnost konkurenceschopnou vlakovou dopravu využít, tím více jí také využije. Ze systémového hlediska se tak úloha nalezení optimální polohy stanice či zastávky v obcích, kde převažuje vyjíždka (shluky č. 0, 1, 2 a 4), redukuje na rozhodovací proces a následná opatření na jiných „vstupech do systému“ a poté až následnou úpravu polohy stanice či zastávky tak, aby jí mohlo využít co nejvíce osob. Před vlastní úpravou polohy stanice či zastávky je nezbytné postupovat dle následujícího rozhodovacího stromu na obr. 11:

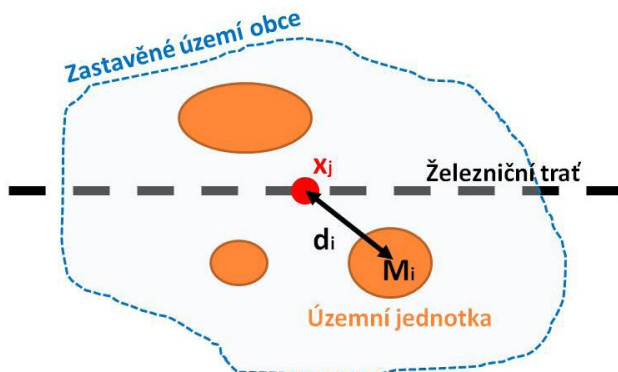


obr. 11 – Schéma procesu s cílem zvýšení počtu cestujících využívající vlakovou dopravu

Pokud je vlaková doprava konkurenceschopná k jiným druhům dopravních prostředků do stanovených cílů cest, ideálně zjištěných průzkumem dopravního chování, pak lze přistoupit k optimalizaci polohy stanice či zastávky v rámci území obce. Nejprve je nezbytné zjistit počty obyvatel v jednotlivých definovaných územních jednotkách, obecně platí, že čím menší jednotky to jsou, tím přesnější výpočet bude, poté je nezbytné určit možné polohy stanice či zastávky, případně vysunutí nástupišť stanice, tak, aby počet potenciálních cestujících byl co nejvyšší, tedy:

$$LOC_{OPT} = \max_{j=1,2,\dots,m} \left(\left(\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{d_i} \right) x_j \right)$$

Kde LOC_{OPT} je optimální poloha zastávky na trati, M_i je počet obyvatel dané uvažované územní jednotky, d_i je vzdálenost středu (těžiště) dané územní jednotky od potenciální polohy stanice či zastávky x_j . Lépe patrné je to pravděpodobně z obr. 10.



obr. 12 – Vysvětlení jednotlivých proměnných z výpočtu optimální polohy stanice či zastávky

Pokud nejsou dopředu známy potenciální polohy železniční stanice, nebo zastávky, je možné postupovat také tak, že se určí velký počet potenciálních poloh stanic / zastávek, pro které se spočte součet příspěvků jednotlivých územních jednotek, následně se pro spočtené hodnoty pro jednotlivé polohy stanic / zastávek naleznou předpis funkce a vyšetří se její průběh, buď graficky, nebo s pomocí matematické analýzy.

Samostatné principy pro optimální polohu stanice nebo zastávky pak plynou pro shluk č. 3, kde převažuje dojíždka. Opět je nezbytné nejprve zajistit některé základní principy na straně jiných „vstupů do systému“, než je poloha stanice / zastávky v obci:

- Vlaková doprava musí být časově konkurenceschopná pro dopravu ze zdrojů cest
- Časové polohy spojů musí vyhovovat začátkům a koncům směn v cíli dopravy
- Cíle cesty (pracoviště, škola atd.) musí poskytovat právě tolik parkovacích míst, aby došlo k cílenému ovlivňování dopravního chování, nebo musí být parkování ekonomicky regulováno.
- Vlakové spoje musí mít dostatek stanic a zastávek u zdrojů cest (bydliště), avšak pouze tak, aby nedošlo ke snížení konkurenceschopnosti k jiným druhům dopravy. V tomto bodě je nezbytné dále postupovat dle pravidel na obr. 9 a vzorce pro optimální polohu stanice / zastávky ve shlucích 0, 1, 2 a 4.

Po splnění výše zmíněných zásad je možné přistoupit k optimalizaci polohy stanice / zastávky, kdy v případě možné koordinace mezi jednotlivými podniky (cíli cest) v jedné obci ve všech výše zmíněných bodech je možné postupovat dle stejného vzorce, jako u shluků č. 0, 1, 2 a 4, tedy:

$$LOC_{OPT} = \max_{j=1,2,\dots,m} \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{d_i} x_j \right)$$

Pokud nelze splnit výše zmíněné body u více podniků (cíli cest), je vhodné stanici / zastávku budovat tam, kde je nejvíce zaměstnanců, ideálně bez velké specializace a lze splnit nejlépe všechny výše zmíněné body.

Problematika dojížděky je však velmi specifická a vyšší úspěšnost u železničních tratí regionálního významu budou mít vždy koncentrovanější proudy, než jsou u menších obcí s převažující dojížděkou.

9.2 Doporučení pro doplnění dat

Z práce s daty vyplynulo několik zásadních skutečností, které by bylo nutné doplnit pro zvýšení přesnosti zpracování celého algoritmu.

Z hlediska dat ze SLDB by bylo zejména účelné více rozpracovat data týkající se vyjížděky do podoby podrobné dojížděkové matice, kde by byla přesně zaznamenána každá cesta za prací či vzděláním včetně doby trvání a konkrétní cesty danými dopravními prostředky.

Z hlediska dat sbíraných v rámci výzkumu by bylo možné zjemnit členění obcí v okolí železničních stanic, avšak pouze za cenu neúměrného zvýšení náročnosti práce, nebo naopak snížení počtu zkoumaných obcí, což by ale vyžadovalo právě přesnější data ze SLDB. Základním pilířem pro pokračování, nebo modifikaci algoritmu disertační práce, jsou tak o hodně podrobnější data ze SLDB.

Literatura

- BRAUN KOHLOVÁ, M. (2012) *Cesty městem*. Sociologické nakladatelství. Praha. ISBN 978-80-7419-099-5.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2013). *Databáze výsledků sčítání lidu, domů a bytů 2011: průřezové*. Český statistický úřad. Praha. ISBN: 978-80-250-2357-0.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2013). *Dojížděka do zaměstnání a do škol podle sčítání lidu, domů a bytů 2011, dojížděkové proudy*. Český statistický úřad. Praha. ISBN: 978-80-250-2539-0.
- ČESKO (2013). *Vyhláška 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území*. Sbírka zákonů, Česká republika.
- ČESKO (2017). *Zákon 266/1994 Sb. o drahách*. Sbírka zákonů, Česká republika.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Územně analytické podklady za všechny obce ČR 2014. [cit. 29. 03. 2015]. Dostupné online z: https://www.czso.cz/csu/czso/csu__a__uzemne__analyticke__podklady.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD A MINISTERSVO VNITRA ČR (2013). *Statistický lexikon obcí České republiky*. Praha. ISBN: 978-80-250-2394-5.
- ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD (2013). *Statistika & my 11-12/2013 – Ročník 3. Měsíčník Českého statistického úřadu*, s. 18-24. Český statistický úřad. Praha. ISSN 1804-7149.
- GOOGLE. *Mapy Google*, [cit. 01. 08. 2016]. Dostupné online z: <http://www.google.cz/maps>.
- CHAPS. *Internetový jízdní řád a vyhledávání spojení IDOS*. [cit. 15. 09. 2017]. Dostupné online z: www.idos.cz.
- KUBÁT, B., PEJŠA, J., JACURA, M., TREŠL, O. (2010). *Městská a příměstská kolejová doprava*. Wolters Kluwer ČR. Praha. ISBN 978-80-7357-539-7.
- KUNZ, A., BUITER, H. *European Communications and Transport Infrastructures: Performance and Potentials 1825 - 2000*. Digitální atlas. [cit. 20. 09. 2016]. Dostupné online z: <http://www.atlas-infra.eu/>.
- LAURENS VAN DER MAATEN (2017). *t-SNE*. [cit. 20. 07. 2017]. Dostupné online z: <https://lvdmaaten.github.io/tsne/>
- MINISTERSTVO DOPRAVY (2010). *Koncepce kategorizace železniční sítě ČR*. [cit. 20. 05. 2015]. Dostupné online z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Drazny-doprava/Zeleznicninfrastruktura/Informace-o-kategorizaci-zeleznicni-site>.
- MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. *Regionální informační systém RIS*. [cit. 01. 08. 2016]. Dostupné online z: <http://www.risy.cz>.

- MULÍČEK, O., SÝKORA, L. (2011) Atlas sídelního systému České republiky. Brno. [cit. 20. 09. 2015]. Dostupné online z: <http://www.uur.cz/images/2b-souvisejici-temata/Atlas-sidelniho-systemu/atlas-sidelniho-systemu-2011.pdf>.
- NAGY, I. (2013). *Pokročilé statistické metody a jejich aplikace*. Přednášky pro doktorandy. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Praha.
- ŘEZANKOVÁ, H., HÚSEK, D., SNÁŠEL V. (2007). *Shluková analýza dat*. Professional Publishing. Praha. ISBN 978-80-86946-26-9.
- SCIKIT-LEARN DEVELOPERS. *Clustering*. [cit. 01. 07. 2017]. Dostupné online z: <http://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html>.
- SEZNAM. *Mapy Seznam*. [cit. 01. 08. 2016]. Dostupné online z: <http://www.mapy.cz>.
- SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY. Číselník SR 70. [cit. 01. 01. 2014]. Dostupné online z: <http://provoz.szdc.cz/Portal/ViewArticle.aspx?oid=34462>
- SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY. Železniční mapy SŽDC. [cit. 01. 08. 2016.]. Dostupné online z: <http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>.
- VANĚK, M., JAVOŘÍK, T., NOVOTNÝ V., TÝFA L. (2014). *Maximalizace efektivity regionální kolejové dopravy*. Souhrnný výstup projektu SGS 12/161/OHK2/2T/16. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. Praha.
- ŽELPAGE. *Seznam tratí - Česká republika*. [cit. 15. 09. 2017]. Dostupné online z: <http://www.zelpage.cz/trate/ceska-republika>.

Informace o autorovi

Ing. Václav Novotný, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní ČVUT
vasek.novotny@post.cz